



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET SPORTA I FIZIČKOG VASPITANJA



MASTER RAD

**RAZLIKE U AEROBNIM KAPACITETIMA IZMEĐU TAKMIČARSKIH I
REKREATIVNIH SKIJAŠA**

Student: Miodrag Ilić M104/20

Mentor: Prof. dr Milan Cvetković

Sadržaj

SAŽETAK	3
UVOD	4
PRISTUPNA RAZMATRANJA	6
PREGLED ISTRAŽIVANJA	18
PROBLEM, PREDMETI I CILJ ISTRAŽIVANJA	27
HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA.....	27
METOD	28
Uzorak ispitanika	28
Uzorak mernih instrumenata.....	28
Metod obrade podataka	29
Plan i program realizacije	30
REZULTATI.....	31
DISKUSIJA.....	35
ZAKLJUČAK.....	39
LITERATURA.....	40

SAŽETAK

Alpsko skijanje kao takmičarski sport zahteva od učesnika visok nivo fizičke pripreme i razvijene motoričke sposobnosti. Uporedo sa ovim zahtevima, neophodno je da se trening i sama trka sprovedu na visokom energetsom i funkcionalnom nivou. Trenutna stanovišta ukazuju da je veći zahtev za anaerobnim kapacitetima ali se ovakva teorija oslanja na to da skijaši moraju posedovati i aerobne sposobnosti u velikoj meri. Cilj ovog rada je bio da se utvrde i uporede aerobni kapacitete skijaša i rekreativaca na osnovu vrednosti dobijenih indirektnom metodom procene. Istraživanje je obuhvatilo ukupno 48 ispitanika (uzrast: 17.8 ± 0.49 godina; visina 175.05 ± 9.79 cm; telesna težina: 70.78 ± 13.6 kg); skijaše takmičare ($n=24$) i skijaše rekreativce ($n=24$), a procena aerobnih kapaciteta je vršena indirektnom metodom (Shuttle run test). Utvrđena je razlika između grupa statističkom metodom Multivarijatna analiza varijanse ($F=8.11$; $p=0.000$) kao i Univarijatna analiza varijanse za parametre koji su procenjivani - Ukupno krugova ($F=28.3$; $p=0.000$); Rezultat ($F=30.23$; $p=0.000$); Distanca ($F=27.95$; $p=0.000$); Vreme ($F=30.06$; $p=0.000$); Brzina ($F=35.15$; $p=0.000$); Vo_{2max} ($F=30.28$; $p=0.000$).. Ovim istraživanjem dobijeni su rezultati koji ukazuju da se skijaška grupa ispitanika značajno razlikuje i da poseduje veće aerobne kapacitete od rekreativne grupe ispitanika. Takođe, nalazi ovog istraživanja upućuju da je aerobni kapacitet značajna komponenta koja kod skijaša mora da se razvija i održava kako bi se očekivali takmičarski uspesi.

UVOD

Skijanje je sport koji zahteva visok nivo fizičke i mentalne spremnosti dok alpsko skijanje kao takmičarski sport dodatno zahteva tehničke i taktičke karakteristike na visokom nivou kako bi se uspeh postavio. Kako je sport složen i zahtevan u svakom pogledu, njegove karakteristike je teško kvantifikovati i proceniti, pogotovo u takmičarskim uslovima (Turnbull, Kilding, & Keogh, 2009). Samo izvođenje i performanse koje postižu elitni alpski skijaši ne mogu biti određeni pojedinim parametrima kao što su motorički, fiziološki, kognitivni ili konativnim i stoga ne postoji jasna definicija i predikcija uspeha u ovom zimskom sportu (Gilgien, Reid, Raschner, Supej, & Holmberg, 2018; Maffiuletti, Impellizzeri, Rampinini, Bizzini, & Mognoni, 2006; Turnbull i sar., 2009). Vrhunski skijaši svakako moraju da poseduju veoma visoke nivoe i kapacitete, a upravo ih ta karakteristika čini spremnijim i izdržljivijim u uslovima u kojima se skijanje kao sport i kao trening održava (Gilgien i sar., 2018). Kada se govori o aerobnim i anaerobnim kapacitetima skijaša, uviđaju se dva mišljenja ili teorije o zahtevima skijanja i doprinosu ova dva sistema u kontekstu takmičarskog uspeha (Turnbull i sar., 2009). Takmičarsko alpsko skijanje je izazovan sport koji zauzima visoko mesto u zahtevima kako aerobnim tako i anaerobnim kapacitetima, a da bi se postigao takmičarski uspeh, alpski skijaši moraju da savladaju razne fizičke, tehničke, mentalne i socijalne veštine kako bi u trenažnom procesu unapredili fiziološke i funkcionalne karakteristike (Gilgien i sar., 2018). Pretpostavka je da su tokom samog takmičenja skijaši izloženi ogromnim fiziološkim naporima stoga moraju biti u stanju da manifestuju vrhunske performanse ali ipak one su sagledane na način da je za njih potrebna kombinacija i interakcija više kvalitetnih faktora kao što su mišićna snaga i izdržljivost, brzina, aerobni i anaerobni kapacitet, ravnoteža, snaga mišića trupa i posturalna stabilnost i fleksibilnost (Neumayr i sar., 2003; Polat, 2016).

Sama takmičenja u alpskom skijanju i to pre svega elitnom, organizuje Federacija Internationale de Ski (FIS) i uključuju FIS svetsko prvenstvo, FIS svetski

kup i kontinentalna takmičenja. Alpsko skijanje je olimpijski sport i prvi put se pojavljuje na Olimpijskim igrama 1936, a danas predstavlja sport sastavljen od šest različitih disciplina uključujući slalom (SL), veleslalom (GS), superveleslalom (SG), Spust (DH), kombinovani (C) (ili super kombinovani (SC)) kao i timsko takmičenje. Discipline su podeljene u različite kategorije, od kojih SL i GS nazivaju se tehničkim disciplinama, a SG i DH nazivaju se brzim disciplinama. Svaka od ovih disciplina se međusobno razlikuje na osnovu mnogih karakteristika ali uglavnom po tome kakav je radijus okretanja, brzina, dužina kursa i vertikalna udaljenost između kapija na stazi. FIS reguliše standarde svake discipline na osnovu starosti i pola, a kako je u ovom radu fokus na sve discipline one će biti i opisane u kontekstu aerobnih kapaciteta skijaša svih uzrasnih kategorija i oba pola.

Slalom se sastoji od dve uzastopne vožnje koje se izvode na istoj padini ali sa dva različita kursa na kojima pobeđuje skijaš sa najbržim kombinovanim vremenom. Slalom je najkraća trka koja traje 45-60 sekundi i obično se održava u relativno strmim stazama sa brzinama od 20-60 km/h (Bacharach & von Duvillard, 1995; Ferguson, 2010). Sa druge strane veleslalom se često izvodi na relativno strmim i talasastim stazama koje pokrivaju celu širinu kosine. Takmičenje u ovoj disciplini obično traje između 60-90 s (Bacharach & von Duvillard, 1995) pri brzinama između 60-90 km/h (Hydren, Volek, Maresh, Comstock, & Kraemer, 2013).

Na osnovu uvodnih konstatacija, može se reći da je skijanje kao sport zahtevna aktivnost i da od skijaša, kako takmičara tako i rekreativaca zahteva dobru fizičku pripremljenost, a to podrazumeva i veće nivoe aerobnih kapaciteta.

PRISTUPNA RAZMATRANJA

Aerobni kapacitet se takođe naziva kardiorespiratorna izdržljivost i ova komponenta forme zahteva od kardiovaskularnog i respiratornog sistema da rade sinhronizovano omogućujući telu da funkcioniše u dužem vremenskom periodu, bez pratećeg osećaja zamora. Aerobni kapacitet je jedna od najvažnijih komponenti forme i direktni je pokazatelj fiziološkog statusa osobe ili sportiste. Oslikava ukupan kapacitet kardiovaskularnog i respiratornog sistema za snabdevanjem kiseonikom tokom dugotrajne fizičke aktivnosti, vežbanja, sporta, odnosno odražava sposobnost izvođenja dugotrajnog napornog vežbanja (Ruiz i sar., 2006). Obično se meri i procenjuje kroz maksimalnu potrošnju kiseonika (VO_{2max}) što zapravo predstavlja najveću količinu kiseonika koju organizam može da transportuje i iskoristi tokom vežbanja sa postepenim povećanjem intenziteta.

Krajem dvadesetog veka smatralo se da je aerobna kondicija ključni faktor jer su mnogi testirani skijaški u ovom periodu imali vrlo visok nivo aerobnih kapaciteta. U radu (Eriksson, Nygaard, i Saltin (1977)) autori tvrde da anaerobni kapacitet imaju veliku važnosti za dobre i sigurno i kvalitetno izvođenje spusta u skijanju. Primer maksimalnog VO_2 čuvenog takmičara Ingemara Stenmarka iznosio je $71 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$. Visoka aerobna spremnost Stenmarka verovatno je uticala na programe obuke mnogih trenera i sportista u skijaškim disciplinama ali i na stav da je za vrhunsko skijanje potreban visok nivo aerobnih kapaciteta. Aerobni kapacitet smatrao se presudnim za uspeh skijaša verovatno zbog visokih rezultata vrhunskih skijaša. Hermann Mayer, elitni austrijski skijaš, bio je poznat po svom aerobnom treningu koji je i on izvodio na biciklističkom ergometru i obimne treninge aerobnog baznog karaktera što je imalo presudan uticaj na trening austrijskih alpskih skijaša. Rezultati aerobne kondicije Hermanna Mayera i reprezentacije Austrije u periodu 1997. do 2000. godine ukazivali su na to da je plasman na SP i VO_{2max} korelirao vrlo visoko na testovima kod svih austrijskih alpskih skijaša. Studije na alpskim skijašima pokazuju da se prosečne vrednosti VO_{2max} kreću u rasponu od 53 do 68

ml \cdot min \cdot kg⁻¹ za muškarce i 46 do 57 ml \cdot kg⁻¹ min⁻¹ za žene. Iako mnogi od ovih skijaša pokazuju relativno visoke performanse vrednosti aerobnih testova, čak i u poređenju sa elitnim biciklistima i trkačima na daljinu, visoke vrednosti VO₂max smatraju se više rezultatom treninga izdržljivosti adaptacije nego predstavljanje stvarnih zahteva sporta.

Sve ovo je ukazivalo na to da su aerobni kapaciteti izuzetno važni u kontekstu takmičenja i stoga dugi niz godina postoji tvrdnja da je aerobni kapacitet značajan za uspešno izvođenje spusta (Neumayr i sar., 2003) ali se istovremeno nije uspela ustanoviti korelacija između visokih vrednosti u aerobnim kapacitetima i takmičarskog uspeha. Ova fiziološka karakteristika dakle ne predstavlja prediktorski faktor kod skijaša različitog uzrasta i pola. Većina naučnih istraživanja ukazuje da aerobni kapacitet nije ograničavajući fiziološki faktor za takmičarski uspeh, dodatni aerobni trening izdržljivosti i dalje može biti značajan faktor, jer aerobni energetskei metabolizam doprinosi do 50% energetskeih zahteva. Veliki aerobni kapacitet skijaša omogućava toleranciju visokog nivoa laktata u krvi ali ujedno i brži oporavak između trenažnih sesija i na taj način pomažu u održavanju takmičarskeih performansi tokom dužeg vremenskog perioda (Neumayr i sar., 2003).

Nasuprot tome, anaerobni kapaciteti se javljaju kao prediktor uspeha kod skijaša i njihovih takmičarskeih performansi sa obzirom na to da većina disciplina u alpskom skijanju traje između 45-120 s. Mnoga naučna istraživanja i stručna literatura ukazuju da se vrhunski alpski skijaši moraju usredsrediti na trening koji ima za cilj povećanje anaerobnih kapaciteta energetskeog sistema. Može se reći da oba mehanizma, aerobni i anaerobni energetskei sistem u određenoj meri utiču na rezultat. Studije pokazuju da je prosečna potreba za energijom tokom skijanja visokog intenziteta u zavisnosti od discipline. Kada se ukupno snabdevanje energijom proceni, može se reći da aerobni energetskei sistem čini 30-54% energije potrebne tokom trka. Ujedno kod skijaša je razvijena takozvana kombinovana mišićna karakteristika. Alpski skijaši ne pokazuju posebni tip kompozicije mišićnih vlakana ali postoji tendencija prevage sporo kontrahujućih vlakana (Tesch, 1995). Dokazano

je da je procenat sporo kontrahujućih mišićnih vlakana kod alpskih skijaša viši nego u ostaloj populaciji (Reuter & Short, 2005). Integralno gledano, mišići i funkcionalni kapaciteti su usko povezani pa je stoga i kvalitetno ispoljavanje tehnike zavisno od snage i sposobnosti mišića ali i od mogućnosti da se kiseonik iskoristi u svrhu stvaranja energije i oporavka. Pojedini autori su došli do rezultata koji ukazuju da između uspešnih i manje uspešnih skijaša koji se takmiče na različitim nivoima (nacionalnim, kontinentalnim i internacionalnim) ne postoje razlike u odnosu na morfološke pokazatelje, ali postoje značajne razlike prilikom izvođenja specifičnih motoričkih testova koji su odabrani za ispitivanje aerobne i anaerobne izdržljivosti, snage i agilnosti, kao važnih komponenti za uspeh u alpskom skijanju (Andersen, Montgomery, & Turcotte, 1990; Müller, Bacharach, Klika, Lindinger, & Schwameder, 2005). Na osnovu tih rezultata se može takođe reći da alpski skijaši poseduju vrhunske funkcionalne karakteristike kao i snagu kojom se to ispoljava.

Energetski sistemi

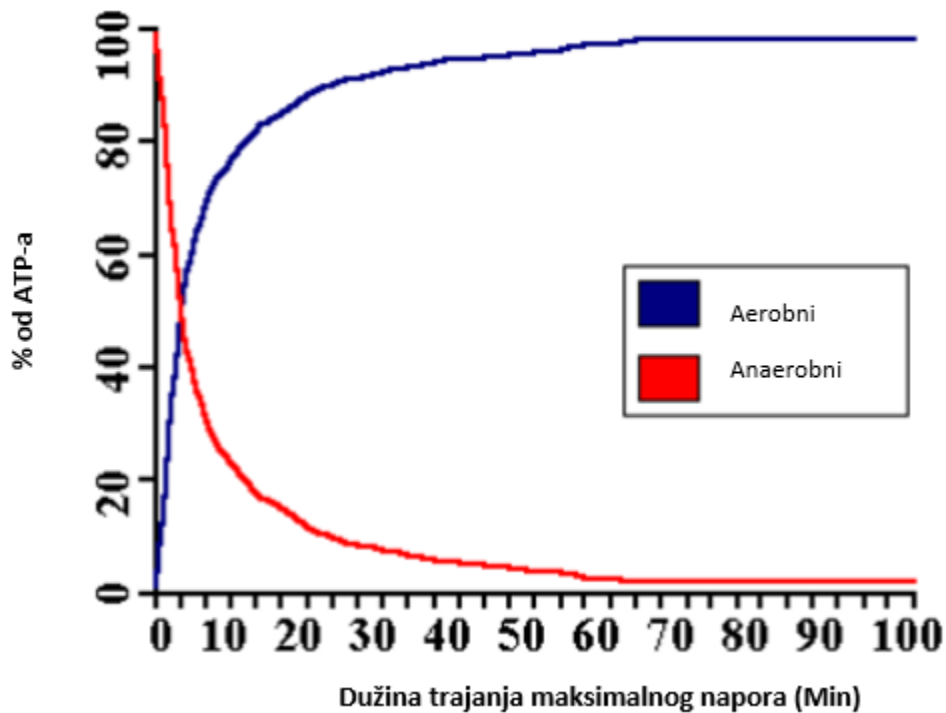
Energija koja je potrebna organizmu u mirovanju, kao i za rad umerenog intenziteta dobija se aerobnim metaboličkim procesima, koji se odvijaju uz prisustvo kiseonika. Za razliku od aerobnih metaboličkih procesa, anaerobni metabolički procesi predstavljaju proces pri kome sportista ima ograničenu sposobnost da brzo dođe do energije bez prisustva kiseonika. Aerobni metabolizam stvara energiju za rad mnogo sporije i takav tempo dobijanja energije nije dovoljan za vršenje fizičke aktivnosti visokog intenziteta, ali energija koja je dobijena na ovaj način dovoljna je za obavljanje umerenog višerasovnog vežbanja. Aerobna sposobnost predstavlja sposobnost organizma da aerobnim metaboličkim procesima (oksidativnom razgradnjom ugljenih hidrata i slobodnih masnih kiselina) stvara energiju potrebnu za fizički rad. Veličina aerobne sposobnosti zavisi od funkcionalnog stanja svih organskih i metaboličkih sistema koji učestvuju u transportu kiseonika i korišćenju istog za stvaranje potrebne energije za rad. Kiseonik iz spoljašnjeg vazduha, preko gornjih disajnih puteva, stiže do alveola u plućima, odakle procesom difuzije preko

alveolarnih membrana pristiže u plućne kapilare, tj. dospeva u krv. Hemoglobinski kapacitet krvi je sledeći sistem koji učestvuje u transportu kiseonika do tkiva (kiseonik u krvi prenosi se vezan za hemoglobin). Treći sistem predstavlja kardiovaskularni sistem čija je funkcija prenos kiseonika do tkiva i tu najbitniju ulogu ima minutni volumen srca. Na kraju, funkcionalni kapacitet mišića za pretvaranje kiseonika u energiju kao i sama mišićna masa imaju uticaj na veličinu aerobne sposobnosti. Takođe, na veličinu aerobne sposobnosti utiču i nasledni faktor, pol, starosna dob i stepen fizičke aktivnosti. Ipak, na nivo aerobne izdržljivosti najviše utiče sposobnost srca da pri radu različitog intenziteta, povećanjem cirkulacije, doprema mišićima kiseonik koji je neophodan za stvaranje energije za rad.

Mera aerobne sposobnosti je maksimalna potrošnja kiseonika (VO_{2max}), tj. količina kiseonika koja se utroši za stvaranje energije pri radu maksimalnog intenziteta. VO_{2max} se može izraziti kao apsolutna vrednost u litrima ili mililitrima kiseonika u minutu (l/min ili ml/min) ili kao relativna vrednost u mililitrima po kilogramu telesne mase u minutu (ml/kg/min), što je objektivniji način izražavanja aerobne sposobnosti, jer na apsolutnu vrednost VO_{2max} u velikoj meri utiče telesna masa.

U ilustraciji 1. može se videti vreme i način uključivanja dva osnovna sistema. Tako se može reći da se oba sistema uključuju istovremeno ali da je aerobni sistem onaj koji preuzima glavnu ulogu u dužim vremenskim aktivnostima. Nasuprot tome, dobar anaerobni sistem je zadužen za početne, jake i intenzivne aktivnosti.

Ilustracija 1. Odnos dužine trajanja napora i udela ATP-a



Veličina energetske kapaciteta kao i nivo njihovih korišćenja bitno razlikuje pojedine sportove ali i sportiste. Poznavanje tih karakteristika osnova su za planiranje i sprovođenje trenažnog procesa koji kroz vežbanje omogućava povećanje i optimalno korišćenje energetske kapaciteta organizma, što je od posebnog značaja u mogućnostima poboljšanja sportskih rezultata.

Uloga energetske sistema je pretvaranje hemijske energije u oblik koji se može iskoristiti (adenozintrifosfat, ATP) za sve ćelijske funkcije. ATP je u ćelijama prisutan u vrlo maloj količini dok je u skeletnim mišićima skladišteno oko 5 mikromola ATP-a po gramu, dok je količina kreatinfosfata (CP), drugog fosfatnog spoja bogatog energijom, 20-30 μmol po gramu mišića. Razgradnja i stvaranje ATP-a u mišićima i ostalim ćelijama u telu izuzetno dinamičan proces. Kao primer može se navesti da normalna ćelijska koncentracija ATP-a se održava u opsegu od 1 do 10 mmol/L, sa normalnim odnosom ATP/ADP od približno 1000 dok je u tom dinamičnom procesu ukupna količina ATP-a kod odrasle osobe približno 0,10 mol/L. U zavisnosti

od aktivnosti dnevno je potrebno približno 100 do 150 mol/L ATP-a, što znači da se svaki molekul ATP-a reciklira oko 1000 do 1500 puta dnevno. Kako je protok i pretvaranje energije u telu konstantni proces ljudsko telo svakodnevno pretvara svoju težinu u ATP uz pomoć kiseonika ili bez njega (Fuhrman & Zimmerman, 2011)

Da bi se obnavljao ATP i na taj način održavala konstantnom njegova koncentracija u mišićima, koristi se energija iz različitih izvora koji oslobađaju energiju bez prisustva kiseonika i to su tzv. anoksidacijski ili anaerobni energetske procesi, te iz hemijskih izvora koji zahtevaju prisustvo kiseonika i to su tzv. oksidacijski ili aerobni energetske procesi

U stvaranju energije tj. obnavljanju ATP-a, učestvuju tri sistema za pretvaranje hemijske u mehaničku energiju:

- anaerobni – alaktatni sistem: sistem razgradnje kreatinfosfata (CP);
- anaerobni – laktatni sistem: sistem razgradnje glikogena ili glukoze anaerobnom glikolizom do pirogvođane kiseline uz stvaranje laktata;
- aerobni sistem: sistem oksidativne razgradnje ugljikohidrata i slobodnih masnih kiselina.

Kroz ilustraciju, može se plastično objasniti da je fosfatni sistem zadužen za kratka, brza i energična kretanja i aktivnosti sportista ako što je trčanje na 100m. Drugi sistem koji uključuje glikogen zadužen je za srednje distance ili napore koji traju između 1.3-1.6 minuta i često je ovakav sistem potreban za skijaše. Treći -aerobni sistem se odnosi na aktivnosti koje su duže – maratonske i koje daju energije za dugotrajan rad.

Ilustracija 2. Energetski sistemi u aktivnostima



Fosfatni sistem

8-10 sekundi (100m)

Sprint



Glikogen laktatni sistem

1.3 -1.6 minuta (400m)

Plivanje



Aerobni sistem

Maraton

Aerobni energetski sistem

Aerobni i anaerobni sistemi deluju istovremeno, ali u različitim procentima a to je zavisno od intenziteta aktivnosti. Aerobni sistem podrazumeva potpunu razgradnju ugljenih hidrata i masti u mitohondrijima, a zbog potrebe za kiseonikom, nazivaju se sistem aerobne glikolize i sistem aerobne lipolize.

Dakle, aerobni metabolizam sastoji se od dva procesa. Prvi je metabolizam lipida koji podrazumeva razgradnju masti, a drugi aerobna glikoliza, koja podrazumeva razgradnju glikogena (glikogenoliza). Samo u ekstremnim situacijama kao što su višednevni fizički napori, izgladnjavanje i sl. aerobni metabolizam može uključivati i značajniju razgradnju proteina. Obzirom da metabolizam lipida osigurava mnogo energije važan je izvor energije za dugotrajne aktivnosti (npr. trkačke discipline na duge staze), no zbog činjenice da se lipoliza odvija vrlo sporo, nije posebno značajna za sprinterske discipline niti discipline 800 do 1500 metara u kojima se podrazumeva maksimalni napor u trajanju od 2–4 minute. U disciplinama srednjih i dugih aktivnosti aerobna glikoliza i potpuna razgradnja glikogena najvažniji je način stvaranja energije. Potrebno je okvirno 60–90 sekundi u uslovima ski trke da se pluća i krvotok aktiviraju do te mere da mogu osigurati dovoljno kiseonika da bi se energetski zahtevi pokrivali najvećim delom iz aerobnih izvora. Aerobni energetski kapacitet po svojoj je definiciji i suštini mera energetskog tempa, odnosno intenziteta oslobađanja energije u jedinici vremena.

Aerobni metabolizam, tj. oksidacija ugljenih hidrata i masti odgovoran je za stvaranje energije pri srednje dugim i dugotrajnim fizičkim aktivnostima koja mogu biti niskog ili srednjeg intenziteta. Pri aerobnom stvaranju energije transportni sistem za kiseonik obezbeđuje dovoljnu količinu kiseonika pa je tako u lancu oksidativnih procesa koji čine tzv. Krebsov ciklus i oksidativna fosforilacija unutar mitohondrija od jednog mola glukoze nastaje 38 mola ATP-a.

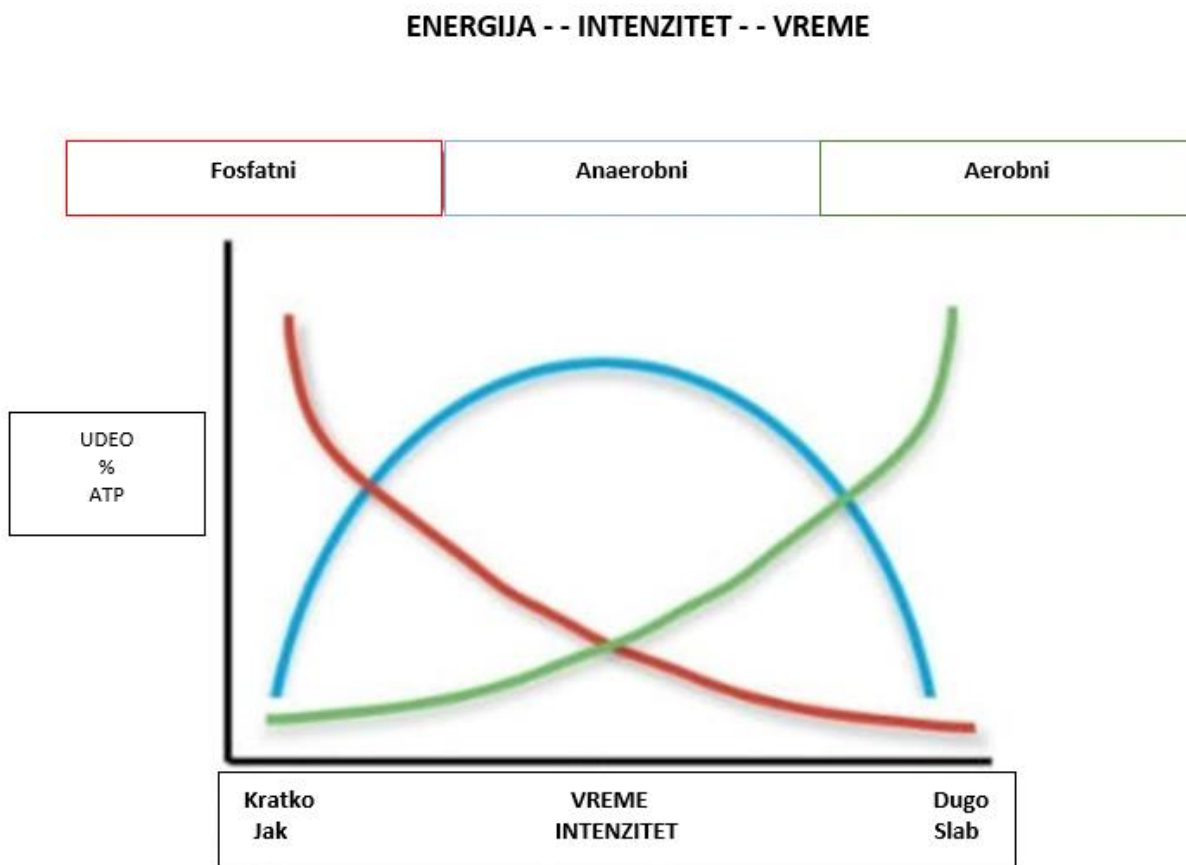
Zalihe glikogena u mišićima i jetri dovoljne su za maksimalno 90 minuta intenzivne aerobne aktivnosti, što znači da su zalihe načelno dovoljne za pokrivanje potreba prosečnog skijaskog treninga. Pri produženim intenzivnim treninzima neophodno je dodavanje ugljenih hidrata ukoliko se želi zadržati visoki aerobni intenzitet treninga.

Pri aerobnoj razgradnji masti, koja je od presudnog značaja pri produženim treninzima niskog intenziteta, dolazi do oksidacije masnih kiselina u procesu tzv. β -oksidacije potom u Krebsovom ciklusu. Masti mogu osloboditi značajno veću količinu energije od ugljenih hidrata, odnosno 9 Kcal: 4 Kcal po gramu težine, ali za istu količinu oslobođene energije trebaju značajno veće količine kiseonika - oko 4 L/mol ATP-a za razliku od ugljenih hidrata koji zahtevaju 3.5 L/mol ATP-a. Masti, dakle, pri istoj potrošnji kiseonika oslobađaju približno 10% manje energije. Za razliku od ugljenih hidrata, zalihe masti u ljudskom telu gotovo su neograničene. Naime, približno 16 % telesne težine kod muškaraca i 24 % telesne težine kod žena otpada na zalihe telesne masti. Teoretski, tek pri ranije spomenutim ekstremnim situacijama, tipa višednevni fizički napori bez nadoknade utrošene energije, ili s druge strane intenzivnog višednevnog gladovanja, dolazi do iscrpljivanja zaliha telesnih masti a time i razgradnje mišića (proteina) kao mehanizma oslobađanja energije za fizički rad.

Aerobno oslobađanje energije za mišićni rad sporije je od anaerobnog, ali je znatno ekonomičnije. Isto tako, konačni produkti aerobne razgradnje ne remete značajno pH vrednost i homeostazu organizma. Treba spomenuti da je određena količina mlečne kiseline u krvi prisutna i u stanju mirovanja i to približno 1 mmol/L, a kao posledica glikolize u eritrocitima i bubrezima koji stvaraju mlečnu kiselinu i pri prisustvu kiseonika. Niže koncentracije mlečne kiseline prisutne su u krvi i pri aktivnostima nižeg do srednjeg intenziteta i to do maksimalno 3-5 mmol/L. Naime, manji deo mišićnih vlakana pri aerobnim aktivnostima radi u anaerobnom režimu i u tim

uslovima stvaraju mlečnu kiselinu koja se razgrađuje i oksidira u drugim mišićnim vlaknima, te prema tome pri aerobnom režimu rada postoji ravnoteža između stvaranja i razgradnje mlečne kiseline.

Ilustracija 3. Odnos ATP-a, vremena i intenziteta



Funkcionalna dijagnostika u sportu pokriva vrlo široko područje a merenje opštih funkcionalnih sposobnosti (aerobni i anaerobni kapacitet) rutinski se primenjuje u sportsko-medicinskim laboratorijima, ali sve više i na sportskim borilištima i terenima. Na taj način mogu se dobiti podaci o specifičnim fiziološkim i biohemijskim reakcijama tokom trenažne ili takmičarske aktivnosti u konkretnoj sportskoj grani.

Parametri koji se najčešće koriste u proceni aerobnog energetskeg kapaciteta su apsolutna i relativna maksimalna potrošnja kiseonika (VO_{2max} , VO_{2max}/kg), odnosno anaerobni prag, i to intenzitet (Watt, km/h) i procenat maksimalne potrošnje kiseonika (% VO_{2max}).

Parametri koji se najčešće koriste u proceni anaerobnog kapaciteta su koncentracija mlečne kiseline u krvi (mmol/l), kiseonički dug i raspon anaerobne zone, odnosno izdržaj u anaerobnoj zoni. Aerobni kapacitet (aerobna izdržljivost, kardiorespiratorna izdržljivost ili aerobni fitnes) definiše se kao sposobnost obavljanja rada kroz duži vremenski period u uslovima aerobnog metabolizma. Parametri za procenu aerobnoga kapaciteta, tj. dugotrajne izdržljivosti, jesu:

- Maksimalna potrošnja kiseonika, VO_{2max} , a označava količinu kiseonika koju organizam može potrošiti u vremenu od jedne minute,
- Anaerobni prag, koji označava maksimalni intenzitet radnog opterećenja pri kojem su akumulacija mlečne kiseline i njena razgradnja u ravnoteži.

Maksimalna potrošnja kiseonika

Maksimalna potrošnja kiseonika, skraćeno VO_{2max} , predstavlja maksimalnu količinu utrošenog kiseonika koji je potreban za snabdevanje mišićnih ćelija za vreme maksimalnog fizičkog rada. Odnosno, predstavlja maksimalnu brzinu kojom aerobni mehanizam obezbeđuje mišićnu energiju.

Ime je izvedeno iz V-koja predstavlja zapreminu, O₂-kiseonik i max- maksimalna. VO_{2max} se izražava kao apsolutna potrošnja kiseonika izražena u litrima u minuti (L/min) ili kao relativna potrošnja kiseonika izražena u mililitrima po kilogramu telesne mase u minuti (ml/kg/min). Relativna potrošnja kiseonika se najčešće koristi prilikom izražavanja same izdržljivosti kod sportista.

Treningom se maksimalna potrošnja kiseonika može dosta povećati, ali je u zoni umerenog intenziteta još važnije što se treningom povećava i intenzitet izražen u procentima od VO₂max, pri kome se aktivnost može izdržati duži vremenski period.

Potrošnja kiseonika raste sa povećanjem opterećenja, tako da pri najvećem opterećenju ne postoji dalji porast, a to označava dostizanje VO₂max. Ona je individualni pokazatelj za to, u kojoj meri se razne fiziološke funkcije mogu prilagoditi povećanim metaboličkim potrebama tokom trajanja opterećenja.

VO₂max govori kakva je sposobnost organizma da udahnuti vazduh pretvori u energiju. Ona je u mnogim sportovima presudna mera opšte motoričke sposobnosti, mera bazične aerobne dinamičke sposobnosti ili praktičnim žargonom-mera kondicije. Iz tog razloga se merenje VO₂max smatra najvažnijom merom funkcionalne prilagodljivosti pojedinca.

Maksimalna potrošnja kiseonika definiše se kao nivo potrošnje kiseonika u minuti pri kojoj dalje povećanje radnog opterećenja ne dovodi do povećanja potrošnje kiseonika. VO₂max se takođe definiše i kao maksimalna količina kiseonika koju organizam može potrošiti u jednoj minuti pri intenzivnoj fizičkoj aktivnosti.

Maksimalna potrošnja kiseonika (VO₂max) izražava se u apsolutnim (litre kiseonika u minuti - LO₂ min⁻¹) ili relativnim vrednostima (mililitri kiseonika po kilogramu telesne težine – mL O₂ / kg·1min⁻¹). Maksimalna potrošnja kiseonika zavisi o sposobnosti kardiovaskularnog sistema da dopremi atmosferski kiseonik do mišićnih ćelija i o sposobnosti radne muskulature da iskoristi kiseonik u procesu oksidativne razgradnje hranjivih elemenata. Uz maksimalnu potrošnju kiseonika, koji je dobar pokazatelj aerobne izdržljivosti, drugi važan faktor koji utiče na rezultat jeste i ekonomičnost funkcionalnih sistema.

PREGLED ISTRAŽIVANJA

Cilj trenажnih programa u skijanju je da ostvare metaboličke, fiziološke i psihološke promene koje će omogućiti postizanje što boljih takmičarskih rezultata tokom skijaške sezone. Kao u ostalim sportovima tako i u skijanju aerobna komponenta izdržljivost predstavlja jednu od najvažnijih faktora pripremljenosti, a VO₂max predstavlja najobjektivniju meru za njenu procenu. VO₂max je najveća količina kiseonika koju čovek može primiti i potrošiti u toku jednog minuta vežbanja. Merenje VO₂max u skijanju može se vršiti na više načina, a VO₂max se može izražavati u apsolutnim i relativnim vrednostima, kod vrhunskih plivača iznosi od 66 do 80 ml O₂/kg/min. Sportisti sa visokim VO₂max imaju efikasnija pluća, koja mogu razmeniti velike zapremine gasa; veće srce je sposobno da sprovodi velike količine krvi svakim otkucajem; veću količinu krvi sa više hemoglobina, koji prenosi više kiseonika do tkiva; bogatiju mrežu kapilara, koji vrše bolju perfuziju mišićnih ćelija; više mitohondrija, drastičnih aerobnih enzima i više sporih vlakana za potrošnju većih količina kiseonika.

Istraživanja iz domene alpskog skijanja koja za predmet istraživanja predstavljaju retkost, međutim, zato postoje istraživanja koja su se problematikom ovog rada indirektno bavila na populaciji svih grupa skijaša. U navođenju dosadašnjih znanstvenih i stručnih spoznaja vezanih za alpsko skijanje jednostavno se ne može zaobići istraživanje koje su sproveli (Andersen i sar., 1990). U navedenom istraživanju autori su prvenstveno utvrđivali "fiziološki profil" skijaša alpinaca, gde se pod pojmom "fiziološkog profila" zapravo krije celokupan kondicioni status. Tako autori navode da fiziološki profil vrhunskih skijaša ukazuje na važnost mišićne snage, anaerobnih funkcionalnih i motoričkih sposobnosti, ali i aerobne izdržljivosti, te koordinacije, agilnosti, ravnoteže i fleksibilnosti. Autori smatraju da se skijaški trening, ali i dry-land training trebaju bazirati na unapređenju ovih sposobnosti. Vrhunske skijaše karakterišu izuzetno snažne noge i to prvenstveno po pitanju maksimalne sile i to kako u izometrijskom tako i u izokinetičkom opterećenju. Autori

ovu pojavu smatraju klasičnom adaptacijom s obzirom na karakteristični položaj u kojem se skijaš nalazi tokom trke i takmičenja.

Najzanimljiviji deo ove studije ipak se odnosi na utvrđivanje relacija između uspešnosti u pojedinim skijaškim disciplinama i određenih karakteristika funkcionalnog statusa skijaša, kao i utvrđivanja fiziološke reakcije na specifična skijaška opterećenja. Tako autori zaključuju da snaga nogu značajno korelira s uspešnošću u spustu i veleslalomu. Kada se pogledaju same karakteristike trke, očigledno je to da slalom i veleslalom uključuju 40% glikolitičke komponente u ukupnom energetsom bilansu. Neposredno nakon utrke, koncentracija laktata u krvi kreće se od 9 do 13 mmol/l. Naravno, upravo sposobnost tolerancije koncentracije laktata razlikuje uspešne i manje uspešne skijaše. Sa obzirom da je aerobni kapacitet veoma bitan za bolju razgradnju laktata i brži oporavak, može se reći da se aerobna komponenta izdvaja baš u domenu oporavka. Tako vrhunski skijaši na kraju trke imaju značajno veće vrednosti koncentracije laktata od onih naprednih i srednje uspešnih. Skijaši tako dolaze do 90% maksimalnog aerobnog kapaciteta, a maksimalne vrednosti frekvencije srca postižu se u zadnjim fazama trke. Vrhunski skijaši pokazuju dominaciju u Vo_2 , a u odnosu na vrednosti koje postižu skijaši nižih kategorija, što bez sumnje treba razmatrati u sastavima kondicione pripreme skijaša. Pri toj specifičnoj kretnji zbog otežanog protoka krvi dolazi do preusmeravanja aerobnog u anaerobni metabolizam. Prema istim autorima, studije koje su istraživale metabolizam glikogena kod skijaša ukazuju na značajnu angažovanost oba glavna tipa mišićnih vlakana i to brzo i sporo kontrahirajućih.

Bacharach i von Duvillard (1995) se u svojoj studiji osvrću na aktuelnu literaturu vezanu za fiziološka istraživanja u alpskom skijanju. Autori ističu da su od kasnih sedamdesetih godina mnogi istraživači izveštavali o konstrukciji niza testova koji su se pokušali prikazati kao reprezentativni na tom nivou da bi rezultate ostvarene u tim uslovima bilo moguće poistovetiti sa samom situacijskom izvedbom skijanja. Kraći testovi anaerobne izdržljivosti npr. Wingate test, tradicionalno se koristio kako

bi se procenio anaerobni kapacitet skijaša. Tek nedavno su istraživači i treneri počeli preispitivati može li uopšte test čije je trajanje kraće od većine skijaških izvedbi, proceniti anaerobnu snagu u alpskom skijanju. Autori konstatuju kako anaerobni energetske zahtevi u alpskom skijanju dominiraju u dometu od 45 sekundi do 2 minute što je korisna informacija trenerima za modeliranje trenažnog procesa.

Slične spoznaje kao u prethodnom istraživanju dobili su White i Johnson (1993) a svrha istraživanja koje su sprovedi navedeni autori bila je proceniti prediktivni kvalitet fizioloških testova kod alpskih skijaša i kategorizaciji takmičara alpskog skijanja. Dobijeni podaci su obrađeni multivarijantnom analizom varijanse i diskriminativnom analizom posebno za skijašice, posebno za skijaše. Rezultati dobijeni diskriminativnom analizom su ukazali da varijable: prosečan rad kod ponavljajućeg skoka, apsolutna snaga kod vertikalnog skoka, te Wingate izdržljivost najbolje razlikuju skijaše alpince. Takođe je utvrđeno da aerobna izdržljivost nije dobar prediktor za klasifikaciji skijaša. Autori su zaključili da su fiziološki testovi anaerobne izdržljivosti i minimalan procenat masnoća pokazatelji koji najbolje određuju skijaše po kvalitetu. Isti autori u svojoj studiji o fiziološkim aspektima povreda kod vrhunskih skijaša konstatuju da alpsko skijanje zahteva aerobnu i anaerobnu snagu, mišićnu snagu, te niz kompleksnih motoričkih sposobnosti koje uključuju brzinu, ravnotežu i koordinaciju. Što se tiče aerobne izdržljivosti autori navode da iako jako važna, aerobna izdržljivost ne diskriminira takmičare u različitim kategorijskim sposobnostima. Autori takođe tvrde da je aerobna izdržljivost važna podloga za trening skijaša ali da ona nije izrazito važna za uspeh u alpskom skijanju za razliku od anaerobne izdržljivosti. Anaerobna izdržljivost je, naime, izuzetno važna za uspeh u skijanju, a to potvrđuju i laboratorijski testovi, kao i testovi na terenu, koji visoko koreliraju sa samim takmičarskim uspehom.

Zanimljivo istraživanje na temu sposobnosti skijaša sprovedli su Neumayr i sar. (2003). Sam cilj studije bio je opisati fizičke i fiziološke karakteristike skijaša koji nastupaju na Svetskom kupu. Svi ispitanici bili su članovi austrijske reprezentacije i ukupan uzorak sačinjavalo je 20 muškaraca i 28 žena. Svi ispitanici testirani su na početku i na kraju sezone u periodu 1997 - 2000. godine. Fiziološke varijable koje su merene uključivale su aerobni kapacitet i mišićnu snagu donjih ekstremiteta. Sama takmičarska uspešnost definisana je na temelju plasmana u svetskom skijaškom kupu. Aerobni kapacitet izmeren je maksimalnim testom na bicikl ergometru, dok je mišićna snaga ekstenzora i fleksora kolena merena dinamometrom. U periodu od 1997. do 2000. godine, u 48% svih trka svetskog kupa pobeđe su ostvarili upravo skijaši koji su analizirani u ovom istraživanju. Kada se pokušaju izvući podaci o modelu vrhunskih skijaša značajna povezanost je utvrđena ($r = 0.947$; $p = 0.001$) kod mišićne sile i uspešnosti u skijanju; te za povezanost aerobnog kapaciteta i uspešnosti u skijanju ($r = 0.964$; $p < 0.001$), i to u oba slučaja samo za muškarce. Ovo istraživanje je ukazalo na to da veština i konkretno skijaško znanje najviše određuju uspešnost u skijanju, ali su pored toga dva vrlo važna faktora – aerobna izdržljivost i relativna komponenta maksimalne snage. Za aerobnu izdržljivost se jednostavno može reći da je to sposobnost koja omogućava skijašu da se izdrži rad nešto dužeg trajanja, a submaksimalnog intenziteta. Fiziološka pozadina aerobne sposobnosti je dobro poznata i dominantno je određena kvalitetom transportnog sistema za kiseonik, energije i ekstrakciju metabolita. Jednako tako je poznato da se bitne promene u funkciji tog sistema mogu očekivati upravo u dužini trajanja nekog transformacijskog procesa koji može podizati transportne funkcije na novi, viši nivo.

U radu koji je objavljen na kongresu (Franjko, 2006) analizirali su uticaj posebno programiranog tretmana na promene funkcionalnih sposobnosti. Rezultati su pokazali da se tokom trenažnog procesa nisu u dovoljnoj meri primenjivali operatori za razvoj funkcionalnih sposobnosti što kao posledicu može da ima nedovoljnu pripremljenost i slabije sposobnosti za oporavak skijaša kako u sezoni tako i u pripremnom periodu.

Rezultati pretrage su ukazali da u bazama postoje 32 rada sa navedenim kriterijumima. Kada se takva baza pregledala i kada su eliminisani radovi koji se odnose na skijaše veterane, skijaše rekreativce, kao i radove koje u svojoj suštini ne obuhvataju tematiku aerobnog kapaciteta, utvrdio se broj od 9 naučnih radova objavljenih u časopisima koji su indeksirani u navedenim bazama.

Tabela 1. Pregled naučnih radova koji su obuhvatili predmet ovoga rada

	Autori	Naslov	Časopis	Godina izdanja
1.	Ferland (Ferland & Comtois, 2018), PM; Comtois, AS	Athletic profile of alpine ski racers: a systematic review	Journal of Strength and Conditioning Research	2018
2.	Tešanović, G., Bošnjak, G., Jakovljević, V., Bilić, Ž.	The impact of training on maximum aerobic power among skiers	Acta Kinesiologica	2018
3.	Breil FA, Weber SN, Koller S, Hoppeler H, Vogt M.	Block training periodization in alpine skiing: effects of 11-day HIT on VO ₂ max and performance	European Journal of Applied Physiology	2010
4.	Gross, MA; Breil, FA; Lehmann, AD; Hoppeler, H; Vogt, M	Seasonal variation of (v) over dot(2)max and the (v) over dot(2)-work rate relationship in elite alpine skiers	Medicine & Science in Sports & Exercise	2009

5.	Neumayr G, Hoertnagl H, Pfister R, Koller A, Eibl G, Raas E.	Physical and physiological factors associated with success in professional alpine skiing.	International Journal of Sports Medicine	2003
6.	Nilsson R, Lindberg AS, Theos A, Ferguson RA, Malm C.	Aerobic variables for prediction of alpine skiing performance - a novel approach.	Sports Medicine International Open	2018
7.	Schobersberger W, Mairhofer M, Haslinger S, Koller A, Raschner C, Puntischer S, Blank C.	Are there associations between submaximal and maximal aerobic power and international ski federation world cup ranking in elite alpine skiers?	International Journal of Sports Physiology and Performance	2021
8.	Stoggl, T; Kroll, J; Helmberger, R; Cudrigh, M; Muller, E	Acute effects of an ergometer-based dryland alpine skiing specific high intensity interval training	Frontiers in Physiology	2018
9	Windhaber J, Steinbauer M, Castellani C, Singer G, Till H, Schober P.	Do Anthropometric and Aerobic Parameters Predict a Professional Career for Adolescent Skiers?	International Journal of Sports Medicine	2019

Naučni radovi koji su analizirani ovim istraživanjem obuhvatali su period od 2000. do 2021. godine, a može se uvideti da su istraživanja najčešće sprovedena u poslednjih 3 godine. Časopisi koji su objavljivali radove uglavnom su visko kategorisani i rangirani na listama. U tabeli 2. mogu se videti vrednosti Vo₂max kod različitih grupa ispitanika u odnosu na pol i uzrast. Istraživanja koja su obuhvatila procenu

aerobnih kapaciteta su se uglavnom u svojim metodama fokusirala na direktne metode procene aerobnih kapaciteta ali to ne umanjuje značaj onih radova koji su indirektnim metodama utvrđivali Vo2max. Većina radova je bila usmerena na poređenje ili prosto transverzalna istraživanja ovih sposobnosti ali pojedini su poredili sa uspehom ili sa drugim motoričkim sposobnostima. Analizirani radovi su u svojim istraživanjima obuhvatili skijaše koji su u dugogodišnjem trenažnom procesu i koji imaju iskustvo kao i veći broj takmičenja pa se stoga može reći da su profesionalnog ili polu-profesionalnog karaktera.

Tabela 2. Aerobni kapaciteti kod skijaša i skijašica navedeni u selektovanim naučnim radovima

	Autori	N	Godine starosti	VO2max	VO2max
				/kg TM [ml/(min*kg)]	/kg TM [ml/(min*kg)]
				Muškarci	Žene
1.	Ferland, PM; Comtois, AS	m-354; ž- 257	m- 23.01±2 ž- 21.11± 3.3	58.34	50.27
2.	Tešanović, G., Bošnjak, G., Jakovljević, V., Bilić, Ž.	m-12	m- 17-19± 0.5	47.8	-
3.	Breil FA, Weber SN, Koller S, Hoppeler H, Vogt M.	m-13	m- 17.4 ± 1.1	56.2 ± 5.1	-
4.	Gross, MA; Breil, FA; Lehmann, AD; Hoppeler, H; Vogt, M	m-16	m- 20.0 ± 2.9	52.7 ± 3.6	-

5.	Neumayr G, Hoertnagl H, Pfister R, Koller A, Eibl G, Raas E.	m-28; ž-20	m- 27.6 ž- 25.2	60 ± 4.7	55 ± 3.5
6.	Nilsson R, Lindberg AS, Theos A, Ferguson RA, Malm C.	m-10; ž-6	m-17; ž-17	58.2 ± 4.4	48.4 ± 2.3
7.	Schobersberger W, Mairhofer M, Haslinger S, Koller A, Raschner C, Puntscher S, Blank C.	m-39; ž-36	m- 27.6 ± 4.2 ž- 25.49 ± 3.1	54.85	49.16
8.	Stoggl, T; Kroll, J; Helmberger, R; Cudrigh, M; Muller, E	m-10	m- 18 ± 1	57.7 ± 3.7	-
9	Windhaber J, Steinbauer M, Castellani C, Singer G, Till H, Schober P.	m- 10; ž- 8	m- 16.9 ± 1.2 ž- 15.7 ± 0.8	54.4 ± 5.0	50.4 ± 5.1

Analizom naučnih radova koji su obrađivani ovim radom može se uvideti da je svega devet radova obrađivalo tematiku aerobnih kapaciteta kod alpskih skijaša i da oni zadovoljavaju kriterijume ovog preglednog članka. Svi naučni radovi su se bavili muškarcima dok je polovina uključila i ženske alpske skijašice u istraživanje. Starosne kategorije su uglavnom bile seniorske ili starije juniorske kako kod skijaša tako i kod skijašica dok se broj ispitanika kretao u rasponu od 6 do 354. Međutim,

kada bi se izuzeo rad Ferland i Comtois (2018) koji ima najveći uzorak ispitanika, većina radova je imala prosečan uzorak ispitanika. Sagledavanjem dobijenih parametara aerobnih kapaciteta može se uvideti da je aerobni kapacitet prikazan u VO₂ max kod skijaša u rasponu od 47 -60 [ml/(min * kg)] dok je ovaj parametar kod skijašica u rasponu od 48.4 do 50.4 [ml/(min * kg)].

Iz navedenih istraživanja može se reći da aerobni kapaciteti kod alpskih skijaša nisu previše istraživani i da je manja baza radova koji se bave ovom tematikom. Sa druge strane ukazivanje na određene vrednosti i parametre Vo₂max kao i na potrebu razvoja ove funkcionalne sposobnosti predstavlja veliki značaj sa obzirom da upravo oni mogu biti ključan faktor u pojedinim takmičarskim disciplinama. Stoga, zadatak ovog rada je i bio da se ukaže i istraži aerobni kapacitet skijaša uz istovremeno poređenje sa rekreativnim skijašima i njihovim kapacitetima.

PROBLEM, PREDMETI I CILJ ISTRAŽIVANJA

- Problem rada je utvrđivanje razlika u aerobnim kapacitetima kod skijaša takmičara i rekreativaca.
- Predmet rada predstavljaju aerobni kapaciteti skijaša takmičara i rekreativaca.
- Cilj rada je da se utvrdi da li postoje razlike između skijaša takmičara i rekreativaca u aerobnim kapacitetima.

HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Nulta hipoteza (H_0) je definisana na sledeći način:

- Između skijaša takmičara i skijaša rekreativaca ne postoji statistički značajna razlika u nivou aerobnog kapaciteta.

Alternativna hipoteza (H_1) je suprotna nultoj i postavljena je na sledeći način:

- Između skijaša takmičara i skijaša rekreativaca postoji statistički značajna razlika u nivou aerobnog kapaciteta.

METOD

Uzorak ispitanika

Istraživanje je realizovano na ukupnom uzorku od 48 ispitanika od kojih je 24 skijaša takmičara i 24 ispitanika rekreativnih skijaša. Celokupni uzorak čine ispitanici muškog pola. Skijaši takmičari su ispitanici koji su najmanje 5 godina u trenažnom procesu kako tokom zimske sezone tako i tokom pripremnog dela sezone. Rekreativna grupa skijaša je sastavljena od ispitanika koji se rekreativno bave skijanjem na način da poseduju znanje i umeće skijanja i da bar 7 dana godišnje provode vreme skijajući.

Uzorak mernih instrumenata

Procena aerobnog kapaciteta vršiće se primenom Multistage Shuttle-Run Aerobic testa 20m prilikom čega će se procenjivati distanca i na osnovu nje proračunati maksimalan kapacitet pluća (Vo_{2max}). Valjanost i validnost testa za indirektnu procenu aerobnog kapaciteta je utvrđena u prethodnim istraživanjima (Léger, Mercier, Gadoury, & Lambert, 1988) i postavljena kao kvalitetna metoda za procenu ove sposobnosti.

Opis testa: Ispitanici bi trebalo da budu fizički spremni za izvođenje testa. Trebalo bi da su u fazi oporavka i da je prošlo najmanje 24 sata od poslednjeg teškog treninga kao i da nemaju povrede ili oboljenja. Ispitanici bi trebalo da budu dobro hidrirani pre testiranja kao i da je konzumiran lagani obrok 1-2 sata pre testa. Takođe bi trebalo da se osećaju udobno tako što će nositi sportski odeću i imati čvrstu obuću koja dobro pristaje za trčanje. Test se sastoji od 21 ili više nivoa po 7 i više intervala istrčavanja deonica od 20 metara. Svaki nivo traje oko 1 minute, pri čemu tempo trčanja ispitanika određuje zvučni signal pušten preko odgovarajućeg uređaja za reprodukciju zvuka. Ispitanik u svakom intervalu trči denicu od 20 metara (koja je na krajevima označena

markerima, čunjevima ili bilo kojim drugim oznaka), a cilj je da u trenutku emitovanja zvučnog signala ispitanik bude u blizini markacije, odnosno unutar 3 metra od čunja. Tempo trčanja se povećava tako što se interval između zvučnih signala skraćuje. Izvodi se na bilo kojoj površini, u zatvorenom prostoru, minimalnih dimenzija 30×10 metara. Oprema koja je potrebna za izvođenje testa su dva čunja ili bilo koje druge oznake udaljene 20 metara jedna od druge, te snimljeni zvučni signali i odgovarajući uređaj za reprodukciju istih. Test započinje nakon 15-minutnog zagrevanja, pripreme za test i kvalitetnog objašnjenja ispitaniku o pravilima, cilju i zadatku testa. Ispitanik kreće iz pozicije visokog starta i na prvi zvučni signal starta i pretrčava 20 m laganim tempom kako bi u trenutku idućeg zvučnog signala bio u zadanom prostoru od tri metra do markacije. Svaki sledeći signal znak je ispitaniku za sljedeći interval. Po završetku svakog nivoa, ispitanik čuje zvučnu najavu za sledeći teži nivo opterećenja. Test završava onda kad ispitanik unutar istog intervala dva puta zakasni s dolaskom u zadani prostor u trenutku oglašavanja zvučnog signala. Rezultati se upisuju numerički zavisno o broju istrčanih nivoa i intervala. Rezultati se kasnije koriste u kalkulatoru koji je razvio Topend Sports na osnovu objavljenih tabela (Ramsbottom, Brewer, & Williams, 1988) i koji je primenjivan u ranijim istraživanjima kao validan i pouzdan alat za procenu kapaciteta. Kalkulator je tačan do 0,1 ml/kg/min od objavljenih vrednosti.

Metod obrade podataka

Kalkulator je Nakon dobijanja sirovih rezultata, proračunate su vrednosti na osnovu kalkulatora koji je razvio Topend Sports (Ramsbottom i sar., 1988). Neposredno pre same analize, utvrđena je normalnost distribucije prilikom čega je korišćena Kruskal–Wallis test. Statistička metoda koja bi utvrdila razlike na generalnom nivou bila bi Multivarijatna analiza varijanse (MANOVA) dok bi zasebno po varijablama bila primenjivana Univarijatna analiza varijanse (ANOVA). Celokupna statistička procedura bi se vršila u statističkom softverskom rešenju SPSS 21.0. na nivou značajnosti od $p \leq 0.05$.

Plan i program realizacije

Testiranje je sprovedeno tokom zimske skijaške sezone kako bi se moglo verodostojno proceniti aerobni kapacitet pre svega skijaša čiji je trenažni i takmičarski period. Skijaši takmičari su testiranje radili u okviru centra „Grand Hotela Kopaonik“ prema protokolu i uz saradnju sa kolegama koji su uključeni u rad sa samim skijašima. Rekreativni skijaši su takođe testirani tokom boravka na skijanju ali i nakon dolaska sa skijanja sa obzirom da testiranjem nismo hteli da ugrozimo slobodno vreme rekreativaca. Celokupno testiranje je sprovedeno u skladu sa etičkim pravilima i uz poštovanje Helsinške deklaracije i prava ispitanika, a sami ispitanici su dali pismenu saglasnost za učestvovanje u istraživanju.

REZULTATI

Rezultati u Tabeli 3 ukazuju da su obe grupe ispitanika imali slične antropometrijske karakteristike kao i uzrast. Na osnovu ovog rezultata u analizi može se reći da ne postoje razlike između ispitanika obe grupe, a time se postavlja osnova za dalje analize. Sa obzirom da je celokupni uzorak, a pre svega uzorak skijaša bio takav da se namernom metodom birao, obratila se pažnja da uzorak rekreativnih ispitanika bude u okvirima takvim da je moguće uraditi analize i uporediti vrednosti aerobnog kapaciteta.

Tabela 3. Osnovne antropometrijske karakteristike uzorka

		N	Min	Max	AS	SD
Rekreativna grupa	Visina (cm)		156.7	196.8	171.740	9.261
	Telesna težina (kg)	24	44.5	103.7	68.233	14.346
	Decimalne godine		17.0	18.6	17.846	.5327
Ski grupa	Visina (cm)		156.9	199.7	178.369	9.2690
	Telesna težina (kg)	24	45.4	108.6	73.345	12.585
	Decimalne godine		17.1	18.6	17.754	.4500
Ukupno	Visina (cm)		156.7	199.7	175.054	9.7999
	Telesna težina (kg)	48	44.5	108.6	70.789	13.6671
	Decimalne godine		17.0	18.6	17.800	.4927

Legenda: N – Broj ispitanika; Min – minimalne vrednosti; Max – maksimalne vrednosti; AS – aritmetička sredina; SD – standardan devijacija.

Ključni rezultati ovoga istraživanja prikazani su u Tabeli 4. Na osnovu njih se može reći da je u svim analiziranim parametrima utvrđena statistički značajna razlika između dve grupe ispitanika. Najveća razlika utvrđena je u parametru Brzina ($P=0.00$; $F=35.152$); ali se za ovo istraživanje najviše razmatra parametar Vo_{2max} koji je statistički značajno bolji kod skijaške grupe ($p=0.00$; $F= 30.283$).

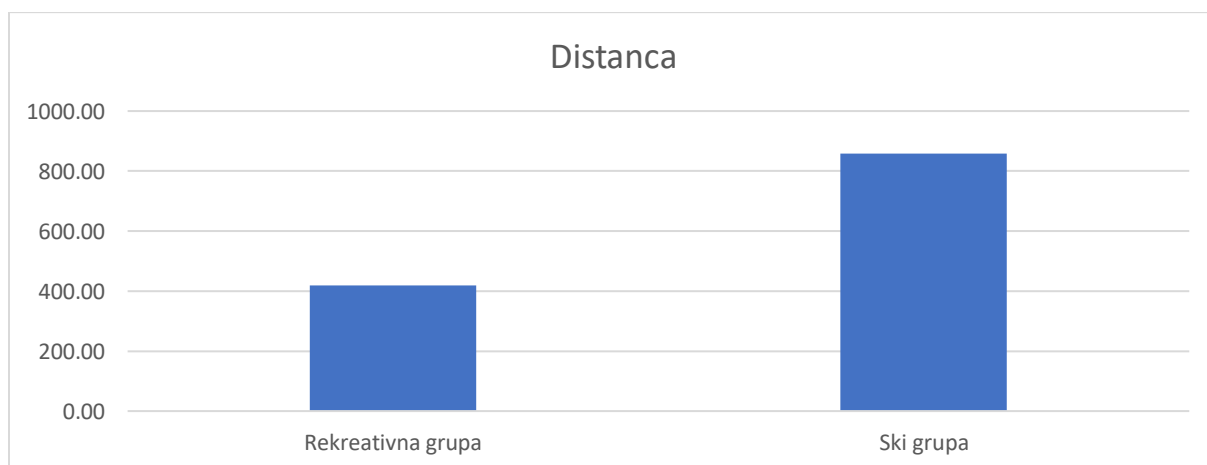
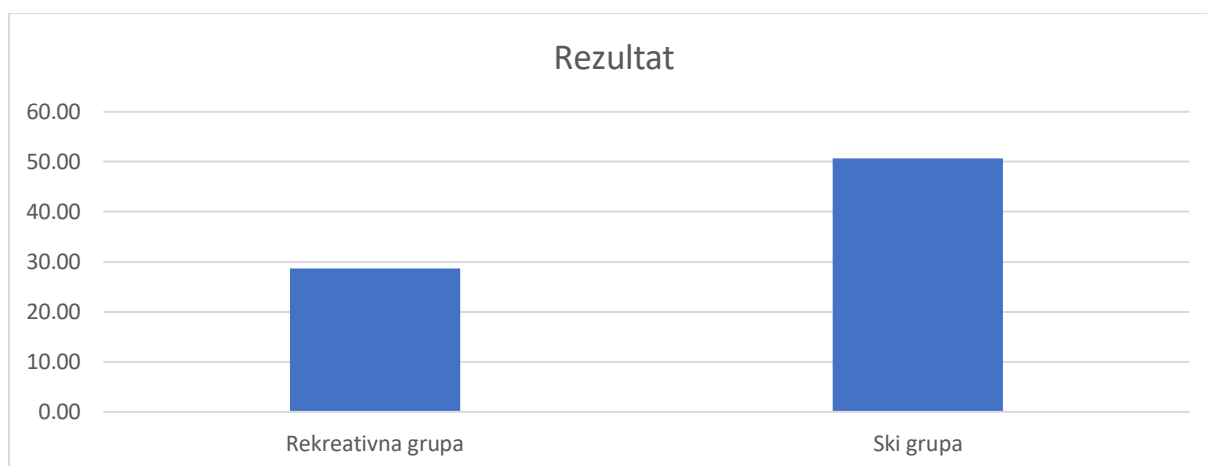
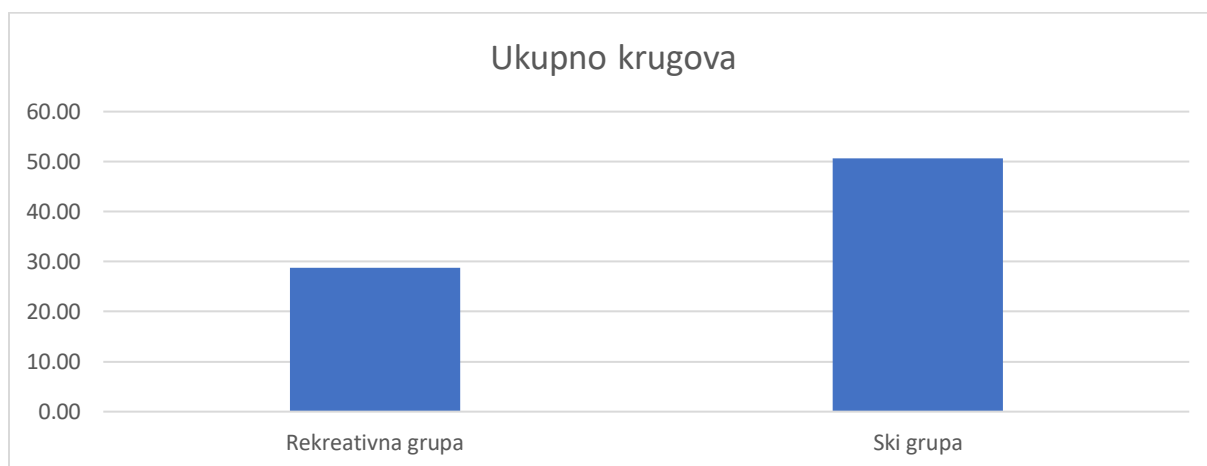
Na generalnom nivou primenom Multivarijantne analize varijanse (MANOVA) može se uvideti da je celokupni sistem varijabli različit između skijaške i rekreativne grupe i to u korist skijaša ($P=0.000$; $F=8.115$).

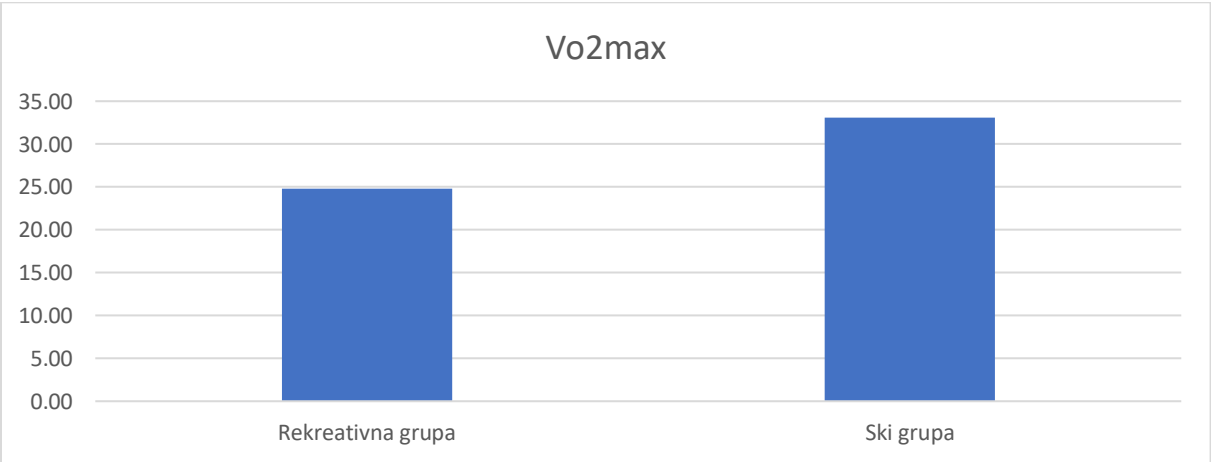
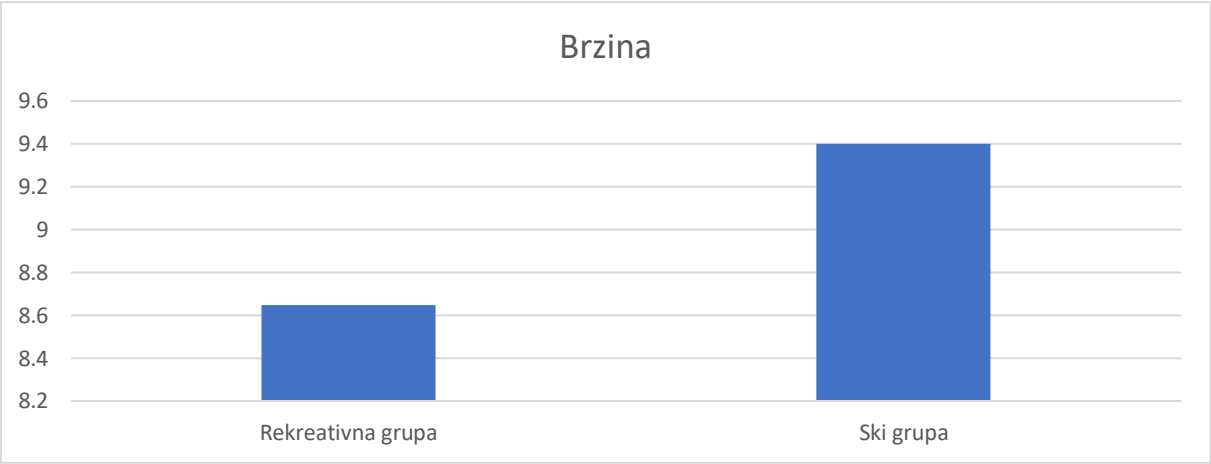
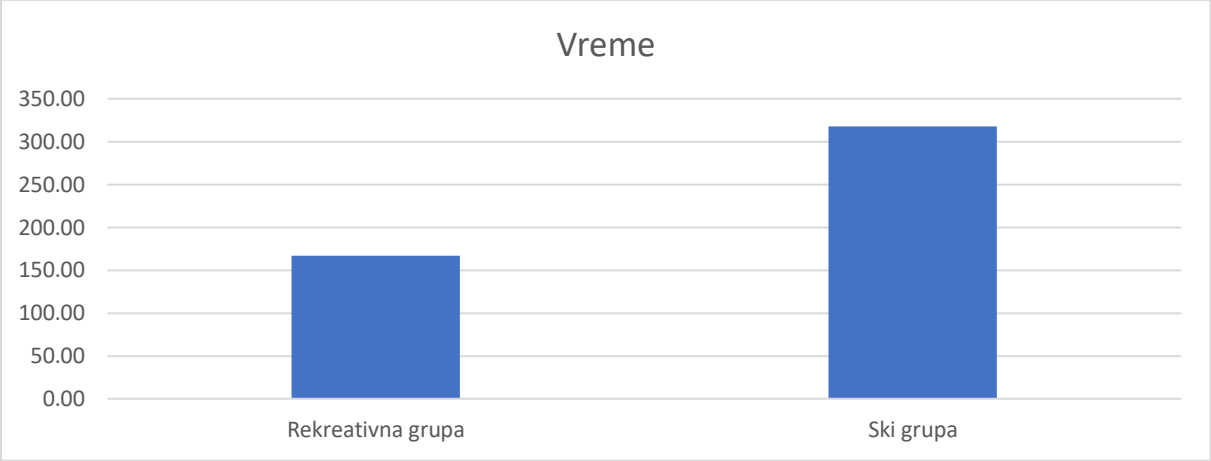
Tabela 4. Parametri aerobnih kapaciteta i razlike između grupa

	Grupa	N	AS	SD	F	p	Eta
Ukupno krugova	Rekreativna grupa	24	28.71	16.21	28.30	0.000	0.23
	Ski grupa	24	50.69	23.58			
Rezultat	Rekreativna grupa	24	3.635	1.82	30.23	0.000	0.24
	Ski grupa	24	6.031	2.40			
Distanca (m)	Rekreativna grupa	24	418.75	319.81	27.95	0.000	0.22
	Ski grupa	24	857.50	477.77			
Vreme (sec.)	Rekreativna grupa	24	166.71	114.80	30.06	0.000	0.24
	Ski grupa	24	318.06	152.95			
Brzina (km/h)	Rekreativna grupa	24	8.6482	0.589	35.15	0.000	0.27
	Ski grupa	24	9.3995	0.650			
vo ₂ max	Rekreativna grupa	24	24.79	6.30	30.28	0.000	0.24
	Ski grupa	24	33.08	8.31			
					F	p	Eta
					8.11	0.000	.0312

Legenda: N – broj ispitanika; AS – aritmetička sredina; SD – standardan devijacija; F – jačina razlike; p – statistička značajnost; Eta – jačina efekta.

Grafikon 1. Grafički prikaz rezultata i razlika između grupa ispitanika





DISKUSIJA

Sprovedeno istraživanje koje je imalo za cilj da utvrdi nivo aerobnog kapaciteta kod skijaša i uporedi rezultate sa rekreativnim skijašima, dobilo je nalaze koji ukazuju da se skijaši statistički značajno razlikuju od rekreativaca u parametrima aerobnih kapaciteta. Skijaška grupa ispitanika je bila značajno bolja u svim parametrima koji su procenjivani: Ukupno krugova (F=28.3; p=0.000); Rezultat (F=30.23; p=0.000); Distanca (F=27.95; p=0.000); Vreme (F=30.06; p=0.000); Brzina (F=35.15; p=0.000); Vo2max (F=30.28; p=0.000).

Ujedno, multivarijantnom analizom varijanse, dobijeni su rezultati koji ukazuju na to da se na generalnom nivou skijaška grupa statistički značajno razlikovala i bila bolja od rekreativne grupe ispitanika (F= 8.11; P=0.000).

Na osnovu ovih rezultata može se zaključiti da je: Alternativna hipoteza (H1) potvrđena i ona glasi:

Između skijaša takmičara i skijaša rekreativaca postoji statistički značajna razlika u nivou aerobnog kapaciteta.

Kada se rezultati ovog istraživanja uporede sa prethodnim istraživanjima koja su obrađivala tematiku funkcionalnog treninga i aerobnih sposobnosti kod alpskih skijaša može se reći da se nalazi podudaraju. Tako Breil Breil, Weber, Koller, Hoppeler, i Vogt (2010) na uzorku koji je po starosti sličan onom koji je obuhvaćen ovim istraživanjem, ukazuju da su skijaši značajno bolji u aerobnim kapacitetima sa tim što su ispitanici testirani direktnom metodom i imali su veće vrednosti Vo2max. Nilsson, Lindberg, Theos, Ferguson, i Malm (2018) takođe u svom istraživanju naznačavaju da je aerobna sposobnost alpskih skijaša veoma bitna komponenta na putu ostvarivanja uspeha. Uzorak ispitanika u tom istraživanju je bio približan po uzrastu onom koji je obuhvaćen ovim istraživanjem ali su ispitanici i ovde pokazali značajno bolje rezultate.

Na našto mlađem uzrastu Windhaber i sar. (2019) dokazuju koliko aerobni kapaciteti određuju uspeh u takmičenju kod mladih alpskih skijaša. Na osnovu njihovih rezultata, a istovremeno poredeći sa rezultatima ovog istraživanja može se reći da su vrednosti veće kod skijaša i da već u juniorskom uzrastu neophodno podizati aerobne kapacitete kvalitetnim trenažnim procesom kako u sezoni tako i u pripremnom periodu.

Na osnovu ovih istraživanja može se reći da u vrednosti koje su istraživači dobili analizirajući skijaše različitog uzrasta, postoje velike varijacije i da same vrednosti Vo_{2max} ne ukazuju samo na to da je aerobni kapacitet bitan, već i na to da su trenažnim metodama i ovi kapaciteti unapređivani duži vremenski period. Ujedno treba napomenuti da su prethodna istraživanja uglavnom koristila direktno metod procene aerobnih kapaciteta što je svakako daleko preciznija metoda. Ujedno sva prethodna istraživanja sprovodila su se na uzroku skijaša koji su pored toga što su takmičari, treniraju u uslovima i metodama koji nisu uporedivi sa uslovima u kojima je rađeno ovo istraživanje.

Poredeći vrednosti Vo_{2max} koji su dobijeni ovim istraživanjem između dve grupe ispitanika postoji značajna razlika i skijaši poseduju daleko veće aerobne kapacitete, a time potvrđuju značaj ove funkcionalne sposobnosti u alpskom skijanju. Veće vrednosti svih parametara takođe ukazuju da se skijaši tokom cele godine nadograđuju u ovoj sposobnosti da se njihovi kapaciteti poboljšavaju dok kod rekreativaca to nije slučaj. Trenažni procesi koji skijaši imaju, sigurno u određenoj meri doprinose tome da razlika između njih i rekreativaca bude statistički značajna ali istovremeno ovakvi rezultati se uklapaju u postavljenu hipotezu koja je definisan na osnovu prethodnih istraživanja. Ovim istraživanjem su obuhvaćeni i drugi parametri koji su su ukazivali na to da se skijaši bolje snalaze i ostvaruju bolje rezultate u samom trčanju, brzini i vremenu provedenom u testu, što ukazuje da je mentalni i fizički napor koji oni podnose daleko bolje tolerisan od strane tela i celokupnog sistema.

Istraživanja iz domena alpskog skijanja koja za predmet istraživanja imaju funkcionalne karakteristike predstavljaju ne tako istraživanu temu, međutim poslednjih godina se ipak utvrđuju određene norme i parametri koji ukazuju na to koliko je potrebno razvijati ovu sposobnost. Pojedini autori ukazuju na optimalne vrednosti aerobnih kapaciteta za skijaše koji se aktivno takmiče i treniraju tokom cele sezone.

Tabela 5. VO2 Max Norme za muškarce

Starost	Veoma slab	Slab	Zadovoljavajući	Dobar	Odličan	Vrhunski
13-19	ispod 35.0	35.0 - 38.3	38.4 - 45.1	45.2 - 50.9	51.0 - 55.9	preko 55.9
20-29	ispod 33.0	33.0 - 36.5	36.6 - 42.4	42.5 - 46.4	46.5 - 52.4	preko 52.4

Skijanje kao sport postavlja velike fizičke i psihičke napore za skijaša, zahtevajući od njega izuzetnu agilnost, koordinaciju, snagu i izdržljivost jer u takmičarskom skijanju o pobjedniku odlučuju čak i stoti delovi sekunde. Skijanje se ne sastoji samo od spuštanja niz padinu nego obuhvaća i okretanje, uspinjanje, hodanje i padanje, a u realizaciji svih tih aktivnosti integralno, s različitim uticajima, deluju gotovo sva antropološka obeležja pa i karakteristika kao što je aerobni kapacitet. Kvalitetno reagovanje na samoj stazi i odlaganje zamora ali istovremeno i brzo oporavljanje takođe kao parametre uspeha mora biti razmatran. Skijaš često poseduje motoričke sposobnosti i pre svega snagu ali ukoliko poseduje niže nivoe funkcionalnih sposobnosti, njegova tehnika ne dolazi do izražaja i često je loš rezultat upravo negativan produkt zamora. Programirana fizička aktivnost i trening aerobnog karaktera doprinosi takmičarskom uspehu ali i smanjenju rizika preranog umiranja, moždanog udara, kardiovaskularnih oboljenja, hipertenzije, insulin-nezavisnog dijabetesa i osteoporoze, smanjuje osećaj depresije i anksioznosti, pomaže održavanju optimalne telesne mase, optimalnom razvoju i održavanju funkcionalne sposobnosti kostiju, mišića i zglobova. Aerobna sposobnost predstavlja podlogu odnosno bazu za

usavršavanje ostalih, kako motoričkih tako i tehničkih i taktičkih sposobnosti u sportu, kao i same aerobne izdržljivosti. Ukoliko je aerobna izdržljivost na visokom nivou, skijaš se teže zamara, lakše kontroliše svoje telo, ali se i brže oporavlja nakon intenzivnih treninga i takmičenja, samim tim i koncentracija, koja je neophodna za izvođenje tehničkih i taktičkih elemenata određenog sporta, ostaje na visokom nivou u dužem vremenskom periodu. Ovakvu vrstu sposobnosti treba razvijati u pripremnom periodu, a održavati je tokom takmičarskog ciklusa.

ZAKLJUČAK

Rezultati ovog istraživanja se mogu višestruko iskoristiti kako bi se na što bolji način omogućilo sagledavanje funkcionalne sposobnosti – aerobni kapacitet kod skijaša. Shodno rezultatima i nalazima koji će se dobiti, istraživanje će naučnoj zajednici dopuniti fond radova koji se bave ovom tematikom. Svakako da manji broj konkretnih radova i poređenja ovoga tipa može da predstavlja pozitivnu stranu jer će daljom publikacijom ovaj rad doprineti da se ova tematika obrađuje i sa te naučne tačke gledišta. Kako aerobni kapacitet može da se procenjuje na više načina, ostaje mogućnost da ovaj rad predstavlja i osnovu za neka druga istraživanja sa savremenijim metodama i tehnikama ali i na većem uzorku ispitanika.

Ujedno, sprovedeno istraživanje ima i značaj za praksu, trenere i struku. Naime, nalazi mogu pomoći, ukazati i istaći neophodnost i potrebu da se razvoja ove funkcionalne sposobnosti kod skijaša takmičara ali i da naznače da je bitno da rekreativci imaju razvijen određeni nivo aerobnih sposobnosti. Treneri na osnovu toga mogu da programiraju ili modifikuju trenažni proces u samoj sezoni i pospeše karakteristike takmičara dok rekreativci mogu da unaprede svoje sposobnosti par nedelja pre samog odlaska na skijaški rekreativni boravak na planini kako bi više uživali, a samim tim smanjili rizik od povreda.

Svakako naučno i stručno sagledavanje rezultata ovog istraživanja ne treba da se posmatra kao odvojeno i da je neophodno da se u okviru skijanja kao sporta uzmu u obzir i ostali faktori koji mogu doprineti kvalitetnijem i sigurnijem sprovođenju skijanja kako kod takmičara tako i kod rekreativaca. Ovaj rad može biti od značaja trenerima i sugerisati im na značajnosti VO₂max u pripremnom periodu i održavanju takmičara tokom letnje sezone kada imaju manje kontakta sa snegom i sa pravim uslovima u kojima se takmiče. Naravno, ne treba zanemariti ni skijaše rekreativce koji dolaze sezonski na planinu, kako bi bili pripremljeni za skijanje moraju podići svoj VO₂max na viši nivo.

LITERATURA

- Andersen, R. E., Montgomery, D. L., & Turcotte, R. A. (1990). An on-site test battery to evaluate giant slalom skiing performance. *J Sports Med Phys Fitness, 30*(3), 276-282.
- Bacharach, D. W., & von Duvillard, S. P. (1995). Intermediate and long-term anaerobic performance of elite Alpine skiers. *Med Sci Sports Exerc, 27*(3), 305-309.
- Breil, F. A., Weber, S. N., Koller, S., Hoppeler, H., & Vogt, M. (2010). Block training periodization in alpine skiing: effects of 11-day HIT on VO₂max and performance. *Eur J Appl Physiol, 109*(6), 1077-1086. doi: 10.1007/s00421-010-1455-1
- Eriksson, E., Nygaard, E., & Saltin, B. (1977). Physiological Demands in Downhill Skiing. *The Physician and Sportsmedicine, 5*(12), 28-37. doi: 10.1080/00913847.1977.11948344
- Ferguson, R. A. (2010). Limitations to performance during alpine skiing. *Exp Physiol, 95*(3), 404-410. doi: 10.1113/expphysiol.2009.047563
- Ferland, P. M., & Comtois, A. S. (2018). Athletic Profile of Alpine Ski Racers: A Systematic Review. *J Strength Cond Res, 32*(12), 3574-3583. doi: 10.1519/jsc.0000000000002900
- Franjko, I., Maleš, B., Kecerin, I. (2006). *Utjecaj specifičnih motoričkih znanja na izvedbu veleslaloma demonstratora skijanja*. Paper presented at the 1st International Conference „Contemporary Kinesiology“, Split.
- Fuhrman, B. P., & Zimmerman, J. J. (2011). Preface. In B. P. Fuhrman & J. J. Zimmerman (Eds.), *Pediatric Critical Care (Fourth Edition)* (pp. xxiii). Saint Louis: Mosby.
- Gilgien, M., Reid, R., Raschner, C., Supej, M., & Holmberg, H. C. (2018). The Training of Olympic Alpine Ski Racers. *Front Physiol, 9*, 1772. doi: 10.3389/fphys.2018.01772

- Hydren, J., Volek, J., Maresh, C., Comstock, B., & Kraemer, W. (2013). Review of Strength and Conditioning for Alpine Ski Racing. *Strength and Conditioning Journal*, *35*, 10-28. doi: 10.1519/SSC.0b013e31828238be
- Léger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*, *6*(2), 93-101. doi: 10.1080/02640418808729800
- Maffiuletti, N. A., Impellizzeri, F., Rampinini, E., Bizzini, M., & Mognoni, P. (2006). Letter to the Editors - Is Aerobic Power Really Critical for Success in Alpine Skiing? *Int J Sports Med*, *27*(02), 166-167.
- Müller, E., Bacharach, D., Klika, R., Lindinger, S., & Schwameder, H. (2005). *Science and Skiing III*.
- Neumayr, G., Hoertnagl, H., Pfister, R., Koller, A., Eibl, G., & Raas, E. (2003). Physical and physiological factors associated with success in professional alpine skiing. *Int J Sports Med*, *24*(8), 571-575. doi: 10.1055/s-2003-43270
- Nilsson, R., Lindberg, A. S., Theos, A., Ferguson, R. A., & Malm, C. (2018). Aerobic Variables for Prediction of Alpine Skiing Performance - A Novel Approach. *Sports Med Int Open*, *2*(4), E105-e112. doi: 10.1055/a-0655-7249
- Polat, M. (2016). An examination of respiratory and metabolic demands of alpine skiing. *J Exerc Sci Fit*, *14*(2), 76-81. doi: 10.1016/j.jesf.2016.10.001
- Ramsbottom, R., Brewer, J., & Williams, C. (1988). A progressive shuttle run test to estimate maximal oxygen uptake. *British Journal of Sports Medicine*, *22*(4), 141-144. doi: 10.1136/bjism.22.4.141
- Reuter, J. M., & Short, S. E. (2005). *The Relationships Among Three Components of Perceived Risk of Injury, Previous Injuries and Gender in Non-Contact/Limited Contact Sport Athletes*.
- Ruiz, J. R., Rizzo, N. S., Hurtig-Wennlöf, A., Ortega, F. B., Wärnberg, J., & Sjöström, M. (2006). Relations of total physical activity and intensity to fitness and fatness in children: the European Youth Heart Study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *84*(2), 299-303. doi: 10.1093/ajcn/84.2.299

- Tesch, P. A. (1995). Aspects on muscle properties and use in competitive Alpine skiing. *Med Sci Sports Exerc*, 27(3), 310-314.
- Turnbull, J. R., Kilding, A. E., & Keogh, J. W. (2009). Physiology of alpine skiing. *Scand J Med Sci Sports*, 19(2), 146-155. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.00901.x
- White, A. T., & Johnson, S. C. (1993). Physiological aspects and injury in elite Alpine skiers. *Sports Med*, 15(3), 170-178. doi: 10.2165/00007256-199315030-00003
- Windhaber, J., Steinbauer, M., Castellani, C., Singer, G., Till, H., & Schober, P. (2019). Do Anthropometric and Aerobic Parameters Predict a Professional Career for Adolescent Skiers? *Int J Sports Med*, 40(6), 409-415. doi: 10.1055/a-0858-9860