

# Utjecaj umora na kinematičke parametre skoka u vis

---

Aščić, Sara

Master's thesis / Diplomski rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Kinesiology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Kineziološki fakultet Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:265:788403>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-23**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Kinesiology Osijek](#)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Kineziološki fakultet Osijek

Diplomski sveučilišni studij Kineziološka edukacija

Sara Aščić

**UTJECAJ UMORA NA KINEMATIČKE PARAMETRE SKOKA  
U VIS**

Diplomski rad

Osijek, 2023.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Kineziološki fakultet Osijek

Diplomski sveučilišni studij Kineziološka edukacija

Sara Aščić

**UTJECAJ UMORA NA KINEMATIČKE PARAMETRE SKOKA  
U VIS**

Diplomski rad

JMBAG: 0165070084

e- mail: sascic@kifos.hr

Mentorica: izv. prof. dr. sc. Danijela Kuna

Sumentor: Marin Marinović mag. cin.

Osijek, 2023.

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Faculty of Kinesiology Osijek

University graduate study of Kinesiology

Sara Aščić

**INFLUENCE OF FATIGUE ON KINEMATIC PARAMETERS OF  
HIGH JUMP**

Master's Thesis

Osijek, 2023.

## IZJAVA

### O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI, SUGLASNOSTI ZA OBJAVU U INSTITUCIJSKIM REPOZITORIJIMA I ISTOVJETNOSTI DIGITALNE I TISKANE VERZIJE RADA

1. Kojom izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je         diplomski          
(navesti vrstu rada: završni / diplomski) rad isključivo rezultat osobnoga rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu. Potvrđujem poštivanje nepovredivosti autorstva te točno citiranje radova drugih autora i referiranje na njih.
2. Kojom izjavljujem da sam suglasan/suglasna da se trajno pohrani i objavi moj rad u institucijskom digitalnom repozitoriju Kineziološkog fakulteta Osijek, repozitoriju Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku te javno dostupnom repozitoriju Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu (u skladu s odredbama Zakona o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju „Narodne novine“ broj 123/03., 198/03., 105/04., 174/04., 2/07.-Odluka USRH, 46/07., 63/11., 94/13., 139/13., 101/14.-Odluka USRH, 60/15.-Odluka USRH i 131/17.).
3. Izjavljujem da sam autor/autorica predanog rada i da je sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti istovjetan sa dovršenom tiskanom verzijom rada predanom u svrhu obrane istog.

**Ime i prezime studentice:** Sara Aščić

**JMBAG:** 0165070084

**Službeni e-mail:** sascic@kifos.hr

**Naziv studija:** Diplomski sveučilišni studij Kineziološke edukacije

**Naslov rada:** Utjecaj umora na kinematičke parametre skoka u vis

**Mentorica diplomskog rada:** izv. prof. dr. sc. Danijela Kuna

U Osijeku \_\_\_\_\_2023. \_\_\_\_\_ godine

Potpis



---

## **ZAHVALA**

*Zahvaljujem se svojoj mentorici izv. prof. dr. sc. Danijela Kuna na danim savjetima i pruženoj potpori.*

*Posebno bih se htjela zahvaliti mami, tati i sestrama, Barbari i Lari, na bezuvjetnoj podršci koju su mi pružili te svojim najboljim prijateljima, Ivi i Ivanu, koji su mi pomogli da ustanem svaki puta kada je bilo teško.*

*Najveću zahvalu upućujem Marinu, za sav trud i strpljenje uložene u mene. Vodeći primjerom, motivirao me da uvijek dajem najbolje od sebe. Njegovi savjeti pomogli su da postanem ono što jesam danas i da hrabro poželim biti i više od toga.*

## Utjecaj umora na kinematičke parametre skoka u vis

### SAŽETAK

Skok u vis atletska je disciplina koja za cilj ima preskok horizontalno postavljane letvice na što većoj visini. Četiri faze skoka u vis su: zalet, odraz, prelazak preko letvice i doskok. Faza odraza često se u literaturi navodi kao ključna za uspješnost u ovoj disciplini. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj umora na kinematičke parametre u skoku u vis. Uzorak ispitanika u ovom istraživanju bio je jedan vrhunski hrvatski skakač u vis. Provedena su 2 mjerenja kinematičkih parametara, jedno kada je ispitanik bio odmoran te drugo koje je provedeno nakon dvodnevno natjecanja kada je kod ispitanika bila povećana razina umora. Stanje umora provjereno je skokom s pripremom te *Wellness* upitnikom. Ispitanik je tijekom istraživanja izvodio skokove na skakalištu skoka u vis koji su snimani dvjema kamerama. Nakon toga, skokovi su analizirani u programu Kinovea. Istraživanjem su utvrđene razlike u kinematičkim parametrima između inicijalnog i finalnog testiranja za varijable kut koljena na početku odraza (KKPO ( $p=0,01$ )), kut koljena na kraju odraza (KKKO ( $p=0,05$ )), nagib tijela na početku odraza (NTPO ( $p=0,01$ )), nagib tijela na kraju odraza (NTKO ( $p=0,03$ )), kut koljena na punom stopalu početak odraza (AMK1 ( $p=0,05$ )) i amortizacija koljena (AMK ( $p=0,01$ )). Utvrđene su razlike i između uspješnih i neuspješnih skokova za varijable KKPO ( $p=0,01$ ), KKKO ( $p=0,05$ ), NTPO ( $p=0,01$ ) i AMK1 ( $p=0,04$ ). Rezultati ovog istraživanja pokazali su kako postoji statistički značajna povezanost umora s testiranim kinematičkim parametrima. Utvrđena je povezanost sRPE-e-a s parametrima KKPO ( $r= 0,61$ ,  $p=0,01$ ), NTPO ( $r=0,69$ ,  $p=0,00$ ) i NTKO ( $r=0,60$ ,  $p=0,01$ ). Dobiveni rezultati upućuju na važnost pravilnog planiranja i programiranja treninga i usmjeravanje na one trenažne operatore koji pomažu u optimizaciji izvedbe testiranih segmenata skoka, a sve u svrhu što kasnije pojave umora koji utječe na kinematičke parametre pa tako i na uspješnost izvedbe.

**Ključne riječi:** Kinovea, odraz, nagib tijela, videoanaliza

## **Influence of fatigue on kinematic parameters of high jump**

### **ABSTRACT**

High jump is an athletic discipline whose goal is to jump over a horizontal bar at the highest possible height. The four phases of the high jump are approach, take-off, crossing the bar and landing. The take-off phase is often said to be the key to success in this discipline. The aim of this research was to determine the influence of fatigue on the kinematic parameters in the high jump. The sample of respondents in this research was a top Croatian high jumper. There were two measurements of kinematic parameters carried out, one when the subject was rested and the other, which was carried out after a two-day competition when the subject had an increased level of fatigue. The state of fatigue was checked by counter movement jump and the *Wellness* questionnaire. During the research, the examinee performed jumps, which were recorded by two cameras. After that, the jumps were analyzed in the Kinovea program. The research determined differences in kinematic parameters between the initial and final testing for the variables knee angle at the beginning of the take-off (KKPO ( $p=0.01$ )), knee angle at the end of the take-off (KKKO ( $p=0.05$ )), body inclination at the beginning of take-off (NTPO ( $p=0.01$ )), body inclination at the end of take-off (NTKO ( $p=0.03$ )), knee angle at full foot at the beginning of take-off (AMK1 ( $p=0.05$ )) and knee amortization (AMK) ( $p=0.01$ ). Differences were found between successful and unsuccessful jumps for the variables KKPO ( $p=0.01$ ), KKKO ( $p=0.05$ ), NTPO ( $p=0.01$ ) and AMK1 ( $p=0.04$ ). The results of this research showed that there is a statistically significant correlation between fatigue and the tested kinematic parameters. The association of SRPe with the parameters KKPO ( $r=0,61$ ,  $p=0.01$ ), NTPO ( $r=0,69$ ,  $p=0.00$ ) and NTKO ( $r=0,60$ ,  $p=0.01$ ) was established. The obtained results point to the importance of proper planning and programming of training and targeting those training operators which help in optimizing the performance of the tested jump segments, all for the purpose of the later appearance of fatigue, which affects the kinematic parameters and thus the success of the performance.

**Keywords:** Kinovea, body inclination, take-off, video analysis



## SADRŽAJ

<b>1. Uvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Cilj istraživanja .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Hipoteze .....</b>	<b>7</b>
<b>4. Metode rada.....</b>	<b>8</b>
<b>4.1. Uzorak ispitanika.....</b>	<b>8</b>
<b>4.2. Mjerni instrumenti .....</b>	<b>8</b>
<b>4.3. Varijable .....</b>	<b>9</b>
<b>4.4. Opis protokola testiranja .....</b>	<b>14</b>
<b>4.4.1. Inicijalno testiranje.....</b>	<b>14</b>
<b>4.4.1.1. Testovi utvrđivanja unutrašnjih pokazatelja umora .....</b>	<b>15</b>
<b>4.4.1.2. Testovi utvrđivanja vanjskih pokazatelja umora .....</b>	<b>15</b>
<b>4.4.1.3. Mjerenje kinematičkih parametara.....</b>	<b>15</b>
<b>4.4.2. Finalno testiranje .....</b>	<b>17</b>
<b>4.5. Statistička obrada podataka .....</b>	<b>17</b>
<b>5. Rezultati .....</b>	<b>18</b>
<b>5.1. Antropometrijske karakteristike .....</b>	<b>18</b>
<b>5.2. Deskriptivna statistika .....</b>	<b>18</b>
<b>5.3. Razlike u parametrima početnog i krajnjeg stanja umora kod finalnog i inicijalnog testiranja.....</b>	<b>19</b>
<b>5.4. Razlike u parametrima umora i kinematičkim parametrima između inicijalnog i finalnog testiranja.....</b>	<b>20</b>
<b>5.5. Razlike rezultata umora i kinematičkih parametara između uspješnih i neuspješnih skokova .....</b>	<b>21</b>
<b>5.6. Povezanost parametara umora s kinematičkim parametrima .....</b>	<b>21</b>
<b>6. Rasprava .....</b>	<b>25</b>

<b>6.1.</b>	<b>Prosječne vrijednosti kinematičkih parametara .....</b>	<b>25</b>
<b>6.2.</b>	<b>Vrijednosti procjene umora tijekom testiranja .....</b>	<b>27</b>
<b>6.3.</b>	<b>Razlike u parametrima početnog i krajnjeg stanja umora kod inicijalnog i finalnog testiranja.....</b>	<b>27</b>
<b>6.4.</b>	<b>Razlike između inicijalnog i finalnog testiranja .....</b>	<b>29</b>
<b>6.5.</b>	<b>Razlike između uspješnih i neuspješnih skokova .....</b>	<b>29</b>
<b>6.6.</b>	<b>Povezanost kinematičkih parametara s parametrima umora .....</b>	<b>30</b>
<b>7.</b>	<b>Zaljučak .....</b>	<b>32</b>
<b>8.</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>33</b>
<b>9.</b>	<b>Prilozi .....</b>	<b>40</b>

## 1. Uvod

Svjetska zdravstvena organizacija zdravlje definira kao potpuno tjelesno, mentalno i socijalno blagostanje (World Health Organisation, 2020). Definicija upućuje na važnost tjelesnog zdravlja na opće zdravlje čovjeka. Garcia-Falgueras (2020) navodi kako je tjelesno zdravlje metaboličko i kognitivno stanje koje uključuje odsutnost bilo kakve bolesti koje se održava sportom, prehranom i/ili ergogenim sredstvima koja osobama omogućuju prikladan život uz maksimalnu funkcionalnost. Za održavanje zdravlja potrebna je tjelesna aktivnost koja se očituje ne samo kroz sportski trening nego označava svako pokretanje mišićno-koštanog sustava (Garcia-Falgueras, 2015). Ono što sport razlikuje od ostalih tjelesnih aktivnosti jest to da ima kompetitivnu komponentu te da su aktivnosti koje se izvode planirane i programirane s ciljem ostvarivanja sportskih rezultata (Garcia-Falgueras, 2015). Elloumi i suradnici (2012) također navode kako je cilj svakog sportskog treninga poboljšati ili održati tjelesne performanse.

Sportski trening definira se kao: „kompleksan transformacijski proces kojeg čine uređeni sustavi trenažnih operatora koji su primjereni utvrđenim stanjima treniranosti sportaša i postavljenim ciljevima sportske pripreme u vremenski zaokruženim ciklusima u skladu sa stupnjem darovitosti pojedinca, razinom njegove samoaktivnosti te utjecaja vanjskih čimbenika“ (Milanović, 2013). Za što bolju učinkovitost sportskog treninga treba sastaviti i provesti primjeren plan i program treninga. Ključno je u planiranju i programiranju treninga učiniti treninge takvima da je njihov podražaj dovoljno jak da uzrokuje promjene, a da uz to sportašima ostavlja dovoljno vremena za oporavak (Turner i sur., 2015; Meeusen i sur., 2013).

Vrlo važan čimbenik u planiranju i programiranju treninga jest volumen rada (Milanović, 2013; Askow i sur., 2021). On je definiran dvjema komponentama: informacijskom i energetsom komponentom opterećenja. Energetska komponenta opterećenja odnosi se na intenzitet, odnosno jačinu i brzinu podražaja te ekstenzitet, to jest trajanje i broj ponavljanja (Milanović, 2013). Za postizanje rezultata, volumen rada mora se progresivno povećavati. To povećanje tada uzrokuje adaptacije organizma i povećava razinu treniranosti (Bompa i Haff, 2009). Kako bi se volumen opterećenja adekvatno povećavao potrebno ga je pratiti. Praćenje volumena opterećenja omogućuje pravilno doziranje razine istog, sve s ciljem postizanja što bolje sportske forme koja je važna komponenta za ostvarivanje sportskih rezultata te prevenciju ozljeda (Bourdon i sur., 2017; Thorpe i sur., 2017). S obzirom

na razne trenažne operatore koji se primjenjuju tijekom treninga te posebnosti sportskog natjecanja, praćenje volumena opterećenja može biti zahtjevno (Askow i sur., 2021). Postoji više protokola za praćenje volumena opterećenja te se odabiru u skladu sa zahtjevima odabranog sporta.

Bourdon i suradnici (2017) testove za procjenu opterećenja dijele na one koji utvrđuju vanjske, odnosno unutarnje pokazatelje razine opterećenja. U praksi je poželjno koristiti obje vrste kako bi se dobio cjelovitiji uvid u razinu opterećenja. Testovi koji koriste vanjske pokazatelje daju informacije o obavljenom radu, dok testovi koji koriste unutarnje pokazatelje za procjenu umora daju informacije o tome kako je organizam sportaša reagirao na određen podražaj.

Neki od testova za utvrđivanje razine opterećenja koji koriste unutrašnje pokazatelje razine opterećenja su: frekvencija srca, primitak kisika, laktati u krvi te *Wellness* upitnik i ocjena percipiranog napora (sRPE) (Bourdon i sur., 2017). Thorpe i suradnici (2017) navode i korištenje personaliziranih upitnika kao jednu od metoda dobivanja informacija o razini opterećenja koja je neinvazivna, dostupna i jeftina. Mjerenjem srčane frekvencije dobivaju se informacije o fiziološkim parametrima te se često koristi u sportovima izdržljivosti (Bourdon i sur., 2017).

Jedna od metoda praćenja volumena opterećenja koja je lako praktično primjenjiva i vremenski kratkog trajanja jest ocjena percipiranog napora (sRPE). Kod ove metode sportaši 30 minuta nakon treninga ispunjavaju jednostavan upitnik o percipiranom naporu i tako daju treneru povratnu informaciju o volumenu treninga. Povezanost percipiranog napora tijekom treninga i volumena treninga potvrdili su Turner i suradnici (2015) te Askow i suradnici (2021). Još su neka istraživanja utvrdila valjanost sRPE-a za mjerenje volumena opterećenja (Mellalieu i sur., 2021; Thorpe i sur., 2017).

Wellnes upitnik također je jedna od jednostavnijih metoda za utvrđivanje volumena opterećenja. Za razliku od sRPE upitnika, Wellnes upitnik omogućuje detaljniji uvid u posebne segmente razine subjektivnog osjećaja opterećenja. Provodi se tako da sportaš ispunjava upitnik i vrijednostima umora daje ocjenu od 1 do 5. Rezultati upitnika uspoređuju se s onima kada je sportaš bio odmoran, prije nastupa ili treninga te poslije nastupa, odnosno treninga (Bourdon i sur., 2017; McLean i sur., 2010).

Od testova koji koriste vanjske pokazatelje za određivanje volumena opterećenja često se koristi praćenje broja ponavljanja, trajanja, ukupna prijeđena udaljenost kod trčanja, ukupna

masa utega podignutih tijekom treninga te brzina izvođenja (Bourdon i sur., 2017). Za utvrđivanje volumena opterećenja, kako tijekom pojedinačnog treninga tako i između trenažnih dana, može se koristiti visina sunožnog skoka s pripremom (*eng. Countermovement jump, CMJ*) (Bourdon i sur., 2017; García-Ramos i sur., 2017; McLean i sur., 2010; Thorpe i sur., 2017). Postoji više pouzdanih metoda za mjerenje visine skoka i koriste se ovisno o uvjetima rada. Kao zlatni standard za mjerenje visine skoka, prihvaćeno je korištenje platforme za mjerenje sile kod koje se preko vremena trajanja leta ili putem proizvedene sile izračunava visina skoka (Attia i sur., 2017). Unatoč tome što je platforma za mjerenje sile zlatni standard, češće se koriste drugi uređaji koji su lako prenosivi i jednostavni za korištenje kao što su Optogait i Gyko (MicroGate, 2015; OptoGait, 2007). Pueo i suradnici (2020) u svom radu utvrdili su visoku valjanost Kinovea programa za mjerenje vremenskih parametara CMJ-a gdje su usporedili rezultate Kinovea programa s rezultatima platforme za mjerenje sile ( $r=0,985$ ,  $p=0,01$ ).

U slučajevima kada korištenje programa nije moguće, primjerice kada tijekom samog treninga treba provesti testiranje, za utvrđivanje skoka može se koristiti i aplikacija MyJump (Vieira i sur., 2023). Valjanost i pouzdanost aplikacije za utvrđivanje visine vertikalnog skoka utvrdili su Stanton i suradnici (2017). Testiranjem je utvrđena velika pouzdanost (intraklasni koeficijent korelacije ((ICC)=0,997;  $p<0.001$ ) i visoka valjanost MyJump aplikacije u usporedbi s platformom za mjerenje sile u procjeni rezultata CMJ-a (ICC=0.997,  $p<0.001$ ).

Volumen opterećenja čini i informacijska komponenta. Sačinjavaju je broj i težina te složenost informacija koje su sportašu prenesene, a on ih u što kraćem vremenu mora razumjeti (Milanović, 2013). Imajući navedeno na umu, u doziranju opterećenja osim fizičkog umora, u obzir treba uzeti i kognitivni umor. Važnost optimizacije razine kognitivnog opterećenja tijekom treninga očituje se i u činjenici da je kognitivni umor povezan s pretreniranošću kod sportaša (Ryu i sur., 2015). Sportaš treba biti odmoran kako bi mogao procesuirati informacije koje prima prilikom izvedbe. Za to su potrebne selektivna pažnja i kognitivna fleksibilnost kako bi sportaš mogao iz okoline preuzeti one informacije koje su mu bitne, te sukladno tome donositi brze i precizne odluke tijekom izvedbe. Jedan od testova koji se koristi za ovu svrhu jest *Stroop test*. Test se provodi tako da se pred ispitanika postavljaju imena boja na način da su te riječi druge boje. Ispitanik treba reći koje je boje napisana riječ, a zanemariti koja boja piše (Homack i Riccio, 2004). Postoje razne verzije testa te se rezultat mjeri u broju boja koje je ispitanik pogodio u zadanom vremenu ili potrebnom vremenu da točno odgovori na određen broj zadataka. Ponekad se u rezultat ubraja i broj pogrešaka (Homack i Riccio, 2004; Ryu i

sur., 2015). Povećanje vremena potrebnog za odgovor jest pokazatelj smanjene kognitivne fleksibilnosti i kognitivne pažnje do kojih može doći od posljedica umora (Tucker i sur., 2011).

Nepravilno doziranje volumena opterećenja može uzrokovati negativne posljedice kao što su pretreniranost, umor, ozljede i neispunjavanje očekivanih sportskih ciljeva (Meeusen i sur., 2013; Neville i sur., 2008; Elloumi i sur., 2012). Askow i suradnici (2021) također navode kako su rizici neadekvatnog volumena opterećenja nemogućnost adaptacije na trening, bolesti, ozljede te pretreniranost. Meeusen (2014) navodi kako umor može biti uzrokovan opterećenjem mišićnog, ali i centralnog živčanog sustava. Umor kao posljedica velikog volumena treninga ili okolinskih čimbenika može imati utjecaj na samu izvedbu u sportu (Chuckravanen i sur., 2019).

U individualnom sportu, gdje je ishod natjecanja ovisan o nastupu pojedinca, ključ uspjeha je spremnost i izvedba na visokoj razini. Skok u vis kompleksna je aktivnost čije karakteristike zahtijevaju visok stupanj treniranosti sportaša kako bi se ostvarili vrhunski rezultati (Yang i sur., 2013; Akhmetov i sur., 2016). Kod skoka u vis, zadatak je sportaša u što manjem broju pokušaja preskočiti letvicu na što višoj visini (Roslan i Ahmad, 2020). Zbog svojih biomehaničkih posebnosti, polukružnog trčanja zaleta, velikih brzina i sila prilikom unilateralnog odraza, u treningu skoka u vis koriste se trenažni operatori vrlo visokog intenziteta. Neadekvatno doziranje opterećenja kod ovih trenažnih operatora može uzrokovati ozljede (Roslan i Ahmad, 2020). Stručnjaci iz ovog područja u stalnoj su potrazi za novim načinima treniranja kako bi se maksimizirala izvedba, a u isto vrijeme minimizirala mogućnost ozljeda (Akhmetov i sur., 2016).

Izvedba skoka u vis najčešće je podijeljena u 3 faze: faza zaleta, faza odraza i faza leta, odnosno prelaska preko letvice (Mateos-Padorno i sur., 2021). U nekim se istraživanjima navodi i četvrta faza, odnosno faza doskoka, ali s obzirom na to da ona nema utjecaja na uspješnost izvedbe, ne pridaje joj se velika pozornost (Aščić, 2021). Dapena i Chung (1988) navode kako je faza odraza jedan od najvažnijih čimbenika u determiniranju uspješnosti skoka u skoku u vis. Zbog navedenog razloga mnoga su istraživanja promatrala kinematičke parametre odraza u skoku u vis.

Jedan od promatranih parametara jest trajanje kontakta. Prosječno trajanje kontakta kod vrhunskih skakača u vis iznosi 0,185 sekundi (Dapena i Chung, 1988). Kut postavljanja noge te kut amortizacije koljena također su parametri koji su bili predmet dosadašnjih istraživanja (Aščić, 2021; Čoh i Supej, 2007; Pavlović, 2017). Nadalje, nagib tijela također je važna

varijabla prilikom odraza jer preveliko naginjanje prema letvici može rezultirati rušenjem. Dapena i Ficklin (2007) navode kako je taj kut na kraju odraza blizu  $90^\circ$ . Dakako, navedene su vrijednosti okvirne te ovise o tehnici izvođenja i karakteristikama skakača. Za što uspješniju izvedbu, potrebno je imati optimalnu kombinaciju kinematičkih parametara.

Mnoga su dosadašnja istraživanja proučavala koji su to parametri koji determiniraju uspješnost u skoku u vis. Neki od tih parametara koriste se i u ovom istraživanju. S obzirom na to da determiniraju uspješnost izvedbe, od iznimne je važnosti znati što sve na njih može utjecati. Neka su istraživanja proučavala međusobnu povezanost kinematičkih parametara, ali niti jedan rad nije istraživao kako se kinematički parametri mijenjaju uzimajući umor u obzir. Te bi informacije u praksi bile vrlo korisne u povećanju kvalitete treninga. Omogućile bi uvid u segment skoka na koji umor negativno utječe, a s tim se saznanjem na treningu može dodatno raditi kako bi se utjecaj umora na navedeni segment umanjio. Samim time pozitivno se utječe na podizanje sportske forme što u konačnici rezultira boljim rezultatima, što i jest cilj svakog sportskog treninga i vrhunskog sporta.

Iz tog će se razloga u ovom istraživanju odrediti vrijednosti kinematičkih parametara odraza u skoku u vis kod vrhunskog skakača te odrediti kako na njih utječe umor.

## **2. Cilj istraživanja**

Cilj je ovog rada utvrditi utjecaj umora na pojedine kinematičke parametre u skoku u vis kod jednog vrhunskog skakača.



### 3. Hipoteze

Temeljem cilja ovog istraživanja definirane su sljedeće hipoteze.

$H_0$  : Ne postoji statistički značajan utjecaj umora na odabrane kinematičke parametre u skoku u vis

$H_1$  : Postoji statistički značajan utjecaj umora na odabrane kinematičke parametre u skoku u vis

## 4. Metode rada

### 4.1. Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika ovog istraživanja činio je jedan vrhunski hrvatski skakač u vis juniorske dobi. Ispitanik je osvajač medalja na prvenstvima Hrvatske u kategoriji mlađih juniora, juniora i mlađih seniora. Nastupao je za seniorsku reprezentaciju Hrvatske na Tromeču država CRO-SLO-SRB. U trenutku ispitivanja sudionikov osobni rekord iznosio je 195 centimetara što prema *World Athletics* tablicama iznosi 870 bodova.

### 4.2. Mjerni instrumenti

Za mjerenje antropometrijskih karakteristika koristili su se antropometar, kefalometar, centimetarska vrpca i kaliper. Navedeni se uređaji najčešće koriste za utvrđivanje antropometrijskih karakteristika sportaša.

Kao instrument za ispitivanje umora unutrašnjim pokazateljima koristio se *Wellness upitnik*. Ispitanik je umor ocjenjivao ocjenama od 1 do 5 koje su bile pridružene opisnim odgovorima. Upitnik je sadržavao pitanja o subjektivnoj procjeni umora, kvaliteti sna, mišićnoj boli, razini stresa te raspoloženju.

Volumen opterećenja tijekom testiranja praćen je putem ocjena percipiranog napora na skali od 1 do 10, gdje je ocjena 1 predstavljala minimalan napor, a ocjena 10 maksimalan napor te su ti podaci evidentirani u Excel tablicu. Kao pomoć u davanju ocjena poslužila je Borgova ljestvica subjektivne procjene opterećenja. Također, nakon svakog skoka ispitanik je ispunio i skraćenu verziju *Wellness upitnika* pridodajući svakom ispitivanom segmentu umora ocjenu od 1 do 5.

Kognitivni umor prije i nakon inicijalnog finalnog testiranja provjeravan je *Stroop testom*. *Stroop test* koristi se za utvrđivanje psihomotoričke brzine, a rezultat se izražava u sekundama (Bajaj i sur., 2013). Kao mjera kognitivnog umora koristila se aplikacija *Stroop test* (EncephalApp Stroop Test). Ispitanik je u mobilnoj aplikaciji STROOP u što kraćem vremenu trebao točno odgovoriti na 10 zadataka. Zadatak je bio odgovoriti koje je boje tekst riječi boja (crvena, zelena, plava). U slučaju pogreške, zadatak bi bio pokrenut ispočetka. Kao rezultat bilježio se broj sekundi potrebnih za rješavanje 10 zadataka.

Visina skoka CMJ-a koristila se za procjenu vanjskih parametara umora. Rezultati visine skoka CMJ-a mjereni su Gyko i Optogait uređajem. Gyko je 3-osni akcelerometar, žiroskop i magnetometar koji omogućava mjerenje ubrzanja do 16g i kutnih brzina do 2000°/s s akvizicijskom frekvencijom do 1000Hz. Uređaj omogućuje bežično slanje informacija prikupljenih tijekom testiranja u GykoRePower programu (MicroGate, 2015). Optogait je sustav opremljen optičkim sensorima koji rade na frekvenciji od 1000 Hz u sekundi i imaju točnost od jednog centimetra detektirajući prostorno vremenske parametre hoda, trčanja i skokova (OptoGait, 2007). U istraživanju je za mjerenje parametara CMJ-a korištena kombinacija ovih dvaju uređaja jer se tako dobiva bolji uvid u prostorno vremenske parametre skoka. Za potrebe ovog istraživanja bilježeni su parametri trajanja leta i visine skoka.

Za mjerenje odabranih kinematičkih parametara koristile su se 2 kamere. Jedna je kamera bila Logitech C920 podešena na rezoluciju 1080 piksela i 30 sličica u sekundi, dok je za drugu kameru poslužio smartphone uređaj Xiaomi Redmi Note 8 pro čija je kamera bila podešena na istu rezoluciju. Broj od 30 sličica u sekundi bio je najveći mogući na Logitech C920 kameri te je kamera na mobilnom uređaju podešena na jednak broj sličica u sekundi kako bi videozapisi bili standardizirani. Pouzdanost korištenja smartphone kamere u kombinaciji s Kinovea programom za analizu vertikalnog skoka u svome su istraživanju utvrdili Pueo i suradnici (2020). Za video analizu skokova korišten je program Kinovea (verzija 0.9.5.) i laptop Acer Aspire (ES1-571-C2NG 2957). Obzirom na prethodno iskustvo u radu s Kinovea programom, analizu je provela pristupnica ovog rada. Kalibracija je napravljena pomoću visine stalka tako da je unesena visina stalka za letvicu u program.

Za mjerenje kinematičkih parametara koristio se i Optogait uređaj kako bi se dobili precizniji podaci o trajanju kontakta. Optogait je sustav za optičku detekciju pokreta koji se sastoji od 2 ploče. Svaka od ploča ima 96 led dioda koje komuniciraju putem infracrvenih zraka, te jedna ploča ima ulogu transmitera, a druga primatelja. Uređaj radi tako da mjerenje započinje onda kada se presiječe snop led dioda između ploča te završava kada niti jedan snop više nije presječen (OptoGait, 2007).

### **4.3. Varijable**

U istraživanju su mjerene antropometrijske karakteristike ispitanika. Varijable i pripadajuće mjerne jedinice prikazane su u Tablici 1.

**Tablica 1***Antropometrijske varijable*

<b>Skraćenica</b>	<b>Varijabla</b>	<b>Mjerna jedinica</b>
<b>AVTM</b>	tjelesna masa	kg
<b>ATVT</b>	visina tijela	cm
<b>ATVS</b>	sjedeća visina	cm
<b>ATDN</b>	dužina noge	cm
<b>ATDNK</b>	dužina natkoljenice	cm
<b>ATDPK</b>	dužina potkoljenice	cm
<b>ATDR</b>	dužina ruke	cm
<b>ATDNL</b>	dužina nadlaktice	cm
<b>ATDPL</b>	dužina podlaktice	cm
<b>ATTR</b>	raspon ruku	cm
<b>ATDŠ</b>	dužina šake	cm
<b>ATDS</b>	dužina stopala	cm
<b>ATBR</b>	biakromijalni raspon	cm
<b>ATBSR</b>	bikristalni raspon	cm
<b>ATDL</b>	dijametar lakta	cm
<b>ATDRZ</b>	dijametar ručnog zgloba	cm
<b>ATDK</b>	dijametar koljena	cm
<b>ATDSZ</b>	dijametar skočnog zgloba	cm
<b>ATDŠ</b>	dijametar šake	cm
<b>ATDS</b>	dijametar stopala	cm
<b>ATTDG</b>	transverzalni dijametar glave	cm
<b>ATSDG</b>	sagitalni dijametar glave	cm
<b>ATTDPK</b>	transverzalni dijametar prsnog koša	cm
<b>ATSDPK</b>	sagitalni dijametar prsnog koša	cm
<b>AVOPK</b>	opseg prsnog koša	cm
<b>AVOT1</b>	opseg trbuha 1	cm
<b>AVOT2</b>	opseg trbuha 2	cm
<b>AVONLO</b>	opseg nadlaktice (opružene)	cm
<b>AVONLF</b>	opseg nadlaktice (fleksija i kontrakcija)	cm
<b>AVOPL</b>	opseg podlaktice	cm
<b>AVONK</b>	opseg natkoljenice	cm
<b>AVOPK</b>	opseg potkoljenice	cm
<b>AVOG</b>	opseg glave	cm
<b>ANND</b>	kožni nabor nadlaktice	mm
<b>ANL</b>	kožni nabor leđa	mm
<b>ANT1</b>	kožni nabor trbuha 1	mm
<b>ANT2</b>	kožni nabor trbuha 2	mm
<b>ASK</b>	suprailiokristalni kožni nabor	mm
<b>ANP</b>	kožni nabor prsa	mm

<b>ANSP</b>	suprapatelarni kožni nabor	mm
<b>ANPK</b>	kožni nabor potkoljenice	mm
<b>ANPL</b>	kožni nabor podlaktice	mm
<b>ANŠ</b>	kožni nabor šake	mm
<b>BMI</b>	indeks tjelesne mase	

---

Procjena umora unutrašnjim pokazateljima prije i nakon skakanja praćena je *Wellness upitnikom*. Upitnikom su ispitane sljedeće varijable: subjektivna procjena umora, kvaliteta sna, mišićna bol, razina stresa te raspoloženje.

Za subjektivnu procjenu volumena opterećenja koristio se sRPE upitnik kojim se dobiva uvid u unutarnje parametre umora. U upitniku je ispitanik subjektivnoj procjeni stanja umora davao ocjene od 1 do 10. Za procjenu kognitivnog umora u ovom istraživanju koristio se *Stroop* test u kojem je ispitanik rješavao zadatke te se kao rezultat upisivalo vrijeme potrebno za rješavanje 10 zadataka.

Za utvrđivanje umora prije i nakon testiranja korišten je CMJ koji spada u vanjske pokazatelje umora. CMJ se pokazao kao dobar test za procjenu neuromuskularnog statusa. Kod testiranja CMJ-a koristi se nekoliko parametara za procjenu umora od kojih se visina skoka pokazala najpouzdanijom (Claudino i sur., 2017). CMJ kao kontrolu mišićnog umora kod različitih trening programa u svome su istraživanju koristili i Maté-Muñoz i suradnici (2017). U meta analizi koju su proveli Hader i suradnici (2019), CMJ je također naveden kao često korišten i pouzdan pokazatelj mišićnog umora nakon nastupa. S obzirom na posebnosti skoka u vis kao sporta i različite zahtjeve dominantne i nedominantne noge tijekom izvedbe, za potrebe ovog istraživanja koristio se i jednonožni CMJ. Razlike u izvedbi između dominantne i nedominantne noge kod disciplina skokova u atletici utvrdili su Kutáč i Uchytíl (2018). Oni su utvrdili kako postoji značajna razlika u volumenu opterećenja između dominantne i nedominantne noge tijekom faze odraza. U istraživanju su zato ispitane varijable CMJT za trajanje duljine leta skoka te CMJH za visinu skoka. Za unilateralne skokove lijevom i desnom nogom, nakon kratice CMJ dodan je nastavak D za desnu nogu i L za lijevu nogu.

Za potrebe istraživanja odabrano je 9 kinematičkih parametara skoka u vis. Kinematički parametri koji su se mjerili prikazani su u Tablici 2.

## Tablica 2

*Odabrani kinematički parametri sa skraćenicama i pripadajućom mjernom jedinicom*

Skraćenica	Varijabla	Mjerna jedinica
TK	Trajanje kontakta	ms
MO	Mjesto odraza u odnosu na strunjaču	cm
AMK1	Kut koljena na punom stopalu početak	°
AMK2	Kut koljena na punom stopalu kraj	°
AMK	Amortizacija koljeno	°
KKPO	Kut koljeno podloga početak odraza	°
KKKO	Kut koljeno podloga kraj odraza	°
NTPO	Nagib tijela početak odraza	°
NTKO	Nagib tijela kraj odraza	°

TK se mjerio uređajem Optogait te je rezultat izražen u milisekundama, dok je MO mjereno na način da je izmjerena najmanja udaljenost od vrha stopala do strunjače. Način mjerenja prikazan je na Slici 1.

## Slika 1

*Udaljenost vrha stopala od strunjače*



AMK1 mjerio se na način da se u programu Kinovea odabrala prva sličica u kojoj je ispitanik cijelim stopalom dodirivao podlogu. Zatim je u navedenom programu mjerena veličina kuta čiji su vrhovi bili *malleolus lateralis*, *condylus lateralis femoris* te *trochanter major*.

AMK2 mjerio se tako da se u programu Kinovea odabrala posljednja sličica u kojoj je ispitanik cijelim stopalom dodirivao podlogu. Zatim je u navedenom programu mjerena veličina kuta čiji su vrhovi bili *malleolus lateralis*, *condylus lateralis femoris* te *trochanter major*. Način izračuna navedenih varijabli prikazan je na Slici 2.

## Slika 2

### Amortizacija koljena



Vrijednost varijable AMK dobila se na način da je izračunata razlika između varijabli AMK1 i AMK2.

KKPO je izračunat tako da se u programu Kinovea izračunao kut između potkoljenice i podloge. Središte kuta činio je *tarsus*, a vrh je činila *patella*. Drugi krak kuta bio je paralelan s podlogom.

Vrijednost varijable KKKO izračunata je na način da se u programu Kinovea izračunao kut između potkoljenice i podloge. Središte kuta činio je *tarsus*, a vrh je činila *patella*. Drugi krak kuta bio je paralelan s podlogom. Prikaz načina mjerenja varijabli KKPO i KKKO nalazi se na Slici 3.

### Slika 3

*Kut koljeno-podloga na početku i na kraju odraza*



NTPO se izračunao pomoću kuta između podloge i pravca koji je spajao *tarsus* i *nasale* na slicici gdje je stopalo imalo prvi kontakt s podlogom

NTKO se izračunao pomoću kuta između podloge i pravca koji je spajao anteriorni dio *talocruralisa* i nos u trenutku kada je stopalo imalo zadnji kontakt s podlogom. Način mjerenja varijabli NTPO i NTKO prikazan je na Slici 4.

### Slika 4.

*Kut tijela na početku i na kraju odraza*



## 4.4. Opis protokola testiranja

### 4.4.1. Inicijalno testiranje

Mjerenja su se provodila na više lokacija. Antropometrijska mjerenja provedena su na Kineziološkom fakultetu Osijek dan prije testiranja, a proveli su ih mjeritelji s dugogodišnjim iskustvom u provođenju antropometrijskih testova, sudionici izrade ovog diplomskog rada. Inicijalno testiranje provedeno je 10 dana prije važnog natjecanja, dan nakon odmora kako bi ispitanik bio u dobroj formi i odmoran za testiranje. Ispitanik je po dolasku u dvoranu upoznat s protokolom testiranja. Proveden je standardni protokol zagrijavanja.



#### **4.4.1.1. Testovi utvrđivanja unutrašnjih pokazatelja umora**

Ispitanik je nakon uobičajenog protokola zagrijavanja riješio *Wellness* upitnik o subjektivnoj procjeni razine umora. Po završetku skokova, ponovno je riješio *Wellness* upitnik. Potom je uslijedilo rješavanje *Stroop* testa s kojim je bio upoznat prije početka ispitivanja. Vrijeme rješavanja testa upisano je u tablicu, kao i broj pogrešaka. Postupak je ponovljen nakon završetka skakačkog treninga. Po izvedbi svakog skoka u vis, ispitanik je ispunjavao skraćenu verziju *Wellness* upitnika te sRPE kao povratnu informaciju o trenutnom stanju umora.

#### **4.4.1.2. Testovi utvrđivanja vanjskih pokazatelja umora**

Nakon rješavanja upitnika ispitanik je upoznat s testiranjem CMJ-a. Na tlo su postavljane ploče *Optogait* uređaja na razmaku od 1 metra. Ispitaniku je na leđa postavljen prsluk nastavak *Gyko* uređaja, a zatim je na prsluk pričvršćen uređaj. Uređaj je postavljen u ravnini s C7 kralješkom. Kralježak C7 odabran je jer je utvrđeno kako je to stabilna točka tijela koja je primjerena za mjerenje parametara skokova. U istraživanju koje su proveli Brownjohn i suradnici (2017) utvrđena je visoka razina povezanosti rezultata mjerenja visine skoka između platforme za mjerenje sile koja je zlatni standard i mjerenja rezultata koristeći kralježak C7 kao marker točku.

Mjeritelj je ispitaniku demonstrirao skokove koje treba izvesti. Ispitanik je stao unutar *Optogait* ploča te je na zvučni signal izveo sunožni CMJ. Test je ponovljen 3 puta tako da je odmor trajao do trenutka kada se ispitanik osjeća spremnim da izvede sljedeći maksimalni skok. Nakon toga, ispitaniku je demonstriran unilateralni CMJ. Ispitanik je stao unutar *Optogait* ploča te je na zvučni signal izveo unilateralni CMJ. Napravio je prvo 3 skoka desnom nogom, a zatim je isti protokol ponovljen lijevom nogom. Odmor između unilateralnih skokova bio je nekoliko sekundi, odnosno onoliko koliko je ispitaniku bilo potrebno da bude spreman izvesti maksimalan skok. Odmor između serija trajao je 30-ak sekundi do jedne minute dok se ispitaniku demonstrirala željena izvedba skoka. Rezultati visine skoka i trajanja leta uneseni su u Excel tablicu.

#### **4.4.1.3. Mjerenje kinematičkih parametara**

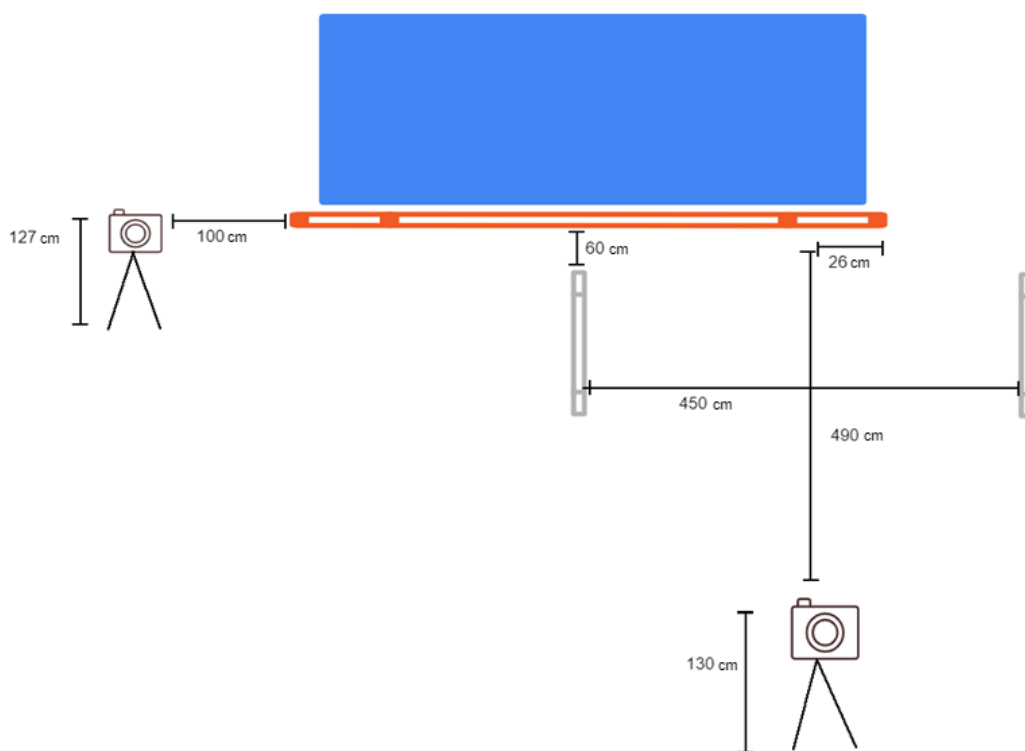
Mjerenje kinematičkih parametara provedeno je u atletskom tunelu dvorane Gradski vrt, na skakalištu za skok u vis. Sva oprema uključujući strunjaču, letvicu i stalke certificirana je za provedbu natjecanja. Kinematički parametri mjerili su se pomoću 2 kamere i uz pomoć

korištenja programa Kinovea. Kamera 1 bila je u ravni s desnim stalkom i udaljena od njega 100 cm desno. Kamera je bila postavljena na visini od 127 centimetara. Kamera 2 bila je postavljena 26 centimetara lijevo i 490 centimetara unatrag od desnog stalka. Visina kamere bila je 130 centimetara. Obje kamere su postavljene tako da snimaju posljednji korak zaleta te odraz.

Letve Optogait uređaja bile su postavljene 60 centimetara od strunjače. Tako postavljene ploče omogućuju snimanje odraza, a da pri tome ispitanik ne ulazi između njih posljednjim korakom. Ploče su međusobno bile udaljene 450 centimetara. Pozicije skakališta, kamera i Optogait uređaja prikazani su na Slici 5.

### Slika 5.

*Pozicija skakališta, kamera i Optogait uređaja*



Ispitanik je izvodio skokove u vis na visini od 180 centimetara. Visina od 180 centimetara odabrana je uz konzultacije s trenericom jer je to visina koja je dovoljno visoka da je za ispitanika dovoljno zahtjevna, a dovoljno niska da na njoj može izvesti velik broj skokova i u stanju umora. Također, s obzirom na to da je prvo testiranje provedeno 10 dana prije važnog natjecanja, ova visina je takva da na njoj ispitanik može napraviti velik broj skokova bez da

dolazi do velikog umora ili potencijalnih ozljeda koje bi mogle smanjiti uspjeh na idućem natjecanju. Visina je prikladna jer na njoj ispitanik može izvoditi skokove i nakon natjecanja i stanja velikog umora bez straha od ozljede.

Ispitanik je skokove izvodio do stanja umora veličine kada se više nije osjećao ugodno nastaviti skakati. U tom se trenutku skakanje prekinulo.

#### **4.4.2. Finalno testiranje**

Finalno istraživanje planirano je nakon nastupa na dvodnevnom natjecanju na kojem je ispitanik sudjelovao na 4 discipline. Dvanaest sati po završetku natjecanja, proveden je protokol jednak inicijalnom testiranju.

#### **4.5. Statistička obrada podataka**

Rezultati testova za procjenu umora koji su provedeni prije i nakon inicijalnog i finalnog testiranja iskazani su brojačano u postocima. Razlike u rezultatima *Wellness testa* dobivene su tako da su se zbrojili rezultati svakog pojedinačnog testa te su razlike između inicijalnog i finalnog testiranja iskazane u postocima. Razlike u rezultatima CMJ-a dobivene su na jednak način. Rezultati *Stroop* testa koji se koristio za procjenu mentalnog umora izračunati su jednakim postupkom.

Rezultati dobiveni programom uneseni su u Excel tablicu. Za analizu dobivenih rezultata koristio se program Tibco Statistica Enterprise (verzija 14.0.1.25).

Zbog malog uzorka za deskriptivne parametre korišteni su medijan (MED), donji kvartil (Q25) i gornji kvartil (Q75). Za utvrđivanje razlika među varijablama s homogenim varijancama korišten je Wilcoxon matched pairs test, dok je za varijable s heterogenim varijancama korišten Medijan test.

Zbog malog broja uzoraka, povezanost kinematičkih parametara s parametrima umora testirana je Spearmanovim testom korelacije. Razina povezanosti interpretirana je prema Schober i suradnici (2018): zanemariva povezanost (0,00 – 0.10), slaba povezanost (0.10 – 0.39), umjerena povezanost (0.40 – 0.69), snažna povezanost (0.70 – 0.89), vrlo snažna povezanost (0.90 – 1.00). Statistička razina značajnosti postavljena je na  $p < 0.05$ .

## 5. Rezultati

### 5.1. Antropometrijske karakteristike

Mjerenjem su dobiveni rezultati antropometrijskih karakteristika ispitanika. One su važne jer se njima dobiva uvid u tjelesne karakteristike ispitanika koje su također bitne kod uspješnosti skoka u vis. Rezultati mogu poslužiti kao primjer za selekciju sportaša ove dobi za disciplinu skoka u vis. Rezultati su prikazani u Tablici 3.

**Tablica 3**

*Rezultati antropometrijskih testova*

Varijabla	Rezultat	Varijabla	Rezultat	Varijabla	Rezultat	Varijabla	Rezultat
AVTM	67	ATDS	28	ATDPPK	29,9	ANND	5,0
ATVT	192	ATBR	43,1	ATSDPK	19,2	ANL	7,3
ATVS	93	ATBSR	28,6	AVOPK	78,7	ANT 1	5,7
ATDN	117,3	ATDL	7,1	AVOT1	68,1	ANT2	5,7
ATDNK	57,6	ATDRZ	5,7	AVOT2	66,4	ASK	4,9
ATDPK	48,7	ATDK	9,7	AVONLO	23,9	ANP	4,0
ATDR	87,8	ATDSZ	6,8	AVONLF	25,9	ANSP	6,9
ATDNL	36,4	ATDŠ	8,4	AVOPL	20,9	ANPK	6,9
ATDPL	29,8	ATDS	9,6	AVONK	47,7	ANPL	3,9
ATRR	198,7	ATTDG	14	AVOPK	34,4	ANŠ	2,8
ATDŠ	25	ATSDG	19,3	AVOG	53,5	BMI	18,2

### 5.2. Deskriptivna statistika

Za varijable umora i kinematičke parametre utvrđene su vrijednosti medijana te donji i gornji kvartil. Shapiro Wilk W testom utvrđena je normalnost distribucije svih parametara umora dok je kod kinematičkih parametara normalna distribucija utvrđena kod varijable AMK2. Vrijednosti medijana te donjeg i gornjeg kvartila utvrđene su posebno i za inicijalno i finalno testiranje, te uspješne i neuspješne skokove. Rezultati deskriptivne statistike prikazani su u Tablici 4.

**Tablica 4**

*Deskriptivna statistika i razlike između testiranja*

	UKUP	INC	FIN	INC/ FIN	US	NEUS	US/ NEUS	
	MED (Q25-Q75)	MED (Q25-Q75)	MED (Q25-Q75)	p	MED (Q25-Q75)	MED (Q25-Q75)	p	
<b>UMOR</b>	VAR	7,00 (5,00-10,00)	5,00 (4,00-7,00)	10,00 (10,00-10,00)	<b>0,00*</b>	5,00 (5,00-6,00)	10,00 (10,00-10,00)	<b>0,00*</b>
	UM	5,00 (4,00-5,00)	4,00 (4,00-5,00)	5,00 (5,00-5,00)	1,00*	4,50 (4,50-5,00)	5,00 (5,00-5,00)	0,07
	MB	4,00 (4,00-5,00)	4,00 (3,00-4,00)	5,00 (5,00-5,00)	<b>0,00*</b>	4,00 (4,00-4,00)	5,00 (5,00-5,00)	<b>0,01</b>
	RS	4,00 (3,00-5,00)	3,00 (3,00-3,00)	5,00 (5,00-5,00)	<b>0,00*</b>	3,00 (3,00-3,00)	5,00 (5,00-5,00)	1*
	RAS	1,00 (1,00-3,00)	1,00 (1,00-1,00)	3,00 (3,00-3,00)	<b>0,00*</b>	1,00 (1,00-1,00)	3,00 (3,00-3,00)	<b>0,00*</b>
	TK	0,20 (0,18-0,21)	0,20 (0,18-0,20)	0,20 (0,18-0,21)	0,48	0,20 (0,18-0,21)	0,20 (0,18-0,21)	0,67
	KKPO	65,20 (61,60-69,40)	63,40 (61,10-65,20)	69,75 (67,95-72,95)	<b>0,01</b>	62,50 (60,60-65,15)	68,20 (64,70-72,80)	<b>0,01</b>
<b>KINEMATIKA</b>	KKKO	84,60 (82,90-87,30)	83,50 (82,90-85,00)	87,10 (84,65-88,75)	<b>0,05</b>	83,20 (82,75-83,55)	86,90 (84,60-87,50)	<b>0,05</b>
	NTPO	69,40 (67,60-73,20)	67,80 (67,10-69,30)	73,60 (72,55-74,55)	<b>0,01</b>	67,60 (66,65-68,55)	73,20 (69,90-74,50)	<b>0,01</b>
	NTKO	93,60 (91,10-94,50)	92,90 (90,00-93,60)	95,15 (94,35-96,75)	<b>0,03</b>	93,20 (89,80-93,65)	94,50 (91,80-96,70)	0,10*
	US	90,73 (84,92-94,15)	89,76 (87,16-93,34)	91,96 (81,67-95,01)	0,78	90,58 (89,42-92,69)	90,73 (82,45-95,63)	0,78
	AMK1	148,70 (146,30-154,20)	146,40 (144,80-149,80)	154,90 (150,30-157,30)	<b>0,05</b>	146,50 (143,05-148,85)	153,20 (146,40-157,30)	<b>0,04</b>
	AMK2	134,40 (132,00-137,50)	133,70 (131,00-136,00)	137,15 (134,40-140,40)	0,12	133,85 (127,35-135,35)	136,80 (132,00-139,40)	0,12
	AMK	15,10 (12-21,20)	13,50 (12,40-15,30)	20,00 (11,15-23,40)	<b>0,01</b>	12,95 (11,60-15,20)	16,40 (12,00-21,50)	0,26

Legenda: \* - Rezultati Median testa, p-rezultat Wilcoxonovog testa ( $p < 0,05$ ), UKUP-svi skokovi, INC-inicijalno testiranje, FIN-finalno testiranje, INC/FIN-razlika između inicijalnog i finalnog testiranja, US-uspješni skokovi, NEUS-neuspješni skokovi, US/NEUS-razlika između uspješnih i neuspješnih skokova

### 5.3. Razlike u parametrima početnog i krajnjeg stanja umora kod finalnog i inicijalnog testiranja

Obradom podataka testova za procjenu mišićnog i kognitivnog umora utvrđeno je smanjenje rezultata skokova, odnosno povećanje razine umora nakon ispitivanja kod inicijalnog i finalnog testiranja. Rezultati su prikazani u Tablici 5.

**Tablica 5***Rezultati testova za procjenu umora prije i nakon testiranja*

	<b>CMJT</b>	<b>CMJH</b>	<b>CMJTL</b>	<b>CMJHL</b>	<b>CMJTD</b>	<b>CMJHD</b>	<b>STROOP</b>
<b>INC1/FIN1</b>	-5,04	-9,82	-6,45	-12,4	-9,99	-19,05	-2,6
<b>INC2/FIN2</b>	-7,6	-14,61	-6,99	-13,41	-13,58	-25,15	+8,49
<b>INC/FIN</b>	-3,39	-6,53	-8,93	-17,03	-11,55	-21,54	+0,22

Legenda: CMJT-vrijeme leta sunožnog CMJ; CMJH-visina skoka sunožnog CMJ; CMJTL-vrijeme leta CMJ lijevom nogom; CMJHL-vrijeme leta CMJ lijevom nogom; CMJHD-vrijeme leta CMJ desnom nogom, CMJHD-visina CMJ desnom nogom, STROOP-rezultat *Stroop* testa; INC1/FIN1-razlike kod inicijalnog testiranja; INC2/FIN2-razlike kod finalnog testiranja; INC/FIN-razlike između aritmetičkih sredina rezultata inicijalnog i finalnog testiranja; „-“ smanjenje u odnosu na inicijalno testiranje; „+“ povećanje u odnosu na inicijalno testiranje

Utvrđene su razlike u rezultatima nekih parametara *Wellness testa* prije i nakon inicijalnog, odnosno finalnog testiranja te su rezultati izraženi u postocima. Rezultati su prikazani u Tablici 6.

**Tablica 6***Rezultati Wellness testa*

	<b>UM</b>	<b>KS</b>	<b>MB</b>	<b>RS</b>	<b>RAS</b>	<b>ZB</b>	<b>STROOP</b>
<b>INC1/FIN1</b>	100	0	0	-33,33	0		-2,6
<b>INC2/FIN2</b>	0	0	0	0	0		+8,49
<b>INC/FIN</b>	66,66	100	25	0	200	100	+0,22

Legenda: INC1/FIN1-razlike kod inicijalnog testiranja; INC2/FIN2-razlike kod finalnog testiranja; INC/FIN-razlike između inicijalnog i finalnog testiranja; ZB-zbroj svih vrijednosti *Wellnessa*

#### **5.4. Razlike u parametrima umora i kinematičkim parametrima između inicijalnog i finalnog testiranja**

Za varijable umora kod inicijalnog i finalnog testiranja utvrđena je heterogenost varijanci te je Medijan testom utvrđena statistički značajna razlika između varijabli SRPe ( $p=0,00$ ), MB ( $p=0,00$ ), RS ( $p=0,00$ ) i RAS ( $p=0,00$ ). Rezultati su prikazani u Tablici 4, a razlike između inicijalnog i finalnog testiranja za varijablu sRPE prikazane su grafički u Prilogu 3.

Utvrđena je homogenost varijanci kinematičkih parametara te je Wilcoxonov rank testom utvrđeno kako postoji statistički značajna razlika kod varijabli KKPO ( $p=0,01$ ), KKKO ( $p=0,05$ ), NTPO ( $p=0,01$ ), NTKO ( $p=0,03$ ), AMK1 ( $p=0,05$ ) i AMK ( $p=0,01$ ). Rezultati su prikazani u tablici, a razlike između nekih parametara prikazane su grafički u Prilozima 4-7.

### **5.5. Razlike rezultata umora i kinematičkih parametara između uspješnih i neuspješnih skokova**

Razlike u parametrima umora i kinematičkim parametrima između uspješnih i neuspješnih skokova za varijable koje su imale homogene varijance utvrđene su Wilcoxonov rank testom. Kod parametara umora utvrđena je statistički značajna razlika varijable MB ( $p=0,00$ ). Kinematički parametri kod kojih je utvrđena statistički značajna razlika između uspješnih i neuspješnih skokova su KKPO ( $p=0,01$ ), KKKO ( $p=0,05$ ), NTPO ( $p=0,01$ ) i AMK1 ( $p=0,04$ ). Razlike između varijabli s heterogenim varijancama utvrđene su Medijan testom te su rezultati pokazali statistički značajnu razliku kod varijabli SRPe ( $p=0,00$ ) i RAS ( $p=0,00$ ). Rezultati su prikazani u Tablici 4, a razlike između nekih varijabli prikazane su grafički u Prilozima 8-12.

### **5.6. Povezanost parametara umora s kinematičkim parametrima**

Spearmanovim testom korelacije utvrđena je statistički značajna povezanost nekih parametara umora s pojedinim kinematičkim parametrima. Rezultati Spearmanovog testa prikazani su u Tablici 7.

**Tablica 7**

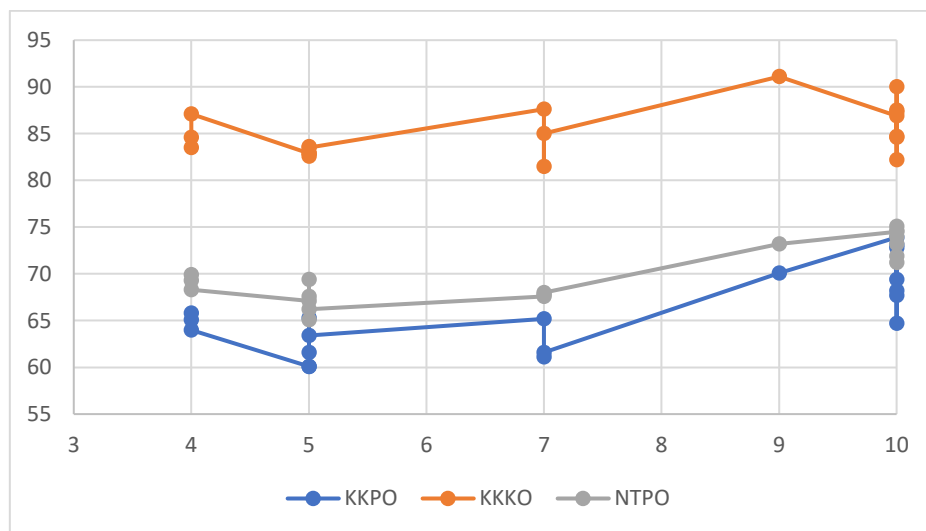
*Rezultati Spearmanovog testa korelacije*

		SKOK	sRPE	UM	MB	RS	RAS
TK	p	0,81	0,09	0,45	0,44	0,86	0,78
	Spearman R	0,06	0,72	0,19	0,19	0,04	0,07
KKPO	p	0,14	<b>0,01</b>	<b>0,03</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
	Spearman R	-0,35	<b>0,61</b>	<b>0,51</b>	<b>0,67</b>	<b>0,80</b>	<b>0,78</b>
KKKO	p	0,56	0,13	0,12	0,10	<b>0,02</b>	<b>0,05</b>
	Spearman R	-0,14	0,36	0,37	0,39	<b>0,52</b>	<b>0,46</b>
NTPO	p	0,15	<b>0,00</b>	<b>0,03</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
	Spearman R	-0,34	<b>0,69</b>	<b>0,49</b>	<b>0,72</b>	<b>0,89</b>	<b>0,86</b>
NTKO	p	0,25	<b>0,01</b>	0,09	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
	Spearman R	-0,28	<b>0,60</b>	0,40	<b>0,65</b>	<b>0,67</b>	<b>0,72</b>
US	p	0,51	0,72	0,74	0,81	0,82	0,87
	Spearman R	-0,16	0,09	0,08	0,06	-0,06	0,04
AMK1	p	<b>0,04</b>	0,08	0,58	<b>0,03</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>
	Spearman R	<b>-0,47</b>	0,41	0,13	<b>0,50</b>	<b>0,64</b>	<b>0,61</b>
AMK2	p	0,23	0,36	0,47	0,25	0,08	0,07
	Spearman R	-0,29	0,22	0,18	0,28	0,42	0,43
AMK	p	0,46	0,47	0,67	0,41	0,26	0,38
	Spearman R	-0,18	0,18	-0,10	0,20	0,27	0,21

Testom je uvrđena umjerena povezanost sRPE-a s KKPO ( $r=0,61$ ,  $p=0,01$ ), NTPO ( $r=0,69$ ,  $p=0,00$ ) te NTKO ( $r=0,60$ ,  $p=0,01$ ). Grafički prikaz ovisnosti navedenih kinematičkih parametara sa sRPE-om prikazan je na Grafu 1.

**Graf 1**

*Ovisnost nekih kinematičkih parametara o sRPE-u*

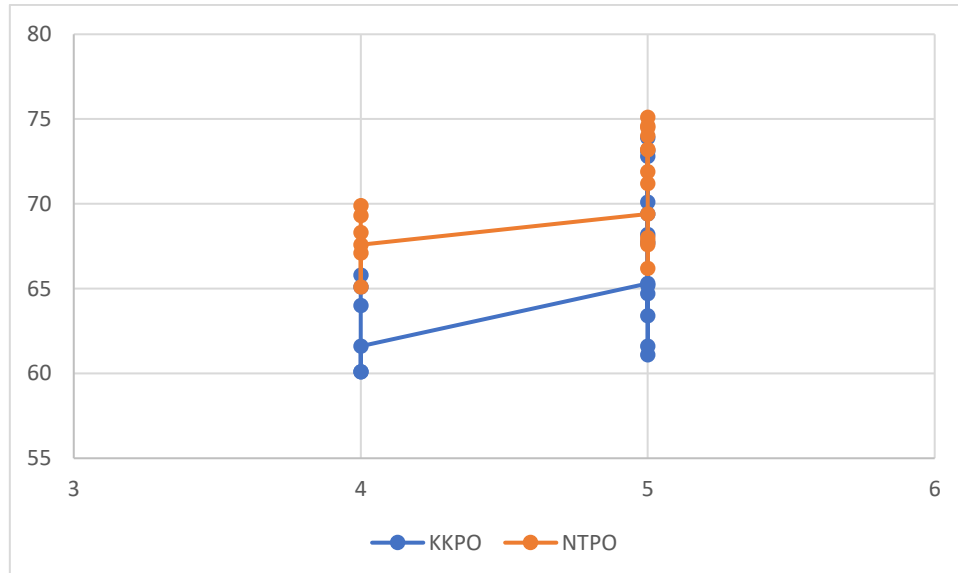




Utvrđena je umjerena povezanost varijable UM s varijablama KKPO ( $r=0,51$ ,  $p=0,03$ ) i NTPO ( $r=0,49$ ,  $p=0,03$ ). Ovisnost je prikazana na Grafu 2.

**Graf 2.**

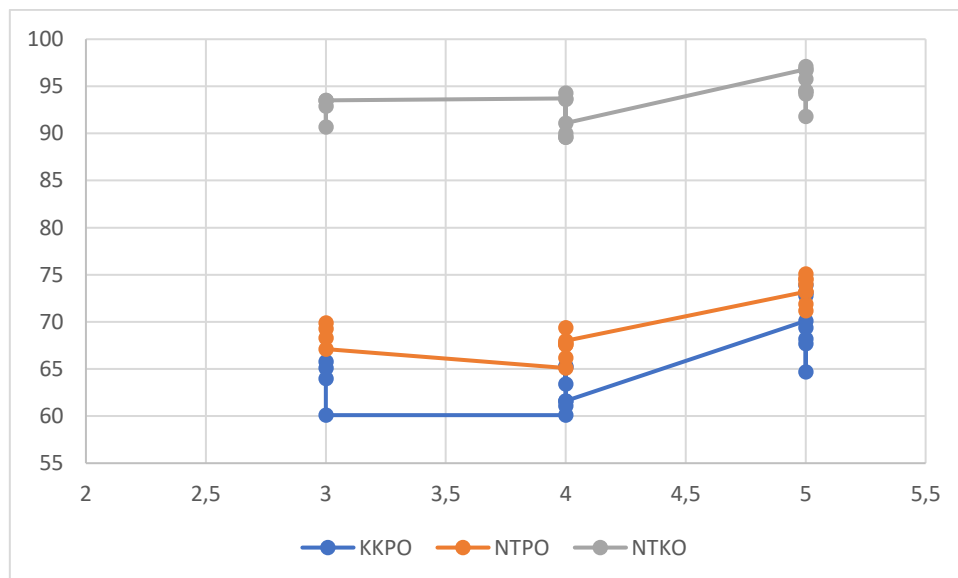
*Povezanost umora s kinematičkim parametrima*



Kod varijable MB utvrđena je umjerena povezanost s varijablama KKPO ( $r=0,67$ ,  $p=0,00$ ), NTKO ( $r=0,65$ ,  $p=0,00$ ) i AMK1 ( $r=0,50$ ,  $p=0,03$ ) te snažna povezanost s varijablom NTPO ( $r=0,72$ ,  $p=0,00$ ). Povezanost je prikazana na Grafu 3.

**Graf 3**

*Povezanost mišićne boli s kinematičkim parametrima*



Za varijabu RS utvrđena je snažna povezanost s KKPO ( $r=0,80$ ,  $p=0,00$ ) i NTPO ( $r=0,89$ ,  $p=0,00$ ) te umjerena povezanost s KKKO ( $r=0,52$ ,  $p=0,02$ ), NTKO ( $r=0,67$ ,  $p=0,00$ ) i AMK1 ( $r=0,64$ ,  $p=0,00$ ). Za RAS je utvrđena snažna povezanost s KKPO ( $r=0,78$ ,  $p=0,00$ ), NTPO ( $r=0,86$ ,  $p=0,00$ ) i NTKO ( $r=0,72$ ,  $p=0,00$ ), dok je umjerena povezanost utvrđena s KKKO ( $r=0,46$ ,  $p=0,05$ ) i AMK1 ( $r=0,61$ ,  $p=0,01$ ).

## 6. Rasprava

### 6.1. Prosječne vrijednosti kinematičkih parametara

Prosječno vrijeme trajanja kontakta tijekom oba testiranja iznosilo je 0,200 sekundi, uz standardnu devijaciju od 0,02 sekunde. Te su vrijednosti nešto više od onih kod vrhunskih skakača u vis čije je prosječno trajanje kontakta prilikom odraza 0,185 s (Dapena i Chung, 1988). Potencijalan razlog više vrijednosti, odnosno duljeg trajanja kontakta kod ispitanika ovog istraživanja je niža razina sposobnosti u odnosu na ispitanike istraživanja koje su proveli Dapena i Chung. Njihovi su ispitanici skokove izvodili na prosječnoj visini od 204 centimetra što je svakako više od ispitanika ovog istraživanja. Preporuka bi bila provesti istraživanje na različitim visinama te uvidjeti postoji li povezanost visine skoka s trajanjem odraza.

Kut koljeno-podloga na početku odraza iznosio je u prosjeku  $65,96^\circ$  uz standardnu devijaciju od  $4,36^\circ$ . Ovaj kut vrlo je važan parametar kod skoka u vis te se u literaturi navodi kao kut postavljanja te se računa kao kut postavljanja koljena u odnosu na vertikalnu i tada u idealnim uvjetima iznosi  $34^\circ$  (Greig i Yeadon, 2000). S obzirom na to kako je u ovom istraživanju za kut koljeno-podloga na početku odraza izračunat kut koljena u odnosu na podlogu, jednostavnom računom ove se vrijednosti mogu izjednačiti tako da se od  $90^\circ$  oduzme dobiveni kut te tada dobivamo podatke o iznosu kuta s druge strane pravca. Imajući navedenu računnicu u vidu, idealan kut bi iznosio  $56^\circ$  u odnosu na podlogu. Navedene idealne vrijednosti izračunate su za pojedinačnog atletičara, tako da bi bilo poželjno za ispitanika longitudinalnim istraživanjem utvrditi idealnu kombinaciju parametara za najefikasniju izvedbu skoka u vis. Varijacije kuta su moguće te iznos ove varijable kao i ostalih kod skoka u vis ovisi o mnogim drugim čimbenicima (Dapena i Chung, 1988). Navedeni autori u svome su istraživanju utvrdili kako je prosječan kut postavljanja stopala kod vrhunskih skakača u vis bio  $47^\circ$  u odnosu na vertikalnu, odnosno  $43^\circ$  u odnosu na podlogu. Svoje su istraživanje proveli na većem broju skakača tako da je moguća razlika između navedenih istraživanja u tome što su ispitanici imali različite načine skakanja. Navedeno ide u prilog tezi da kut može varirati, no i dalje je vrlo važna karakteristika u uspješnosti skoka u vis, posebice u kombinaciji s drugim parametrima.

Još jedan od važnih parametara koji se navode u literaturi jest i kut koljena. Prema istraživanju Greig i Yeadon (2000), poželjno je da je noga što više ispružena prilikom prvog kontakta s podlogom što bi značilo da je poželjno i da kut koljena bude što bliže kutu od  $180^\circ$ .

U ovom istraživanju kut koljena kod ispitanika na početku odraza iznosio je u prosjeku  $149,67^\circ$  uz standardnu devijaciju od  $6,27^\circ$ . Taj je kut manji od onog kojeg su kao idealnog izračunali Greig i Yeadon (2000). U njihovom istraživanju idealan kut bio je  $170,1^\circ$ . No, važno je napomenuti kako je taj kut izračunat kao parametar za visinu od 211 cm, stoga se odstupanje od idealnog ne treba nužno uzeti kao pogreška. Prosječnu vrijednost kuta koljena na početku odraza za jednog vrhunskog skakača promatrali su i Čoh i Supej (2007) te su utvrdili prosječnu vrijednost kuta od  $162,8^\circ$ .

Faza amortizacije u literaturi navodi se kao vrlo važan segment u izvedbi skoka u vis te je iz navedenog razloga često predmet istraživanja (Langer i Langerova, 2008). Kut koljena na kraju odraza često se u literaturi spominje i kao kut amortizacije ili najmanji kut koljena. Kod ispitanika taj je kut u prosjeku iznosio  $133,79^\circ$  uz standardnu devijaciju od  $6,16^\circ$ . U istraživanju koje su proveli Čoh i Supej (2007) na jednom vrhunskom skakaču u vis na visinama od 200 do 225 centimetara taj je kut u prosjeku iznosio  $141,6^\circ$ . Ovaj kut ima veliku važnost zato što s prevelikim smanjenjem kuta dolazi do jače amortizacije te onda skakač treba generirati veću silu kako bi uspješno izveo skok. Također, faza amortizacije je faza kada se gubi najviše brzine, te ako se njezino trajanje dodatno nepotrebno produži dolazi do većeg gubitka brzine od očekivanog, odnosno horizontalna brzina se ne translacija u vertikalnu što se može očitovati kroz lošiju izvedbu skoka (Čoh i Supej, 2007).

Amortizacija je analizirana i kroz kut amortizacije, odnosno vrijednost dobivenu oduzimanjem kuta koljena na kraju odraza od kuta koljena na početku odraza. Na taj način dobile su se vrijednosti promjene kuta tijekom odraza. One su u prosjeku iznosile  $15,88^\circ$  uz standardnu devijaciju od  $5,90^\circ$ . Kod ove varijable primijećena je velika razlika između najviše i najniže izmjerene vrijednosti. Najniža izmjerena vrijednost bila je  $6,90^\circ$  dok je najviša iznosila  $26,80^\circ$ . Mogući razlog ovako velikim razlikama između krajnjih vrijednosti može biti taj što je za amortizaciju tijekom odraza potrebna velika mišićna aktivacija koja može biti neadekvatna prilikom pojedinih skokova, primjerice zbog umora ili kombinacije nekih drugih parametara skoka.

Udaljenost od strunjače također je važna komponenta prilikom odraza u skoku u vis. O njoj ovisi u kojoj će točki skakač dosegnuti maksimalnu visinu u odnosu na letvicu, a samim time o tome ovisi i uspješnost skoka. Prosječna vrijednost koju je ispitanik imao tijekom ovog istraživanja bila je 90,35 centimetara sa standardnom devijacijom od 7,98 centimetara. Vrijednost navedenog parametra nešto je manja od one koju su dobili Čoh i Supej (2007).

Prosječna vrijednost dobivena u njihovom istraživanju bila je 102 centimetra. Uobičajene vrijednosti vrhunskih skakača u vis nalaze se u okviru od 90 do 140 centimetara (Dapena i Ficklin, 2007). Ispitanik u ovom istraživanju nalazi se na rubnim vrijednostima udaljenosti odraza od strunjače, no valja napomenuti kako mjesto odraza ovisi o mnogim drugim čimbenicima kao što su brzina trčanja zaleta te tehnika prelaska letvice.

Nagib tijela, odnosno trupa, na početku odraza iznosio je  $70,21^\circ$  uz standardnu devijaciju od  $3,15^\circ$ . Može se uočiti kako je ovo jedna od varijabli s najnižom standardnom devijacijom te da je kut nagiba tijela na početku odraza bio konstantan. Slični su rezultati i kod nagiba tijela na kraju odraza gdje je prosječna vrijednost bila  $93,36^\circ$  sa standardnom devijacijom od  $2,38^\circ$ . Te su vrijednosti uobičajene jer skakači na početku odraza imaju nagib tijela od letvice, te do trenutka kada odraz završava njihovo tijelo putuje naprijed i istovremeno se rotira tako da u trenutku napuštanja podloge postiže kutove koji su vrlo bliski vertikali, odnosno kutu od  $90^\circ$ , dok su kod nekih skakača uočeni i kutovi koji prelaze tu vrijednost (Dapena i Ficklin, 2007).

## **6.2. Vrijednosti procjene umora tijekom testiranja**

Za praćenje umora tijekom testiranja koristio se sRPE (Session Rating of Perceived Exertion). Medijan sRPE-a bio je 7, donji kvartil 5, a gornji 10. Kao dodatna provjera koristila se i skraćena verzija *Wellness upitnika* kako bi se dobio detaljniji uvid u to koji su to parametri koji čine ukupni umor većim ili manjim. Najviše vrijednosti zabilježene su kod umora čiji je medijan iznosio 5,00, slijedi mišićna bol i razina stresa s medijanom 4,00. Najniža vrijednost zabilježena je kod raspoloženja čiji je medijan bio 1. Niska vrijednost ovog parametra naznačuje da je ispitanik bio dobrog raspoloženja tijekom istraživanja. Visoke vrijednosti umora te mišićne boli idu pod ruku tezi da je ono što je ispitanika učinilo umornim bilo upravo opterećenje tijekom ispitivanja ili prije njega. Visoka razina stresa moguća je zbog treme što je moglo utjecati i na razinu kognitivnog umora prije i nakon testiranja.

### **6.3.6.3. Razlike u parametrima početnog i krajnjeg stanja umora kod inicijalnog i finalnog testiranja**

Uočeno je smanjenje rezultata testova CMJ-a. Kod inicijalnog testiranja trajanje leta za sunožnog skoka bilo je 5,04% manje, dok je visina skoka bila 9,82% manja. Trajanje leta CMJ-a lijevom nogom bilo je 6,45% manje, a visina skoka 12,40% manja, dok su za desnu nogu

rezultati pokazali smanjenje od 9,99% za trajanje leta i 19,05% za visinu skoka. Dobiveni podaci upućuju na to kako su skokovi koje je ispitanik izvodio tijekom ispitivanja bili takvog opterećenja da su uzrokovali mišićni umor. S obzirom na prirodu skoka i na to kako je ispitaniku odrazna noga lijeva, pretpostavka bi bila da će veći umor biti zamijećen kod lijeve noge, no on je ipak nešto veći kod desne noge. Potencijalno objašnjenje je bolja međumišićna koordinacija i motorička kontrola odrazne noge u odnosu na zamašnu te samim time se anulira utjecaj umora kod bolje koordinirane noge.

Uspoređivanjem rezultata finalnog testiranja, razlika između testova mišićnog umora prije i nakon testiranja bila je sljedeća: za parametar trajanja leta za sunožni CMJ smanjenje za 7,60%, za CMJ lijevom nogom 6,99% te za CMJ desnom nogom 13,58%. Kod visine skoka vrijednosti su se smanjile 14,61% za sunožni CMJ, 13,41% za CMJ lijevom nogom te 25,15% za CMJ desnom nogom. Navedeni podaci sukladni su onima provedenim u inicijalnom istraživanju gdje su također manje vrijednosti izmjerene nakon testiranja. Nadalje, i nakon finalnog testiranja primijećena je veća razlika kod CMJ-a s desnom nogom u odnosu na lijevu nogu. S obzirom na to kako je u istraživanju koje su proveli Kutáč i Uchtyl (2018) utvrđeno kako je tijekom skoka i faze odraza veći volumen opterećenja na odraznoj nozi, očekivan rezultat bio je da se kod lijeve noge primijeti veća razlika u visini skoka između inicijalnog i finalnog testiranja. Poželjno bi bilo provesti istraživanje s uređajem koji bi omogućio uvid u mišićnu aktivnost ispitanika prilikom izvođenja skoka.

Rezultati su pokazali razlike kod CMJ-a između 2 provedena testiranja. Trajanje leta sunožnog CMJ-a smanjilo se za 3,39% kod finalnog testiranja, CMJ lijevom nogom za 8,93%, a CMJ desnom nogom za 11,55%. Visina skoka sunožnog CMJ smanjila se za 6,53%, za CMJ lijevom nogom za 17,03% odnosno kod CMJ-a desnom nogom za 21,54%. Ovakvi rezultati pokazuju kako je ispitanik tijekom inicijalnog testiranja imao više vrijednosti skoka, odnosno kako je ukupni mišićni umor bio manji u odnosu na finalno testiranje. Takvi su rezultati sukladni očekivanjima i podupiru teoriju da je ispitanik nakon dvodnevnog natjecanja imao veći mišićni umor te su skokovi izvedeni tijekom finalnog testiranja bili izvedeni pod većim umorom od onih u inicijalnom testiranju.

Rezultati ukazuju da su razlike između rezultata prije i nakon testiranja veće kod finalnog testiranja. Moguć razlog tome može biti taj da je tijekom finalnog testiranja kada je kod ispitanika bio prisutan veći mišićni umor, taj umor značajnije rastao nego kod inicijalnog testiranja te je i iz tog razloga izvedba bila slabija.

Razina kognitivnog umora dobivena je *Stroop* testom. Kod inicijalnog testiranja rezultat je bio 2,60% veći od početnog, što znači da je ispitaniku trebalo više vremena za rješavanje testa. Navedeno može biti pokazatelj mentalnog umora koji se pojavio tijekom testiranja. Kod finalnog testiranja ispitanik je 8,49% brže riješio test. Navedeno bi se moglo protumačiti tako da je razina mentalnog umora bila manja nakon završenog testiranja. Ovakav rezultat nije sukladan očekivanjima, pogotovo s obzirom na to kako je u inicijalnom testiranju ispitanik pokazao veću razinu umora nakon testiranja. Moguć razlog boljem rezultatu može biti taj što je ispitanik osjetio svojevršno olakšanje po završetku finalnog testiranja. S druge strane, moguće je kako je ispitanik imao nervozu prije testiranja u fazi umora te da je ta nervoza negativno utjecala na njegovu mentalnu brzinu prije samog testiranja. Poželjno bi bilo u budućim istraživanjima provesti detaljniji upitnik o psihološkom stanju ispitanika prije i poslije testiranja kako bi se uvidjelo postoje li još neki čimbenici koji mogu utjecati na rezultate *Stroop* testa ili na samu izvedbu.

Ukupan rezultat *Wellness testa* kod finalnog testiranja bio je 100% veći u odnosu na inicijalno što je još jedan pokazatelj kako je ispitanik tijekom finalnog imao veću razinu umora.

#### **6.4. Razlike između inicijalnog i finalnog testiranja**

Usporedbom rezultata između inicijalnog i finalnog testiranja utvrđene su statistički značajne razlike između parametara kut koljena na početku odraza, kut koljena na kraju odraza, nagib tijela na početku i kraju odraza, kut koljena na punom stopalu na početku te kut amortizacije koljena. S obzirom na to kako su kontrolni testovi za procjenu umora provedeni prije inicijalnog i finalnog testiranja pokazali razlike u razini umora između testiranja, može se pretpostaviti kako postoji statistički značajna razlika kod navedenih parametara kada sportaš skače umoran i kada je odmoran.

#### **6.5. Razlike između uspješnih i neuspješnih skokova**

Uspoređujući rezultate između uspješnih i neuspješnih skokova, utvrđena je statistički značajna razlika kod varijabli kut koljena na početku i na kraju odraza, nagib tijela na početku odraza te kut koljena na punom stopalu na početku odraza. Ovi rezultati svakako mogu poslužiti u treningu i natjecanju tako da se na njih obrati posebna pozornost prilikom izvedbe kako bi bila što uspješnija. Također, u planiranju i programiranju treninga u tom bi slučaju bilo

poželjno odabrati takve trenažne operatore koji će ciljano jačati one mišićne skupine koje sudjeluju u tim pokretima.

## **6.6. Povezanost kinematičkih parametara s parametrima umora**

Za varijablu kut koljena na početku odraza utvrđena je statistički značajna povezanost s varijablama subjektivna procjena opterećenja, umor, mišićna bol, razina stresa te raspoloženje. Navedeno nam ukazuje na to da što je razina umora bila veća to je i kut koljena na početku odraza bio veći. Iako je prethodno navedeno kako je poželjno da sportaš prilikom odraza ima što opruženi ju nogu (Greig i Yeadon, 2000), imajući u vidu individualne karakteristike sportaša, može se pretpostaviti kako promjena ovog kuta tijekom natjecanja može negativno utjecati na izvedbu. Moguć razlog povećanja kuta može biti sporije trčanje zaleta i nesigurnost zbog kojeg sportaš ne spušta težište tijela pred odraz što se odražava i na kut koljena. Također, mišićna bol, ako ju sportaš osjeća prilikom izvedbe, svakako može negativno utjecati na nesigurnost te samim time i promjene u tehnici izvođenja skoka.

Kod varijable kut koljena na kraju odraza nije utvrđena statistički značajna povezanost s varijablama subjektivne procjene razine opterećenja, umorom, niti mišićnom boli. Utvrđena je pozitivna povezanost s varijablama razina stresa i raspoloženje. S obzirom na to kako kut koljena na kraju odraza govori o tome kako je skakač uspio izdržati sile koje su na donje ekstremitete djelovale tijekom odraza, bilo bi za očekivati kako postoji povezanost ove varijable s umorom. Povezanost razine stresa i raspoloženje može ukazati na važnost mentalne pripreme za izvedbu.

Za nagib tijela na početku odraza utvrđena je pozitivna korelacija sa svim varijablama umora. S obzirom na to da je promatran kut koji je tijelo zatvaralo s podlogom, ovakvi rezultati upućuju na to da je ispitanik s povećanjem umora sve više bio nagnut prema letvici prilikom početka odraza. Ovakva se promjena svakako može negativno odraziti na izvedbu s obzirom kako je kut postavljanja vrlo važna komponenta odraza u skoku u vis. Ako sportaš na početku odraza nema dovoljan otklon od letvice, može se dogoditi da nakon odraza tijelom prebrzo krene prema letvici što rezultira rušenjem letvice i neuspješnim skokom. Kao i za kut koljena, s obzirom na to kako je utvrđena povezanost i s varijablama koje su opisivale kognitivni umor ispitanika, moguće je da sportaš zbog umora i stresa ne osjeća samopouzdanje prilikom skoka te se iz tog razloga ne postavlja čvrsto i nagnuto od letvice.



Pozitivnu korelaciju nagiba tijela na kraju odraza sa subjektivnom procjenom razine opterećenja, mišićnom boli, razinom stresa i raspoloženjem može se komentirati tako da zbog fizičkog zamora i mentalnog umora, sportaš ne uspijeva izdržati sile koje na njega djeluju tijekom odraza te se iz tog razloga na kraju naginje više prema letvici. Ovdje veliku ulogu ima centrifugalna sila koju sportaš treba nastojati iskoristiti da ga prebaci preko letvice, ali istovremeno joj se odupirati kako se to ne bi dogodilo prerano. S obzirom na to da je utvrđena povezanost i s nagibom tijela na početku odraza, moguće je da zbog premalog nagiba tijela na početku odraza dolazi i do premalog nagiba u trenutku završetka odraza. Bilo bi poželjno analizirati povezanost ovih dvaju parametara znajući da oba imaju utjecaj na izvedbu.

Uočeno je kako se za većinu parametara kod kojih je bila utvrđena povezanost s umorom, te razlike između inicijalnog i finalnog testiranja, utvrdila i povezanost s uspješnošću. To govori prilog tvrdnji kako postoji povezanost umora s kinematičkim parametrima odraza u skoku i vis, a samim time i s uspješnošću izvedbe.

## 7. Zaključak

Rezultati ovog rada potvrđuju hipotezu da postoji utjecaj umora na kinematičke parametre u skoku u vis. Umor ima utjecaj na nagib tijela u odrazu što direktno može utjecati na uspješnost izvedbe, odnosno rušenje letvice. Također, umor ima utjecaj i na kut koljeno-podloga te kut postavljanja koljena na početku odraza što su također parametri koji imaju utjecaj na uspješnost izvedbe u skoku u vis. Razlike su se očitovale kako kod pojedinačnog treninga tako i između treninga kada je sportaš bio odmoran i kada je bio umoran.

Istraživanjem su utvrđene i prosječne vrijednosti kinematičkih parametara za ispitanika koje mogu poslužiti kako referenca za sportaša slične dobi i antropometrijskih karakteristika. Također, antropometrijske karakteristike ispitanika mogu poslužiti kao normativi za selekciju sportaša za disciplinu skoka u vis.

Spoznaje dobivene ovim istraživanjem imaju značaj u vidu planiranja i programiranja treninga pa tako i natjecanja. Prva važna spoznaja je ta kako je od iznimne važnosti da sportaš bude odmoran za trening skakanja, odnosno natjecanje, u suprotnom se mogu dogoditi promjene u izvedbi koje mogu negativno utjecati na uspješnost skoka u vis. Također, uočavanje segmenata skoka u kojima se događaju promjene korisno je za trenere kako bi tijekom treninga posebno obratili pozornost na navedene parametre prilikom treninga skakanja. Preporuka je utvrditi koje se mišićne skupine aktiviraju prilikom svake faze kako bi se dodatno poradilo na jakosti tih mišićnih skupina.

Nedostatak ovog istraživanja jest taj što je frekvencija kamera bila 30 sličica u sekundi. Kada bi se koristile kamere s više sličica u sekundi, mogli bi se dobiti precizniji rezultati. Nadalje, bilo bi dobro kada bi analizu u programu Kinovea provelo više osoba.

Preporuka za daljnja istraživanja jest provesti istraživanje na većem broju skakača u vis kako bi se dobila detaljnija slika o promjenama koje se događaju pod utjecajem umora te posebice kakve se promjene događaju kod različitih tipova skakača.

## 8. Literatura

- Akhmetov, R. F., Kutek, T. B., i Shaverskyi, V. K. (2016). Management of technical skills of highly qualified female athletes specializing in athletic jumps. *Journal of Physical Education and Sport*, 16(2), 569–572. <https://doi.org/10.7752/jpes.2016.02089>
- Alias, M. F., Hasan, H., Miswan, M. S., i Man, D. D. (2021). Inter-rater reliability and intra-rater reliability testing of my jump 2 mobile application in measuring countermovement jump. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 9(6), 1319–1323. <https://doi.org/10.13189/saj.2021.090628>
- Ašćić, S. (2021). *Povezanost kinematičkih parametara zaleta i odraza s rezultatom u skoku u vis kod vrhunskih skakačica*. Kineziološki fakultet Osijek.
- Askow, A. T., Lobato, A. L., Arndts, D. J., Jennings, W., Kreutzer, A., Erickson, J. L., Esposito, P. E., Oliver, J. M., Foster, C., i Jagim, A. R. (2021). Session rating of perceived exertion (Srpe) load and training impulse are strongly correlated to gps-derived measures of external load in ncaa division i women's soccer athletes. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 6(4). <https://doi.org/10.3390/jfmk6040090>
- Attia, A., Dhahbi, W., Chaouachi, A., Padulo, J., Wong, D., i Chamari, K. (2017). Measurement errors when estimating the vertical jump height with flight time using photocell devices: the example of Optojump. *Biology of Sport*, 1(1), 63–70. <https://doi.org/10.5114/biol sport.2017.63735>
- Bajaj, J. S., Thacker, L. R., Heuman, D. M., Fuchs, M., Sterling, R. K., Sanyal, A. J., Puri, P., Siddiqui, M. S., Stravitz, R. T., Bouneva, I., Luketic, V., Noble, N., White, M. B., Monteith, P., Unser, A., i Wade, J. B. (2013). The Stroop smartphone application is a short and valid method to screen for minimal hepatic encephalopathy. *Hepatology*

(*Baltimore, Md.*), 58(3), 1122–1132. <https://doi.org/10.1002/hep.26309>

Bompa, T. O., i Haff, G. G. (2009). *Periodization: Theory and Methodology of Training*, 5th Edition. U *Human Kinetics*. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000554581.71065.23>

Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gatin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T. J., Coutts, A. J., Burgess, D. J., Gregson, W., i Cable, N. T. (2017). Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(s2), S2-161-S2-170. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2017-0208>

Brownjohn, J., Bocian, M., i Hester, D. (2017). Forced vibration testing of footbridges using calibrated human shaker and wireless sensors. *Procedia Engineering*, 199, 417–422. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.09.134>

Chuckravanen, D., Bulut, S., Kürklü, G. B., i Yapali, G. (2019). Review of exercise-induced physiological control models to explain the development of fatigue to improve sports performance and future trend. *Science and Sports*, 34(3), 131–140. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2018.10.017>

Claudino, J. G., Cronin, J., Mezêncio, B., McMaster, D. T., McGuigan, M., Tricoli, V., Amadio, A. C., i Serrão, J. C. (2017). The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(4), 397–402. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.08.011>

Čoh, M., i Supej, M. (2007). Biomechanical model of the take-off action in the high jump - A case study. *New Studies in Athletics*, 23(4), 63–73.

Dapena, J., i Chung, C. S. (1988). Vertical and radial motions of the body during the take-off phase of high jumping. *Medicine i Science in Sports i Exercise*, 20(3), 290–302.

<https://doi.org/10.1249/00005768-198806000-00014>

- Dapena, J., i Ficklin, T. (2007). *Scientific services project – HIGH JUMP*. Biomechanics Laboratory, Dept. of Kinesiology, Indiana University. <https://pubs.aip.org/pte/article/31/9/534/271153/The-standing-high-jump>
- Elloumi, M., Makni, E., Moalla, W., Bouaziz, T., Tabka, Z., i Chamari, K. (2012). Fatigue monitoring in 7s. *Asian Journal of Sports Medicine*, 3(3), 175–184.
- Garcia-Falgueras, A. (2015). Psychological Benefits of Sports and Physical Activities. *British Journal of Education, Society i Behavioural Science*, 11(4), 1–7. <https://doi.org/10.9734/bjesbs/2015/21865>
- Garcia-Falgueras, A. (2020). Encyclopedia of Evolutionary Psychological Science. *Encyclopedia of Evolutionary Psychological Science*, June. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-16999-6>
- García-Ramos, A., Feriche, B., Pérez-Castilla, A., Padial, P., i Jaric, S. (2017). Assessment of leg muscles mechanical capacities: Which jump, loading, and variable type provide the most reliable outcomes? *European Journal of Sport Science*, 17(6), 690–698. <https://doi.org/10.1080/17461391.2017.1304999>
- Greig, M. P., i Yeadon, M. R. (2000). The Influence of Touchdown Parameters on the Performance of a High Jumper. *Journal of Applied Biomechanics*, 16(4), 367–378. <https://doi.org/10.1123/jab.16.4.367>
- Hader, K., Rumpf, M. C., Hertzog, M., Kilduff, L. P., Girard, O., i Silva, J. R. (2019). Monitoring the Athlete Match Response: Can External Load Variables Predict Post-match Acute and Residual Fatigue in Soccer? A Systematic Review with Meta-analysis. *Sports Medicine - Open*, 5(1), 48. <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0219-7>

- Homack, S., i Riccio, C. A. (2004). A meta-analysis of the sensitivity and specificity of the Stroop Color and Word Test with children. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 19(6), 725–743. <https://doi.org/10.1016/j.acn.2003.09.003>
- Kutáč, P., i Uchytíl, J. (2018). Differences in loading and morphological structure of the take-off and non-take-off limb in athletics jumping events. *Journal of Human Kinetics*, 65(1), 99–109. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0023>
- Langer, F., i Langerova, A. (2008). Evaluation of the condition of high jumpers' locomotor system in the prevention of health problems. *Kinesiology*, 40.(1.), 107–113.
- Maté-Muñoz, J. L., Lougedo, J. H., Barba, M., García-Fernández, P., Garnacho-Castaño, M. V., i Domínguez, R. (2017). Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. *PLOS ONE*, 12(7), e0181855. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181855>
- Mateos-Padorno, C., García-Manso, J. M., Fuentes García, J. P., i Martínez-Patiño, M. J. (2021). Kinematic analysis of the final stride approach in Spanish elite high jumpers. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 21(3), 421–434. <https://doi.org/10.1080/24748668.2021.1908040>
- McLean, B. D., Coutts, A. J., Kelly, V., McGuigan, M. R., i Cormack, S. J. (2010). Neuromuscular, Endocrine, and Perceptual Fatigue Responses During Different Length Between-Match Microcycles in Professional Rugby League Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(3), 367–383. <https://doi.org/10.1123/ijsp.5.3.367>
- Meeusen, R. (2014). Exercise, nutrition and the brain. *Sports Medicine*, 44(SUPPL.1). <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0150-5>

- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J., i Urhausen, A. (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the european college of sport science and the American College of Sports Medicine. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 45(1), 186–205. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318279a10a>
- Mellalieu, S., Jones, C., Wagstaff, C., Kemp, S., i Cross, M. J. (2021). Measuring Psychological Load in Sport. *International Journal of Sports Medicine*, 42(09), 782–788. <https://doi.org/10.1055/a-1446-9642>
- MicroGate. (2015). *User manual*. Micro Gate. [http://www.gyko.it/Repower/GykoRePower\\_UserManual\\_EN.pdf](http://www.gyko.it/Repower/GykoRePower_UserManual_EN.pdf)
- Milanović, D. (2013). *Teorija treninga*. Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Neville, V., Gleeson, M., i Folland, J. P. (2008). Salivary IgA as a risk factor for upper respiratory infections in elite professional athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(7), 1228–1236. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31816be9c3>
- OptoGait. (2007). *System for gait analysis*. Optogaitait. <http://optogait.com/>
- Pavlović, R. (2017). The differences of kinematic parameters high jump between male and female finalists World Championship Daegu, 2011. *Turkish Journal of Kinesiology*, 3(4), 60–69.
- Pueo, B., Penichet-Tomas, A., i Jimenez-Olmedo, J. M. (2020). Validity, reliability and usefulness of smartphone and kinovea motion analysis software for direct measurement of vertical jump height. *Physiology i Behavior*, 227, 113144. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113144>

- Roslan, M. F., i Ahmad, A. (2020). Wearable Devices Components for High Jump Sport: An Overview. *International Journal of Integrated Engineering*, 12(1), 27–39. <https://doi.org/10.30880/ijie.2020.12.01.003>
- Ryu, K., Kim, J., Ali, A., Choi, S., Kim, H., i Radlo, S. J. (2015). Comparison of Athletes with and without Burnout Using the Stroop Color and Word Test. *Perceptual and Motor Skills*, 121(2), 413–430. <https://doi.org/10.2466/22.PMS.121c16x7>
- Schober, P., Boer, C., i Schwarte, L. A. (2018). Correlation Coefficients. *Anesthesia i Analgesia*, 126(5), 1763–1768. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864>
- Stanton, R., Wintour, S.-A., i Kean, C. O. (2017). Validity and intra-rater reliability of MyJump app on iPhone 6s in jump performance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(5), 518–523. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.09.016>
- Thorpe, R. T., Atkinson, G., Drust, B., i Gregson, W. (2017). Monitoring Fatigue Status in Elite Team-Sport Athletes: Implications for Practice. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(s2), S2-27-S2-34. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0434>
- Tucker, P., Haig-Ferguson, A., Eaton, N., i Crawley, E. (2011). What to do about attention and memory problems in children with CFS/ME: A neuropsychological approach. *Clinical Child Psychology and Psychiatry*, 16(2), 215–223. <https://doi.org/10.1177/1359104511403585>
- Turner, A. N., Bishop, C., Marshall, G., i Read, P. (2015). How to monitor training load and mode using sRPE. *Professional Strength and Conditioning Journal*, 1(39), 15–20. <http://eprints.mdx.ac.uk/19819/%0Ahttp://link.springer.com/10.1007/s40279-016-0529-6>



Vieira, A., Ribeiro, G. L., Macedo, V., de Araújo Rocha Junior, V., Baptista, R. de S., Gonçalves, C., Cunha, R., i Tufano, J. (2023). Evidence of validity and reliability of Jumo 2 and MyJump 2 for estimating vertical jump variables. *PeerJ*, 11, e14558. <https://doi.org/10.7717/peerj.14558>

World Health Organisation. (2020). *Constitution*. Constitution. <https://www.who.int/about/governance/constitution>

Yang, S., Pu, P., i Fan, C. (2013). Fosbury Flop Technology Based on Mechanical Analysis Method. U *Lecture Notes in Electrical Engineering: Sv. 206 LNEE* (str. 391–397). [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4790-9\\_50](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4790-9_50)

## 9. Prilozi

### Prilog 1

*Borgova skala procjene subjektivnog opterećenja*

ocjena	opis
0	ništa
0,5	Vrlo, Vrlo Lagano
1	Vrlo Lagano
2	Relativno lagano
3	umjereno
4	pomalo teško
5	teško
6	
7	vrlo teško
8	
9	
10	Vrlo, Vrlo teško

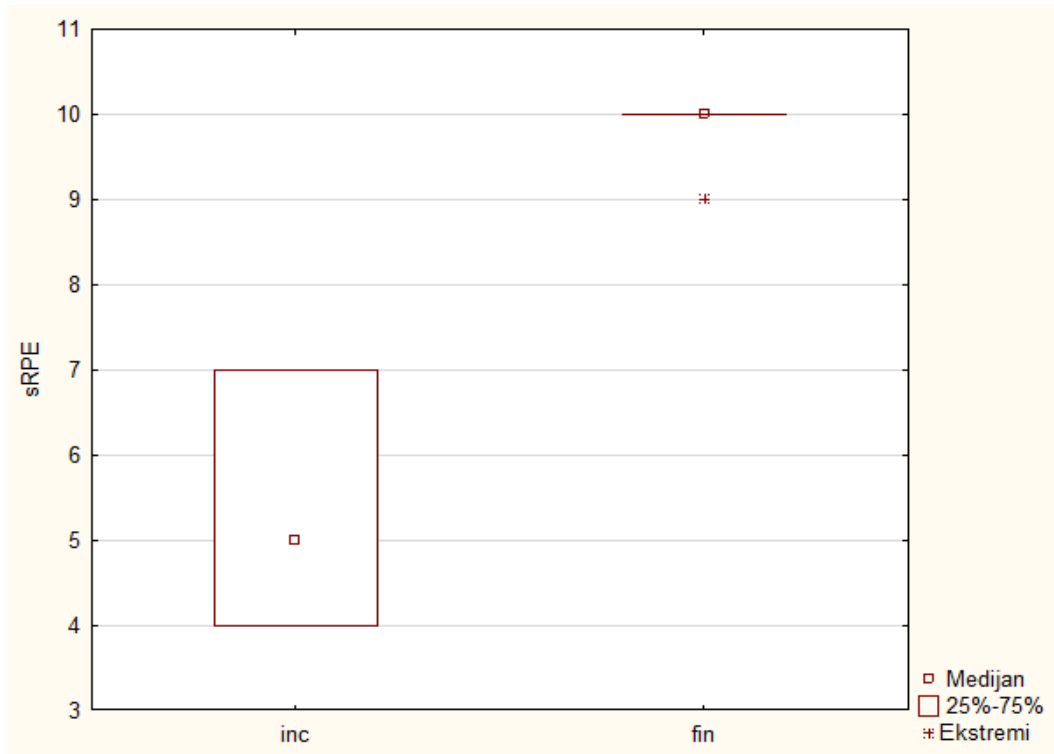
## Prilog 2

### Wellness upitnik

	1	2	3	4	5
<b>umor</b>	izrazito odmoran	odmoran	normalno	više umoran nego normalno	uvijek umoran
<b>mišićna bol</b>	osjećam se odlično	osjećam se dobro	normalno	povećanje boli/zategnutosti	vrlo bolno
<b>razina stresa</b>	vrlo opušten	opušten	normalno	stresno	vrlo stresno
<b>raspoloženje</b>	vrlo pozitivno raspoloženje	generalno dobro raspoloženje	manje zainteresiran za druge aktivnosti nego obično	razdražan prema ostalima	izrazito iživcirani/razdraženi/potišteni

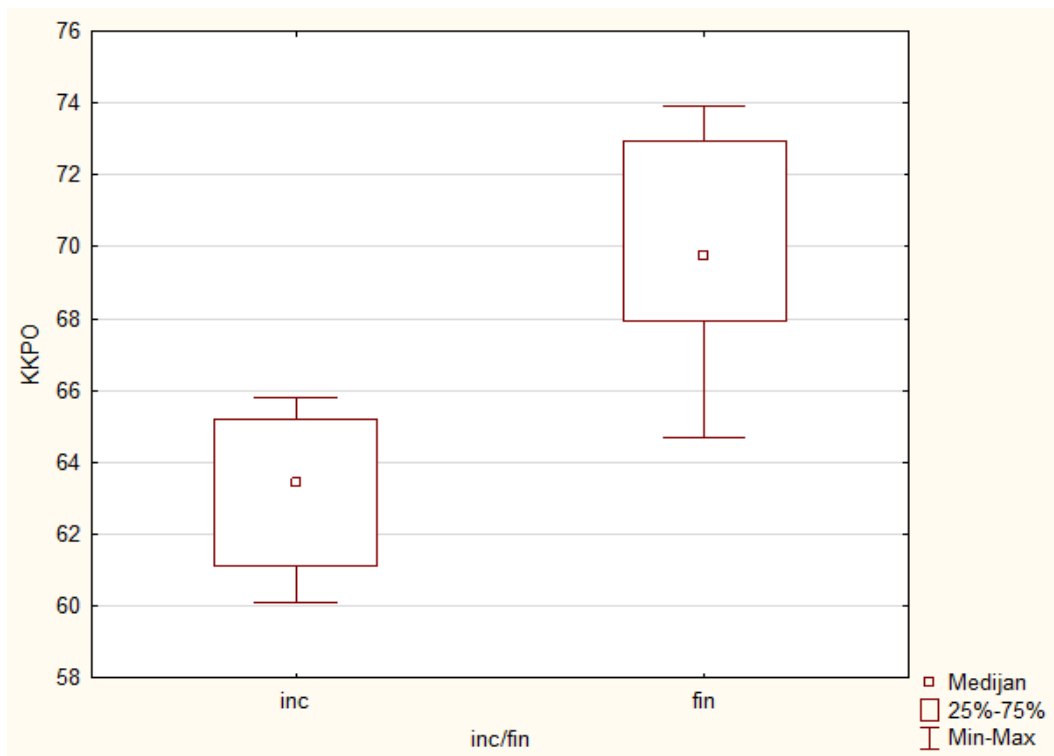
### Prilog 3

Razlika između inicijalnog i finalnog testiranja za varijablu sRPE



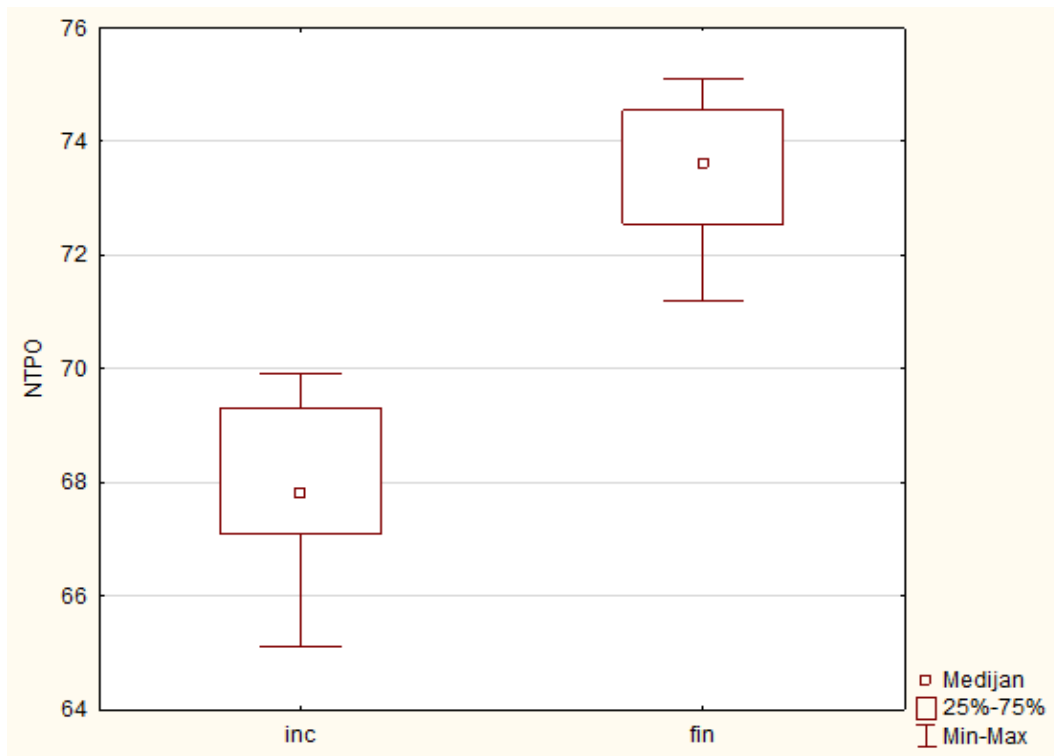
### Prilog 4

Razlika varijable KKPO između inicijalno i finalnog testiranja



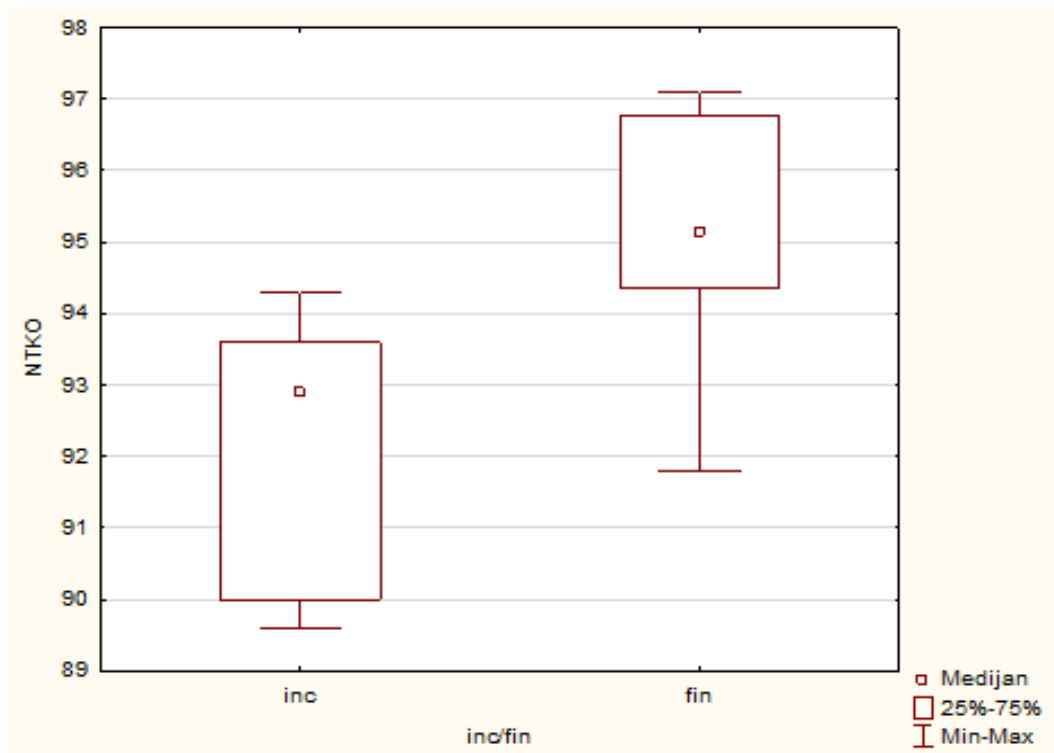
## Prilog 5

Razlika varijable NTPO između inicijalnog i finalnog testiranja



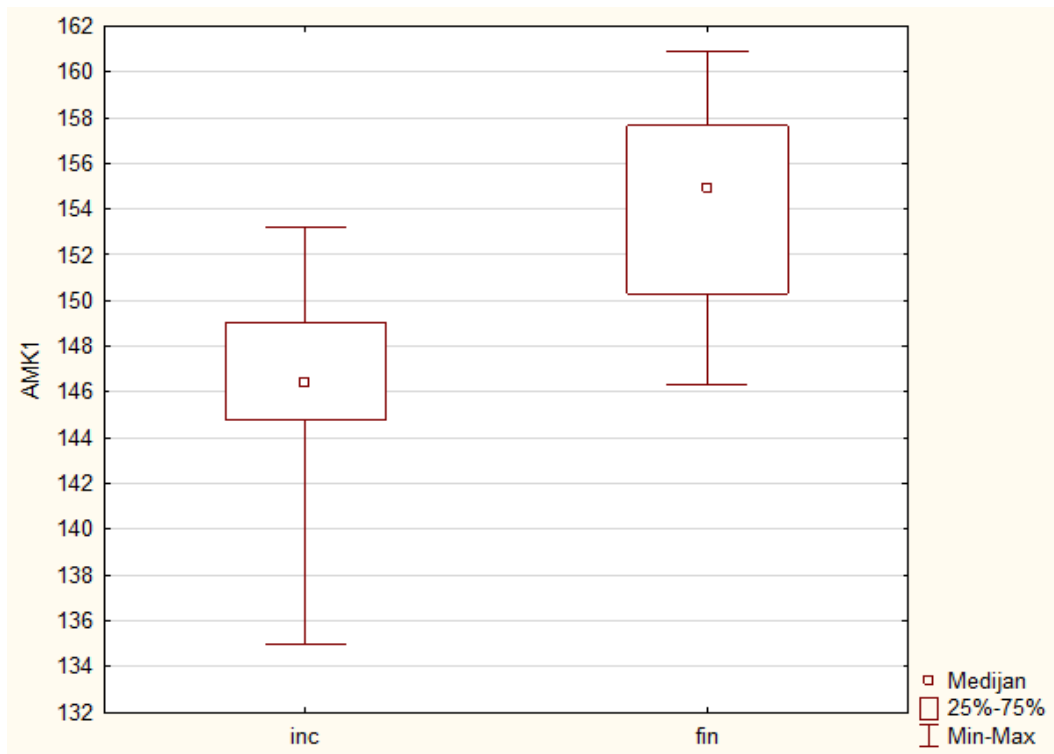
## Prilog 6

Razlika varijable NTKO između inicijalnog i finalnog testiranja



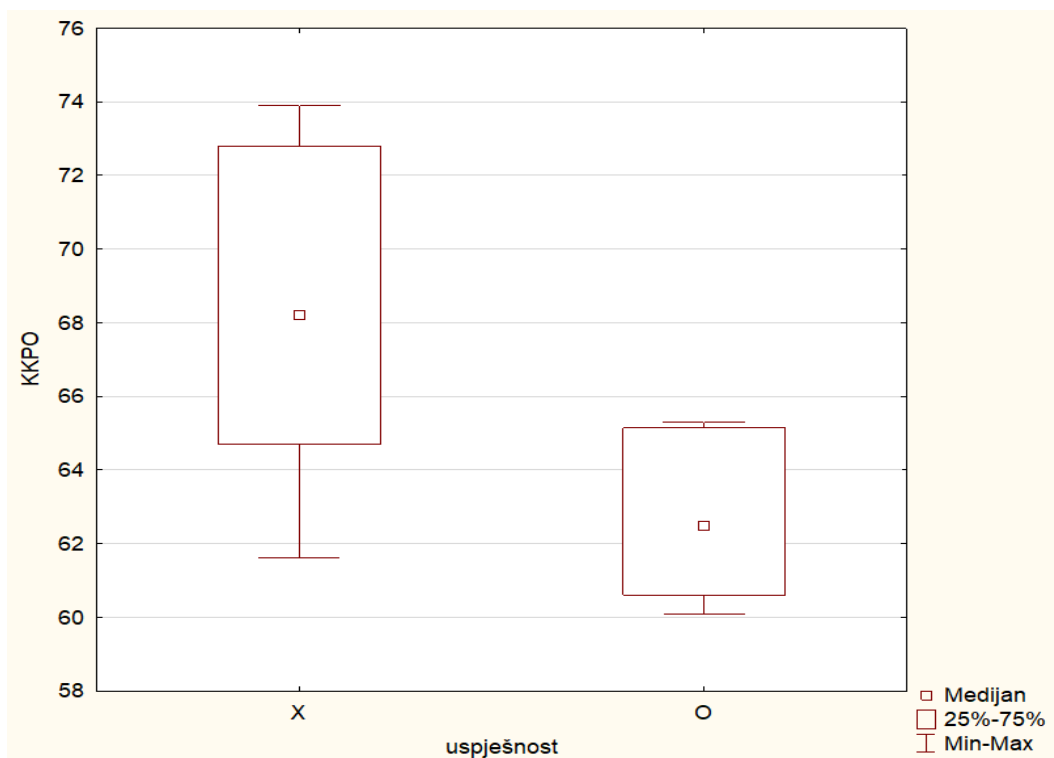
## Prilog 7

Razlika varijable AMK1 između inicijalnog i finalnog testiranja



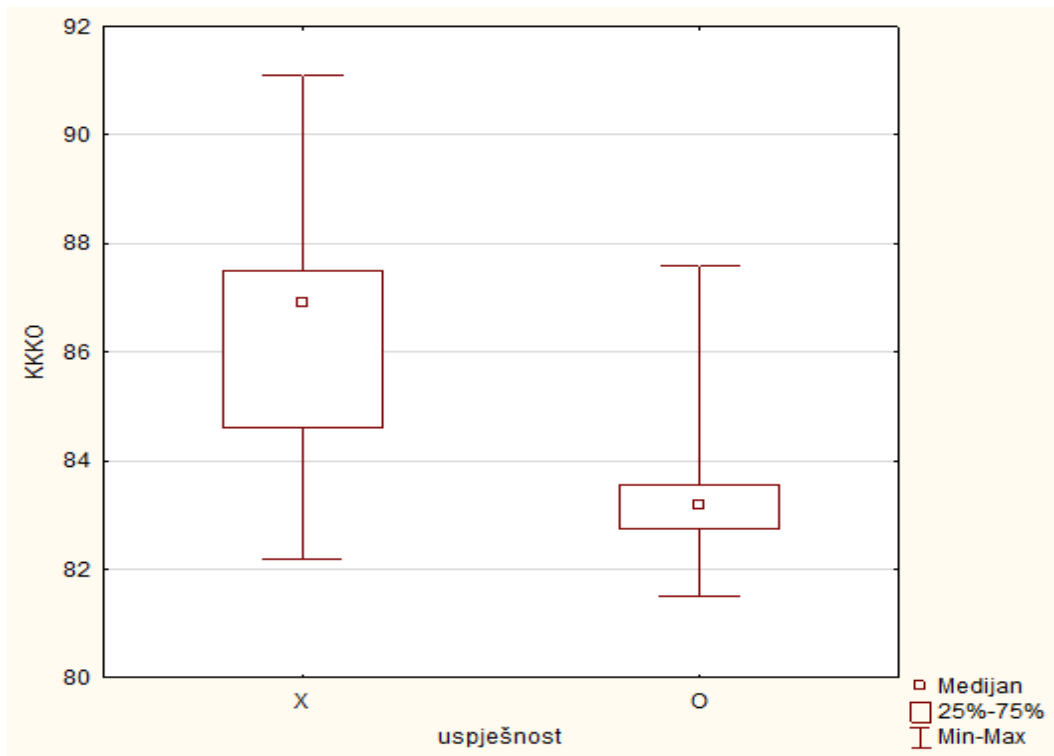
## Prilog 8

Razlike u KKPO između uspješnih i neuspješnih skokova



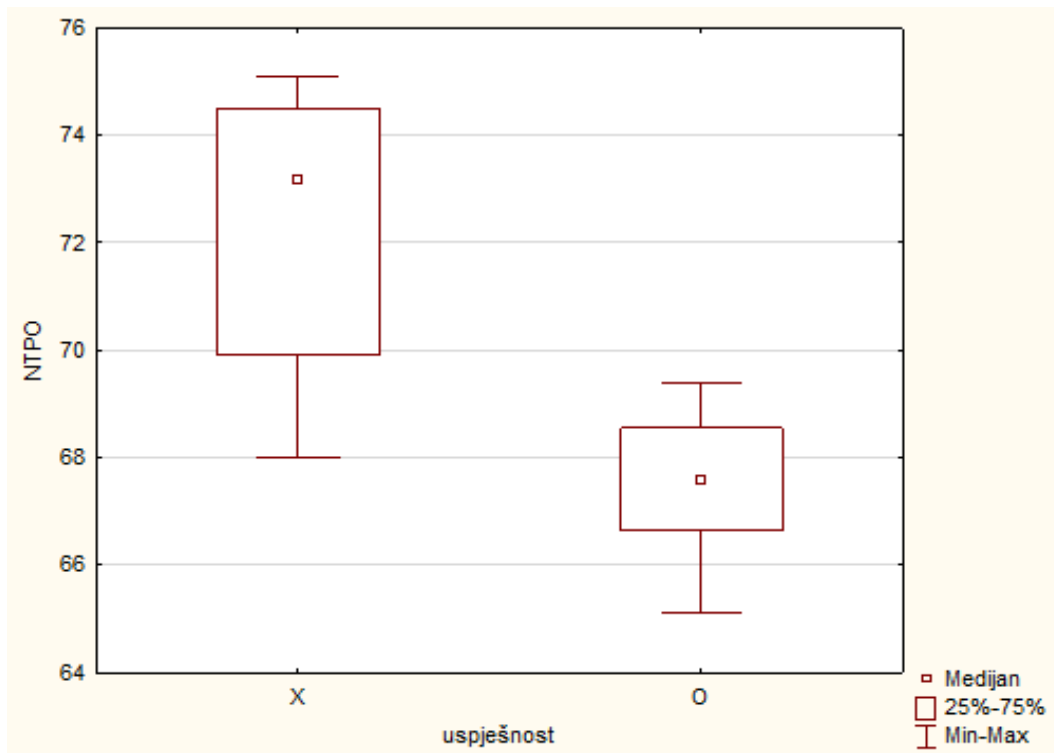
## Prilog 9

Razlike u KKKO između uspješnih i neuspješnih skokova



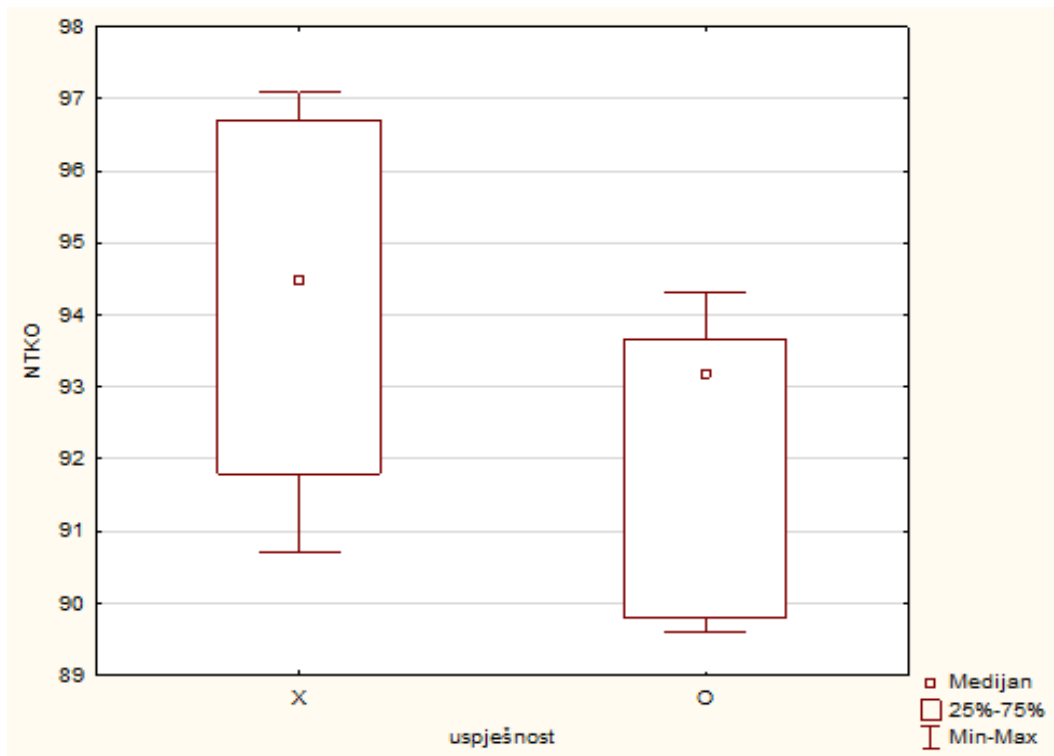
## Prilog 10

Razlike u NTPO između uspješnih i neuspješnih skokova



## Prilog 11

*Razlike u NTKO između uspješnih i neuspješnih skokova*



## Prilog 12

*Razlike između uspješnih i neuspješnih skokova varijable AMK1*

