

# Spolne razlike u kinematici skokova na preskoku u gimnastici

---

**Milčić, Lucija**

**Doctoral thesis / Disertacija**

**2019**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:117:253149>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-09**



*Repository / Repozitorij:*

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





Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Lucija Milčić

**SPOLNE RAZLIKE U KINEMATICI  
SKOKOVA NA PRESKOKU U  
GIMNASTICI**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2019.



University of Zagreb  
FACULTY OF KINESIOLOGY

Lucija Milčić

**KINEMATICAL DIFFERENCES  
BETWEEN MEN AND WOMEN IN JUMPS  
ON VAULT IN ARTISTIC  
GYMNASTICS**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2019



Sveučilište u Zagrebu  
KINEZIOLŠKI FAKULTET

LUCIJA MILČIĆ

**SPOLNE RAZLIKE U KINEMATICI  
SKOKOVA NA PRESKOKU U  
GIMNASTICI**

DOKTORSKI RAD

Mentor:  
Prof.dr.sc. Kamenka Živčić

Zagreb, 2019.



University of Zagreb  
FACULTY OF KINESIOLOGY

Lucija Milčić

**KINEMATICAL DIFFERENCES  
BETWEEN MEN AND WOMEN IN JUMPS  
ON VAULT IN ARTISTIC  
GYMNASTICS**

DOCTORAL THESIS

Supervisor:  
Full professor Kamenka Živčić, PhD

Zagreb, 2019

## **Informacije o mentoru**

Kamenka Živčić rođena je 04.09.1962., Hrvatica, državljanka Republike Hrvatske, udana, majka dvoje djece. Osnovnu i srednju školu završila je u Zagrebu. Fakultet za fizičku kulturu upisuje 1981. god., diplomirala je 1985. god. Na Fakulteti za šport Univerze „Edvard Kardelj“ u Ljubljani upisala je poslijediplomski studij za znanstveno usavršavanje iz kineziologije, magistrirala je 1991. god. te doktorirala 2000. godine na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Nakon završenog Kineziološkog fakulteta od 1985. god. radi na Fakultetu za fizičku kulturu, odnosno Kineziološkom fakultetu kao pripravnik, od 1991. god. kao asistent na predmetima Sportska gimnastika i Osnovne kineziološke transformacije. Od 1997. god. radi kao asistent na predmetu Sportska gimnastika. 01.03.2002. god. izabrana je u znanstveno-nastavno zvanje docenta, a 27.05.2009. god. u znanstveno-nastavno zvanje izvanredni profesor u području društvenih znanosti, polje odgojnih znanosti, grana kineziologija za predmet Sportska gimnastika. 13.06.2013. godine izabrana za znanstvenu savjetnicu za znanstveno područje društvenih znanosti, polje kineziologije, a 17.09.2013. za redovitu profesoricu za područje društvenih znanosti, znanstveno polje - kineziologija, grana kineziologija sporta, za predmet Sportska gimnastika na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. 2002. godine kao docent na predmetu Sportska gimnastika izabrana je za nositelja predmeta. Od 2000. god. predaje na Fakultetu prirodoslovno - matematičkih znanosti i studija odgojnih područja u Splitu, Odjela tjelesne i zdravstvene kulture, na predmetu Sportska gimnastika, a od 2002. do 2004. godine nositelj je predmeta Sportska gimnastika na istom Fakultetu. Suraduje u nastavi predmeta Sportska gimnastika – studenti, usmjerenja iz predmeta OKT i izbornog predmeta Žene u sportu. Sudjelovala je u izradi Nastavnih planova i programa na osnovnom studiju pri Kineziološkom fakultetu iz predmeta Sportska gimnastika te plana i programa preddiplomskog i diplomskog studija Kineziološkog fakulteta u Zagrebu za predmet Sportska gimnastika, usklađenog s Bolonjskom deklaracijom (ECTS program), koji je prihvaćen od MZOŠ RH i izvodi se od akademske godine 2005/06. te plana i programa nastave TZK (dio koji se odnosi na sportsku gimnastiku) za osnovne škole (HNOS). Samostalno i u koautorstvu objavila je 45 znanstvena i 20 stručna rada. Sudjelovala je na tri znanstvena projekta i četiri elaborata. Trenutno je istraživač je na znanstvenom projektu MZOŠ RH pod brojem 034-0342607-2279 (Biomehanička efikasnost hrvatskih sportaša). Autorica je 1 sveučilišnog priručnika, autorica i koautorica 2 sveučilišna udžbenika i autorica 1 udžbenika. 1995. uključena u formiranje Laboratorija za kinematiku sporta na Fakultetu za fizičku kulturu u Zagrebu.

## **Zahvale**

*Zahvaljujem svojoj mentorici prof.dr.sc. Kamenki Živčić, profesorici i prijateljici koja je svojim znanjem, znanstvenim, stručnim iskustvom i savjetima, te podrškom doprinjela izradi moga rada.*

*Veliko hvala izv.prof.dr.sc. Tomislavu Krističeviću i izv.prof.dr.sc. Ljubomiru Antekoloviću za pomoć pri mjerenju i savjetima pri obradi kinematičkih podataka, koji su svojim sugestijama pomogli što kvalitetnijoj izradi ovog rada.*

*Hvala Organizacijskom odboru Grand prix Osijek, Žito Challenge Cup – FIG World Challenge Cup natjecanja koji su odobrili snimanje.*

*Hvala svima koji su sudjelovali u snimanju i prikupljanju podataka.*

*Također zahvaljujem članovima Povjerenstva za ocjenu moga rada, izv.prof.dr.sc. Almiru Atikoviću na pažljivom čitanju te konkretnim i korisnim sugestijama.*

*Na kraju bi se zahvalila mojoj dragoj obitelji i prijateljima, na podršci koju su mi pružili tijekom doktorskog studija.*

*Posebna zahvalnost mojim roditeljima i sestri koji su svojim povjerenjem, znanjem i iskustvom, strpljenjem te moralnom podrškom iskazanom tijekom studija, pružili najbolji primjer vrijednosti znanstvenog rada i rada uopće.*

*Lucija Milčić*

## SAŽETAK

Cilj ovoga doktorskog rada bio je utvrditi postojanje razlika u kinematičkim pokazateljima skokova na preskoku naskokom *Tsukahara* između gimnastičara i gimnastičarki. Uzorak ispitanika činili su skokovi vrhunskih gimnastičara (N=5) i gimnastičarki (N=5), specijalizanata preskoka, sudionika natjecanja kvalifikacija i finala Svjetskog kupa u Osijeku (Hrvatska) - FIG World Challenge Cup 2017 (Croatia). Uzorak varijabli činilo je 35 kinematičkih parametara skokova ulazom na spravu naskokom *Tsukahara* u gimnastičarki (*Tsukahara* pružena s okretom za 360°) i gimnastičara (*Driggs*).

Obrada i kinematička 3D analiza podataka provedena je sustavom APAS (Ariel Performance Analysis System, 2016.) Normalnost distribucije podataka utvrđena je Shapiro-Wilk testom. Spolne razlike u kinematičkim varijablama izračunate su univarijantnom analizom varijance (ANOVA) s Bonferronijevom korekcijom na razini statističke značajnosti  $p < 0,05$ .

S obzirom na postavljene hipoteze rezultati su pokazali da nema statistički značajnih razlika između spolova u varijablama: duljina zadnjeg koraka, kutu centra težišta tijela u odnosu na podlogu u trenutku zadnjeg kontakta stopala s odraznom daskom, udaljenosti između dlanova u prvom kontaktu sa spravom, vremenu trajanja odriva, kutovima lijevog i desnog ramena u prvom kontaktu dlanova sa spravom.

Statistički značajna razlika dobivena je u kutu lijevog kuka u prvom kontaktu s odraznom daskom, gdje su gimnastičari imali manji kut u odnosu na gimnastičarke. Isto tako statistički značajna razlika dobivena je u kutu centra težišta tijela u odnosu na os sprave u prvom kontaktu dlanova sa spravom gdje gimnastičarke imaju veći kut za razliku od gimnastičara. Kut u zglobu lijevog lakta u prvom kontaktu dlanova sa spravom se pokazao statistički značajnim, te je veći u gimnastičara što znači da su gimnastičarke prvi kontakt sa spravom izvodile pogrčenim lijevim laktom.

Iz rezultata drugog leta skokova vidljiva je statistički značajna razlika između gimnastičara i gimnastičarki u visini centra težišta tijela u odnosu na os sprave do maksimalne visine leta. Kut centra težišta tijela u odnosu na podlogu pri prvom kontaktu stopala s podlogom je statistički značajan i razlikuje spolove te je veći u gimnastičara. Također postoji statistički značajna razlika u varijablama kut u zglobu lijevog i desnog koljena pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom koji je veći u gimnastičarki te lijevog i desnog kuka pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom većim u gimnastičara.



Temeljem dobivenih rezultata može se zaključiti da su razlike po spolovima izrazito vidljive u drugom letu i fazi odriva sa sprave. Dobivenim spoznajama otkrivene su razlike ali i sličnosti između tehnike izvedbe skokova i smatra se da gimnastičarke imaju prostora za napredak i daljnju nadogradnju skokova.

***Ključne riječi:*** biomehanika, preskok, sportska gimnastika, gimnastičari, gimnastičarke

## ABSTRACT

Artistic gymnastics is divided into men's and women's gymnastics which basically differ according to the number and type of competition disciplines. Men's gymnastics consist of six apparatus (floor, pommel horse, rings, vault, parallel bars, and horizontal bar) and four women's apparatus (vault, uneven bars, beam, and floor) of all-around competition in artistic gymnastics.

This research aimed to determine the differences in kinematic parameters of the *Tsukahara* entry on the vault between gymnasts (men's and women's). The sample consisted of elite men (N = 5) and women (N = 5) gymnasts, who performed jumps at the qualifications and finals of the FIG World Challenge Cup 2017 in Osijek, Croatia. The sample of variables consisted of 35 kinematic parameters of *Tsukahara* entry on vault in women (*Tsukahara* stretched with 1/1 turn (360°) off) and men (*Driggs*).

Data processing and kinematic 3D analysis were performed by the APAS (Ariel Performance Analysis System, 2016). Normality of distribution was determined by the Shapiro-Wilk test. Gender differences in kinematic variables were calculated by univariate analysis of variance (ANOVA) with Bonferroni correction on  $p < 0.05$ .

Obtained results showed that there were no statistically significant differences between the genders in the variables: the length of the last step, the angle of the center of gravity to the floor at the last touch of the foot with the springboard, the distance between the palms in the first contact with the apparatus. The duration of the take-off from the apparatus was equal in both genders and there are no differences in hip angles (left and right) at the first contact of hands with the apparatus.

Statistically, a significant difference was found in the left hip angle at the first contact with a springboard, where the men had a smaller angle than the women. Results of the variable: center of mass to the axis of the apparatus in the first contact of the hands with the apparatus showed a significant difference where the women have a greater angle than the men. The angle of the left elbow in the first contact of the palms with the apparatus proved to be statistically significant and is higher in men, which means that the women had the first contact with the apparatus with a bent left elbow. From the results of the second flight, there is a statistically significant difference between men and women at the center of gravity regarding the axis of the apparatus up to the maximum flight height. The angle of the center of gravity with the floor at the first contact of the foot with the floor is statistically significant and distinguishes the genders

and is higher in men. There is also a statistically significant difference in the angle variables: left and right knee joints angle at the first contact of the foot with a mat which is greater in the women and the left and the right hip joint angle at the first contact of the foot with the mat which is higher in the men.

Based on the obtained results it can be concluded that gender differences are visible in the second flight phase and take-off from the apparatus. The knowledge gained show us the differences or similarities between the performance techniques of the jumps and it is considered that gymnasts have spaces for improvement and further jumps upgrading.

***Keywords:*** *biomechanics, vault, artistic gymnastics, men, women*

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Sportska gimnastika.....	1
1.1.2. Muška sportska gimnastika .....	2
1.1.3. Ženska sportska gimnastika.....	2
1.2. Preskok .....	4
1.2.1. Evolucija sprave za preskok.....	9
1.2.2. Vrste skokova na preskoku .....	11
2. UVOD U PROBLEM.....	16
3. CILJ I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA .....	27
4. METODE ISTRAŽIVANJA.....	28
4.1. Uzorak ispitanika .....	28
4.2. Način provedbe istraživanja .....	29
4.3. Mjerni instrumenti .....	29
4.4. Prikupljanje kinematičkih podataka .....	29
4.5. Obrada i izračun kinematičkih podataka .....	31
4.6. Varijable .....	32
4.7. Metode obrade podataka.....	38
5. REZULTATI.....	39
5.1. Antropološka obilježja gimnastičara i gimnastičarki na preskoku .....	39
5.1.1. Razlike u antropološkim varijablama između gimnastičara i gimnastičarki .....	40
5.2. Morfološka obilježja gimnastičara i gimnastičarki na preskoku .....	42
5.2.1. Razlike u morfološkim obilježjima u gimnastičara i gimnastičarki .....	43
5.3. Faza zaleta, naskoka na dasku, odraza i prvog leta .....	46
5.3.1. Razlike u fazi zaleta, naskoka na dasku, odraza i prvog leta između gimnastičara i gimnastičarki.....	49
5.4. Faza odriva .....	54
5.4.1. Razlike u fazi odriva između gimnastičara i gimnastičarki .....	58
5.5. Faza drugog leta.....	64
5.5.1. Razlike u drugoj fazi leta između gimnastičara i gimnastičarki .....	66
5.6. Razlike po fazama preskoka između gimnastičara i gimnastičarki.....	73
6. RASPRAVA.....	74
7. ZAKLJUČAK .....	89
8. LITERATURA.....	92

ŽIVOTOPIS AUTORA.....	105
POPIS RADOVA.....	106

# 1. UVOD

## 1.1. Sportska gimnastika

Riječ gimnastika, točnije *gimnasticiranje* potječe iz stare Grčke, a simbolizira tjelesno vježbanje, gdje grč. „*Gymnos*“ znači „*bez vanjskog pokrova*“, „*nag*“ (Jajčević, 2010). Postoje različite definicije sportske gimnastike zbog njezina prikladnijega značenja i smisla. Jedna od jednostavnijih definicija pojma gimnastike glasi ovako: „*Vježbanje tijela da postane ili ostane gipko i skladno*“ (Anić, 2004). Čuvena definicija gimnastike glasi: „*Sustav pomno odabranih tjelesnih vježbi i metodičkih postupaka kojima je prvenstveni cilj skladan tjelesni razvoj i usavršavanje kretnih sposobnosti, jačanje zdravlja, postizanje okretnosti, snage, brzine pokreta, izdržljivosti*“ (Vazzas, 1975). Želeći naglasiti najvažnije značajke ovoga sporta autori Živčić Marković i Krističević, (2016) dali su sažetu definiciju sportske gimnastike kao: „*sportske grane u kojoj gimnastičari na različitim spravama gimnastičkog višeboja izvode gimnastičke vježbe koje se sastoje od niza raznovrsnih gimnastičkih elemenata i njihovih kombinacija*”.

Današnja sportska gimnastika nastala je iz sustava tjelesnog vježbanja, tzv. opće gimnastike krajem 19. stoljeća u Njemačkoj i Čehoslovačkoj (Atiković i Delaš Kalinski, 2018; Živčić Marković i Krističević, 2016).

Međunarodna gimnastička federacija (*Federation Internationale de Gymnastique - FIG*) je vrhovno upravno tijelo nadležno za rad svih članica gimnastike (saveza). Osnovana je 1881. u Belgiji (Liège) sa sjedištem u Švicarskoj (Lausanne). To je najstarija međunarodna federacija olimpijskog sporta te sudionica Olimpijskih igara od 1896. godine (FIG, 2019). FIG-a danas pod svojim okriljem ima 146 nacionalnih federacija, a u njejoj nadležnosti je osam gimnastičkih sportova: gimnastika za sve, muška sportska gimnastika, ženska sportska gimnastika, ritmička gimnastika, trampolin, akrobatika, aerobika i parkour (FIG, 2019).

Osnovna zadaća FIG-e je donošenje pravila za svaku sportsku granu. FIG-a broji 22 glavna pravilnika, no oni vezani za sportsku gimnastiku, što mušku, što žensku su Bodovni i Tehnički pravilnik. Tehnički pravilnik sadrži pravila: za različita natjecanja (kalendar natjecanja), za natjecatelje (pravo sudjelovanja, dob natjecatelja, i sl.), doping kontrolu, za suce i sutkinje natjecanja, ocjenjivanje, ceremonije i nagrade, natjecateljske sprave, financijske odredbe i ostala pravila (FIG, 2019). Bodovnim pravilnikom propisuju se pravila za: natjecatelje, trenere, tehnički odbor, strukturu sudačkih komisija, ocjenjivanja vježbi (na svim spravama gimnastičkog višeboja) (FIG, 2017b, 2017a).

Od svih prethodno nabrojanih gimnastičkih sportova, sportska gimnastika je jedinstvena i eminentna sastavnica gimnastike a objedinjuje mušku i žensku sportsku gimnastiku koje se razlikuju obzirom na broj i vrstu sprava (Živčić Marković i Krističević, 2016). Mušku sportsku gimnastiku čini šest sprava (tlo, konj s hvataljkama, karike, preskok, ruče i preča) dok ženska sportska gimnastika broji četiri sprave (preskok, dvovisinske ruče, greda i tlo) gimnastičkog višeboja. Pripisivanje pojedine sprave prema rodnoj etiologiji u gimnastici je sasvim uobičajena pojava, pa se može tvrditi da je tipična ženska sprava greda, a muška sprava konj s hvataljkama zbog svojih specifičnosti i različitosti u odnosu na druge sprave gimnastičkog višeboja (Živčić Marković i Krističević, 2016).

### **1.1.2. Muška sportska gimnastika**

Muška sportska gimnastika je dio prvih modernih Olimpijskih igara kao natjecateljski sport od 1896. godine u Ateni. Format natjecanja na šest sprava održava se od 1936. (Olimpijske igre Berlin) pa sve do danas. Oblik natjecanja određen je 1952. godine na Olimpijskim igrama u Helsinkiju. Svjetska prvenstva u muškoj sportskoj gimnastici održavaju se od 1903. godine (Antwerpen) dok se Europska prvenstva održavaju od 1955. (Enciklopedija, 2019). U samim počecima muške sportske gimnastike smisao vježbanja na spravama je prvenstveno bio pokazati snagu muskulature tijela, kao dokaz dobre forme i vojne spreme (Živčić Marković i Krističević, 2016).

### **1.1.3. Ženska sportska gimnastika**

Kao natjecateljski sport se pojavljuje na VII. Olimpijskim igrama 1928. godine u Amsterdamu kada se gimnastičarke prvi puta natječu ali samo kao ekipni oblik natjecanja. Svjetska prvenstva se održavaju od 1934. godine (Budimpešta) paralelno s muškim dijelom natjecanja. Europska prvenstva za gimnastičarke se održavaju od 1957. Današnji oblik natjecanja u četiri discipline definiran je 1950. godine, a od 1952. (Helsinki) se primjenjuje. Gimnastičarke se od 1936. natječu u disciplinama: paralelne ruče, greda, preskok, tlo (s i bez rekvizita), a od 1948. i na karikama (karike u Ijuljanju). Redoslijed ženskog višeboja određen je 1958. godine na Svjetskom prvenstvu u Moskvi, koji se koristi i danas, a iste se godine ukidaju i grupni sastavi s rekvizitima. Gimnastičarke su u svojim počecima vježbanja na pojedinim spravama imale plesne pokrete, u obliku grupnih vježbi na tlu s rekvizitima. Od 1950. (Svjetsko prvenstvo, Basel) provode se pojedinačna natjecanja u obaveznim i slobodnim vježbama na tlu. Glazbena pratnja se uvodi 1956. na Olimpijskim igrama u Melbourneu, a za slobodne sastave se uvodi

1958. na Svjetskom prvenstvu u Moskvi. U ženskoj gimnastici je bilo bitno osim tražene koordinacije, fleksibilnosti i ravnoteže za samu izvedbu vježbi, ostaviti i estetski dojam (Živčić Marković i Krističević, 2016). Prva gimnastičarka u povijesti koja je osvojila maksimalnu ocjenu tzv. „*savršenu desetku*“ na dvovisinskim ručama na Olimpijskim igrama 1976. u Montrealu bila je Nadia Comaneci, ujedno i najmlađa gimnastičarka na Olimpijskim igrama (Živčić Marković i Krističević, 2016).

Broj i redoslijed sprava kao natjecateljskih disciplina, olimpijski redoslijed, određen je 1952. godine na XV. Olimpijskim igrama u Helsinkiju za mušku sportsku gimnastiku, dok je za žensku sportsku gimnastiku definiran na XVI. Olimpijskim igrama 1956. godine, održanima u Melbourneu te se koristi i danas (Živčić Marković i Krističević, 2016). Sportska gimnastika kao jedna od najstarijih sportova modernih olimpijskih igara i danas je veoma interesantna i kulturna grana gimnastike u olimpijskom programu. Vježbe na spravama se izvode u trajanju od 30 – 90 sekundi vrlo visokim intenzitetom pa se gimnastika fiziološki kategorizira među anaerobne sportove (Živčić Marković i Krističević, 2016).

Različiti kriteriji za nastup na pojedinim natjecanjima vladali su u gimnastici. Tako je do 1981. godine, minimalna dob za sudjelovanje na natjecanjima u seniorskoj kategoriji bila 14 godina, a nakon 1981. je povećana na 15, da bi od 1997. godine vrijedilo pravilo da oba spola starija od 16 godina mogu sudjelovati na svjetskim prvenstvima, dok na olimpijskim igrama mogu sudjelovati gimnastičarke koje u tekućoj godini navrš 16, a gimnastičari 18 godina ali samo kao članovi ekipe (Delaš Kalinski, Jelaska, i Knezević, 2017).



## 1.2. Preskok

Preskok je po olimpijskom redosljedu prva sprava ženskog i četvrta sprava muškog višeboja preko koje se izvode različite vrste skokova. Sastoji se od sprave za preskok (Slika 1) širine 95 cm, dužine 120 cm, visine 135 cm za muškarce i 125 cm za žene; staze za zalet, (Slika 3) odrazne daske (Slika 4) i strunjača za doskok (Slika 3) (FIG, 2018). Sama sprava se sastoji od gornjeg dijela tzv. „stola“ sprave koji je pričvršćen na samostojeće postolje. Gornji dio sprave (slika 1 - A) „stol“ je blago nagnut do okomice  $8^\circ$  te se iz zavojitog dijela (slika 1 – B 1 i B2) spaja u linearnu površinu (slika 1 – C) koja je nagnuta  $3^\circ$  prema horizontali. Gornji dio sprave „stol“ (slika 1) je podijeljen na područja za odriv (A, B i C) s jasnim kontrastom boje. Različite površine spajaju se jedna s drugom bez ikakvih razmaka između njih. Područje za odriv je blago zaobljeno u poprečnom smjeru (D). Svi kutovi i rubovi su zaobljeni. Donji dio sprave - postolje (Slika 2) mora „stolu“ pružiti stabilnu i sigurnu potpurnu površinu te mora biti obloženo zaštitom, dakle ne smije sadržavati dijelove koji strše.

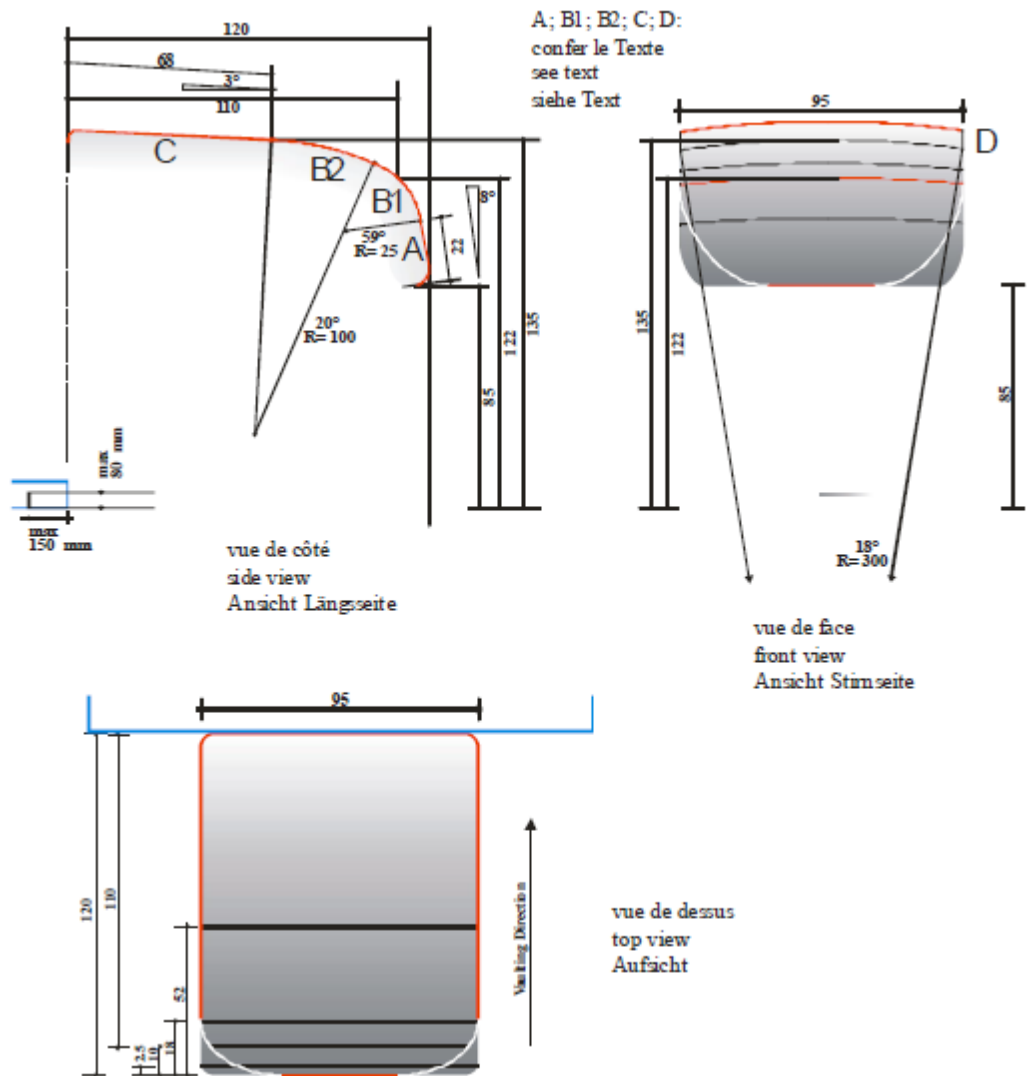
Staza za zalet (Slika 3) dužine je 25 m (+10 cm), širine 100 cm, visine 2,5 cm, a sastavljena je od tepiha i tvrde ploče koja se nalazi ispod odrazne daske, čija dužina iznosi 320 cm (FIG, 2018). Boja staze za zalet mora imati jasan kontrast u odnosu na boju odrazne daske.

Strunjače za doskok (Slika 3) nalaze se iza sprave i sastoje se od osnovnih strunjača visine 20 cm, dužine 600 cm, širine 250 cm. Dodatna strunjača visine 10 cm, dužine 600 cm, širine 250 cm postavlja se na osnovne strunjače, koja ima linijama širine 5 cm označene koridore za doskok. Širina koridora za doskok blizu sprave iznosi 95 cm, dok je na kraju strunjača za doskok širina 150 cm (FIG, 2018).

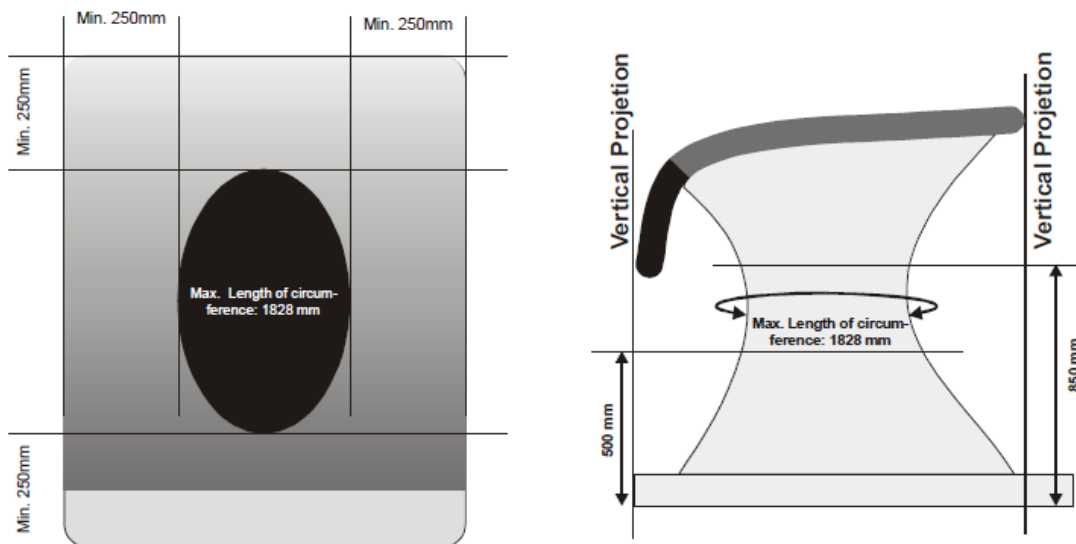
Odrasna daska (Slika 4) dužine je 120 cm, širine 60 cm, visine 20 cm. Postoji „meka“ i „tvrda“ odrazna daska, te stoga nije dozvoljeno mijenjanje opruga na natjecanju (FIG, 2018). Obavezno je postavljanje zaštite za odraznu dasku, osobito kod izvedbe skokova *Yurchenko*<sup>1</sup> naskokom. Iz razloga što skok započinje zaletom te rondatom na odraznoj dasci, odrazom u smjeru prema natrag (Koh, Jennings, Elliott i Lloyd 2003) mora se postaviti zaštita.

---

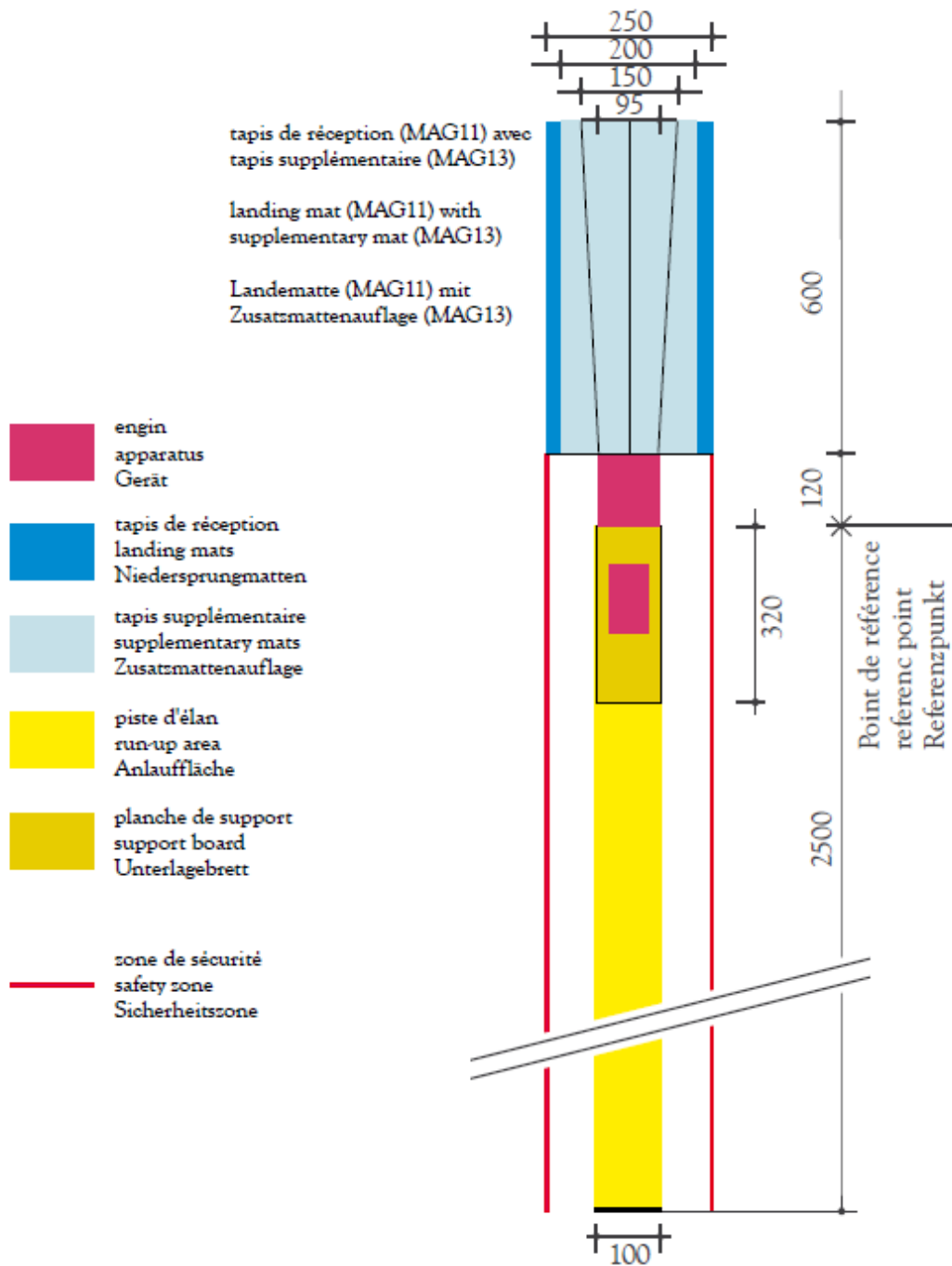
<sup>1</sup> *Yurchenko* - rondat na stazi na zalet, doskokom i odrazom na odraznu dasku, prvi let leđima prema spravi, odrihom kroz stoj na rukama sa sprave te salto natrag s okretom ili bez u drugom letu



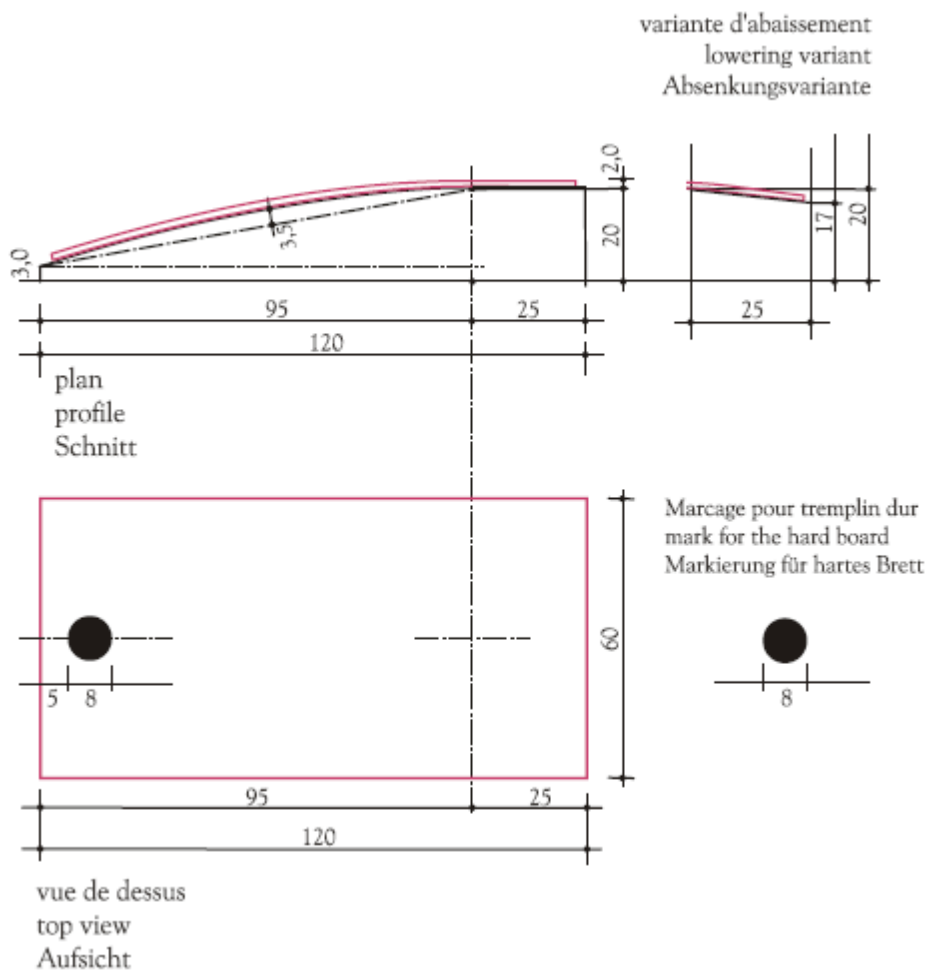
Slika 1. Dimenzije sprave za preskok  
 (preuzeto iz FIG Apparatus Norms, 2018)



*Slika 2. Postolje sprave za preskok*  
(preuzeto iz FIG Apparatus Norms, 2018)



Slika 3. Dimenzije zaleta i strunjača za doskok  
(preuzeto iz FIG Apparatus Norms, 2018)



*Slika 4. Dimenzije odrazne daske*  
(preuzeto iz FIG Apparatus Norms, 2018)

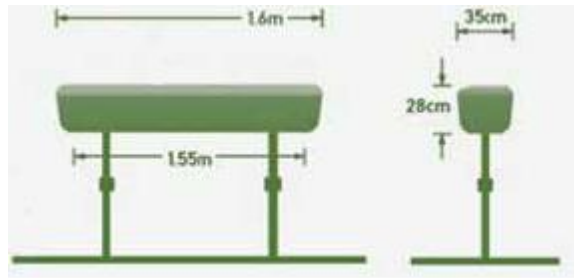
### 1.2.1. Evolucija sprave za preskok

Najraniji oblici preskoka datiraju još 2500. godina pr.Kr. iz kretske-mikenske kulture (Atiković i Delaš Kalinski, 2018). Friedrich Ludwig Jahn je tvorac konja za preskok, a ujedno je napravio i sistematizaciju skokova na preskoku (Čuk i Karacsony, 2004). Preteča konja za preskok bio je konj s hvataljkama. U 17. i 18. stoljeću različiti oblici konja za preskok korišteni su prvobitno u vojne svrhe, da bi se kasnije koristio u sportskim aktivnostima poput akrobatskog jahanja kao pripreme viteza za mačevanja (Atiković i Delaš Kalinski, 2018). Odrasna daska je isprva bila napravljena od drveta, te se mijenjala kroz povijest, a prvi puta ju je spomenuo 1599. godine Arcangelo Tuccaro kao pomoćno sredstvo za obuku kralja Francuske Charlisa IX., da bi se 1954. godine u Rimu pojavila prva elastična odrasna daska (Atiković i Delaš Kalinski, 2018). S obzirom na položaj sprave, gimnastičari su tada preskoke izvodili na spravi postavljenoj po dužini, dok su gimnastičarke izvodile skokove preko sprave postavljene po njezinoj širini. Dužina konja (Slika 5) iznosila je 160 cm, širina 35 cm, za gimnastičare visina konja bila je 135 cm, a za gimnastičarke 125 cm. Konj za preskok je sprava koji se u gimnastici na olimpijskim igrama koristio više od stoljeća počevši od prvih modernih Olimpijskih igara u muškoj gimnastici pa sve do Olimpijskih igara u Sydneyju, kao posljednje natjecanje na „starom konju“. Nova je „sprava za preskok“ ili „stol za preskok“ prvi puta uvedena 2001. godine na Svjetskom prvenstvu u Ghentu (Belgija) (Irwin i Kerwin, 2009). Ideju o zamjeni starog stogodišnjeg konja za preskok predložio je Siegfried Fischer iz Brazila, 1993. godine (Atiković i Delaš Kalinski, 2018). Glavni razlog za uvođenje nove sprave za preskok bila je sigurnost sportaša i sprečavanje ozljeda, posebno za skokove naskokom *Yurchenko*, zbog velikog rizika od promašaja starog „konja“ (Naundorf, Brehmer, Knoll, Bronst, i Wagner, 2008). Površina za upor rukama na starom konju iznosila je 150 cm, dok je nova sprava površine od 250 cm, veća za oko 40% u odnosu na staru spravu (Sands i McNeal, 2002). Na novoj spravi za preskok omogućena je mnogo sigurnija, agresivnija i eksplozivnija izvedba faze prvog leta *Yurchenko* skokova (Irwin i Kerwin, 2009). *Tsukahara* skokovi izvode se puno učinkovitije zbog veće i ravnije površine na novoj spravi što omogućuje gimnastičarima da postavljaju ruke šire nego na staroj spravi, isto tako posljedice pogrešaka nastalih tijekom zaleta, naskoka na dasku i odraza drastično se smanjuju jer se neke pogreške mogu ispraviti tijekom faze upora (Sands i McNeal, 2002). Biomehanički gledano preskoci izvedeni premetom<sup>2</sup> na starom konju osigurali su različito područje za postavljanje dlanova u smjeru prema naprijed i dolje, što je

---

<sup>2</sup> *Premet* - ulaz na spravu prema naprijed, licem prema spravi, odrihom kroz stoj na rukama sa sprave (salto u drugom letu)

olakšalo rotaciju oko dlanova, dok nova ravna površina zahtijeva drugačiji način postavljanja dlanova u smjeru prema naprijed (Sands, i McNeal, 2002).



*Slika 5. Dimenzije konja za preskok*  
(preuzeto iz Živčić Marković i Krističević, 2016)

### 1.2.2. Vrste skokova na preskoku

Dok se na sedam gimnastičkih disciplina izvode gimnastičke vježbe, na preskoku gimnastičari/ke izvode različite vrste skokova. Izvode ih na tri osnovna načina: premetom, *Tsukaharom*<sup>3</sup> i *Yurchenko* naskokom na spravu za preskok. Svaki od njih, u drugoj fazi leta, razlikuje se po broju i vrsti rotacija koje vježbač izvodi, a na osnovu kojih se određuje težina skoka. Težina skoka klasificira se brojem bodova koji određuju početnu ocjenu skoka. Skokovi na preskoku su u muškoj i ženskoj gimnastici podijeljeni u pet skupina.

Skupine preskoka u muškoj sportskoj gimnastici su:

- Skupina I – premeti,
- Skupina II – ulaz s  $\frac{1}{4}$  ili  $\frac{1}{2}$  okreta u prvom letu,
- Skupina III – ulaz rondatom (okretom od  $90^\circ$  do  $180^\circ$ ),
- Skupina IV – rondat s  $\frac{1}{2}$  okreta u prvom letu,
- Skupina V – *Scherbo*<sup>4</sup> ulaz u prvom letu.

*Cuervo*<sup>5</sup> skokovi imaju istu vrijednost te su jednaki kao i premet salto s okretima. *Kasamatsu*<sup>6</sup> skokovi su iste vrijednosti kao i *Tsukahara* skokovi, te se smatraju jednakima. Mnogi gimnastičari na preskoku izvode *Kasamatsu* skok. Motoshima i Maeda, (2015) uspoređivali su karakteristike skoka *Tsukahara* i *Kasamatsu* u gimnastičara, te su dokazali da nema statistički značajnih razlika između analiziranih skokova. Prvi dio, tj. ulaz na spravu u *Kasamatsu* i *Tsukahara* skokova je isti: premet s  $\frac{1}{2}$  ili  $\frac{1}{4}$  okreta. Kod *Kasamatsu* skokova okret nakon odriva se izvodi u stranu prve postavljene ruke na spravu, a u *Tsukahara* skokova se izvodi u suprotnom smjeru od postavljene ruke.

*Yurchenko* skokovi imaju slične vrijednosti kao i *Tsukahara* ili *Kasamatsu* skokovi. Osim ako nije drugačije naznačeno, skokovi rondat ulazom s  $\frac{1}{2}$  okreta prema tablici su veće bodovne vrijednosti (za 0,20 boda) više od sličnih skokova prema naprijed. Isto tako skokovi rondat ulazom s  $\frac{3}{4}$  ili  $1/1$  okretom imaju vrijednost 0,60 bodova više od sličnih skokova *Tsukaharom* (FIG, 2017a).

---

<sup>3</sup>*Tsukahara* - premet s  $\frac{1}{4}$  -  $\frac{1}{2}$  okreta ( $90^\circ$ - $180^\circ$ ) u prvom letu te salto natrag s ili bez okreta u drugom letu

<sup>4</sup> *Scherbo* - rondat doskokom na odraznu dasku, prvi let leđima prema spravi s  $1/1$  okretom ( $360^\circ$ )

<sup>5</sup> *Cuervo* - premet grčeni salto naprijed s  $\frac{1}{2}$  okreta ili  $\frac{1}{2}$  okreta u salto natrag grčeni

<sup>6</sup> *Kasamatsu* - Premet s  $\frac{1}{4}$  okreta u prvom letu, salto natrag s  $\frac{3}{4}$  okreta u drugom letu



Skupine preskoka ženske sportske gimnastike su:

- Skupina I – skokovi bez salta (premeti, *Yamashite*<sup>7</sup>, rondati),
- Skupina II – premeti naprijed s ili bez 1/1 okreta (360°) u prvom letu – salta naprijed ili natrag s ili bez okreta oko uzdužne osi tijela u drugom letu,
- Skupina III – premeti s ¼ - ½ okreta (90° - 180°) u prvom letu (*Tsukahara*) – salto naprijed s ili bez okreta oko uzdužne osi tijela u drugom letu,
- Skupina IV – rondat s ili bez ¾ okreta (270°) u prvom letu (*Yurchenko* ulaz) – salto natrag s ili bez okreta oko uzdužne osi u drugom letu,
- Skupina V – rondat s ½ okreta (180°) u prvom letu – salto naprijed ili natrag s ili bez okreta oko uzdužne osi tijela u drugom letu.

U razdoblju od 1993. do 2001. godine egzistirale su četiri skupine preskoka, a od novog ciklusa pravila, 2001. godine pojavila se peta skupina. Prvi *Tsukahara* skok izveo je Japanac Mitsuo Tsukahara (Slika 6) 1970. godine na Svjetskom prvenstvu u Ljubljani (Čuk i Karacsony, 2004; Grossfeld, 2014). Skok se sastoji od pola okreta u prvom letu te salta unatrag u drugom letu koji može biti zgrčeni, sklonjeni ili pruženi. Težina skoka je povećana dodavanjem više rotacija ili salta u drugom letu (Kwon, 1996). Sedamdesetih godina prošloga stoljeća, odrazne daske postaju elastičnije, pa tako 1974. godine počinje izvedba *Kasamatsu* skokova te premet salto naprijed (Grossfeld, 2014). Pedesetih godina dvadesetog stoljeća najteži skokovi su bili premeti, dok se krajem 1960.-ih počinju izvoditi premeti s okretom oko uzdužne osi za 360° i premet salto naprijed zgrčeni (Takei, 1998). Do 1992. godine najteži skok na međunarodnim natjecanjima bio je *Cuervo* skok, *Lou Yun*<sup>8</sup> skok i *Roche*<sup>9</sup> skokovi a ujedno su najnaprednije varijante skupine skokova premetom izvedene na međunarodnim natjecanjima (Takei, 1998). Prva gimnastičarka koja je 1999. godine, uspješno izvela premet dvostruki zgrčeni salto na preskoku je Elena Produnova, koji se zbog težine i rizika od ozljeda danas smatra najtežim skokom trenutno izvedivim u ženskoj gimnastici (Čuk i Ferkolj, 2008). Dipa Karmakar (Indija), Oksana Chusovitina (Uzbekistan), Yamilet Peña (Dominikanska Republika), Fadwa Mahmoud (Egipat) pripadaju skupini gimnastičarki koje su uspješno doskočile Produnova skok. Ipak Produnova skok nije nadmašio težinu skokova u muškoj gimnastici, ali se prije smatrao težim za izvedbu u gimnastičarki zbog uske površine za postavljanje ruku po širini, a ne po dužini

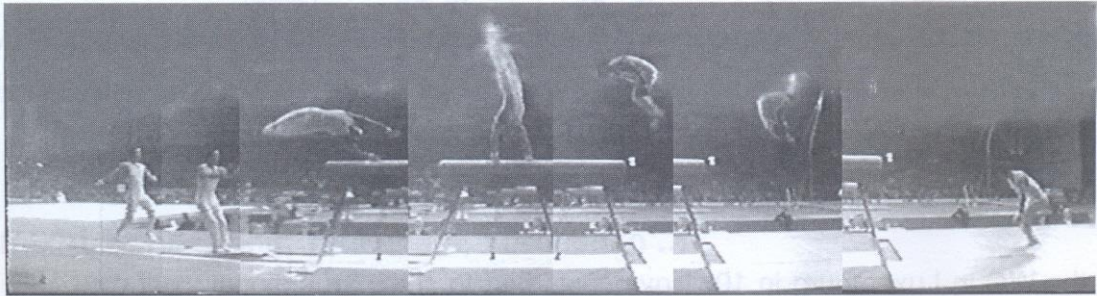
---

<sup>7</sup> *Yamashite* - ulaz na spravu prema naprijed, licem prema spravi, odrihom kroz stoj na rukama na spravi te izvedba drugog leta u sklonjenom položaju tijela

<sup>8</sup> *Lou Yun* - premet naprijed u prvom letu i salto naprijed pruženi s okretom za 540°

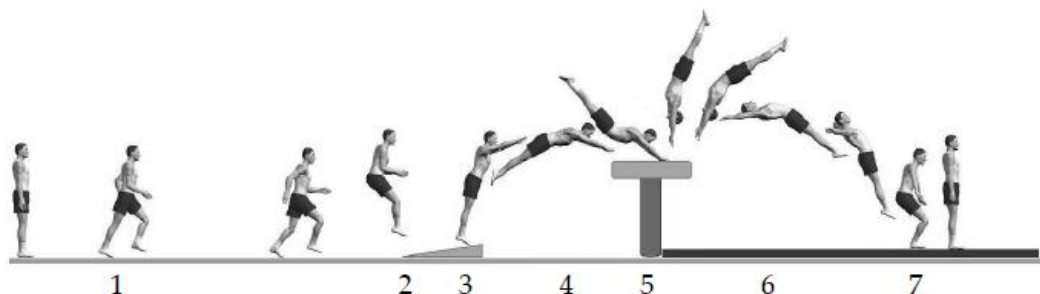
<sup>9</sup> *Roche* - premet naprijed i dvostruki salto naprijed zgrčeni

konja kako je to bilo u gimnastičara. *Yurchenko* skok prvi je izvela Natalia Yurchenko na Svjetskom prvenstvu 1982. godine.



*Slika 6. Svjetsko prvenstvo Ljubljana 1970. - Mitsuo Tsukahara (Japan) – Tsukahara zgrčena*  
(preuzeto iz: Čuk i Karacsony, 2004)

Svaki skok na preskoku sastoji se od međusobno povezanih dijelova odnosno faza. Stoga se skok na preskoku dijeli na sedam karakterističnih faza (Slika 7): 1. faza (zalet), 2. naskok na odraznu dasku, 3. odraz, 4. prvi let, 5. postavljanje ruku (dlanova) na spravu i odriv, 6. drugi let, 7. doskok (Atiković i Smajlović, 2011; Čuk i Karacsony, 2004; Ferkolj, 2010; Prassas i Gianikellis, 2002; Prassas, Kwon, i Sands, 2006; Takei, Dunn, i Blucker, 2007). Izvedba skoka na preskoku traje veoma kratko, unutar 5-10 sekundi (Sands, McNeal, i Jemni, 2001).



*Slika 7. faze preskoka* (preuzeto iz: Atiković, 2012).

Postoji razlika između pojedinih skokova u rotacijama izvedenih u prvom i drugom letu.

Međusobna povezanost pojedinih faza skokova na preskoku predstavlja tehniku svakog skoka, a pogreška u bilo kojoj od faza se nadovezuje jedna na drugu zbog svoje specifične zakonitosti kretanja i važne uloge u izvedbi skokova (Živčić Marković i Krističević, 2016).

- 1. faza – zalet

Započinje od prvog koraka trčanja i traje do zadnjeg koraka prije dolaska na dasku. To je ujedno prva i najvažnija faza svakog skoka na preskoku. Maksimalni dozvoljen zalet je 25 metara. Brzina zaleta u jednostavnijih skokova je manja nego u kompleksnijih koji zahtijevaju veću brzinu zaleta (Naundorf, Brehmer, Knoll, Bronst, i Wagner, 2008). Broj koraka u zaletu iznosi od 14 do 18 kod sporijih zaleta, a 13 do 14 koraka i manje (na udaljenosti od 19,80 do 20,45 metara) čija se duljina povećava zaletom, pa neki iznose 1.7 metara (Antonov, 1975; Čuk i Karacsony, 2004; Semenov, 1987; Živčić Marković i Krističević, 2016).

- 2. faza – naskok na odraznu dasku

Nakon zaleta slijedi naskok na odraznu dasku koji se obično izvodi odraznom nogom s udaljenosti od 2,30 do 2,80 metara u odnosu na odraznu dasku a traje od 0,24 do 0,30 sekundi i ovisi o brzini zaleta, a završava sunožnim naskokom na odraznu dasku (Antonov, 1975; Semenov, 1987; Živčić Marković i Krističević, 2016). U ovoj fazi je bitno da tijekom zadnjeg koraka ne dođe do gubitka brzine i da se horizontalna brzina zaleta pretvori u vertikalnu brzinu.

- 3. faza – odraz

Izvodi se odrazom s odrazne noge prije daske doskokom na odraznu dasku s obje noge. Kako bi se faza odraza uspješno izvela ruke rade zamah iz zaručenja do predručenja gore, te tako pojačavaju odraz za 25% (Antonov, 1975). Odraz započinje prvim, a završava zadnjim kontaktom stopala s odraznom daskom, tijekom kojeg težište tijela prelazi okomicu u odnosu na točku odraza, te traje najkraće od svih faza preskoka u prosjeku oko 0,12 sekundi (Živčić Marković i Krističević, 2016).

- 4. faza – prvi let

Od trenutka odvajanja stopala od odrazne daske pa sve do trenutka prvog kontakta dlanovima sa spravom definira prvi let. Vremenski, prvi let traje od 0,25 – 0,60 sekundi,

ovisno o vrsti skoka (Antonov, 1975). Pravac kretanja tijela u prvom letu ovisi o vrsti skoka ali i o kutu odraza i visini težišta tijela u trenutku odraza (Živčić Marković i Krističević, 2016). Za kvalitetnu izvedbu prvog leta ali i skoka važna je udaljenost odrazne daske u odnosu na spravu koja uobičajeno iznosi od 1,5 do 2 metara, ali ne više od 2,5 m, a ovisi o vrsti skoka, brzini zaleta, antropološkim karakteristikama, motoričkim sposobnostima i pravilnoj izvedbi odraza (Živčić Marković i Krističević, 2016).

- 5. faza – postavljanje ruku na spravu i odriv

Ova faza započinje prvim kontaktom prstiju šaka sa spravom i traje sve do zadnjeg kontakta prstiju šaka sa spravom. Sastoji se od tri sastavnice, tzv. međufaze: dodir sprave, amortizacija i odriv rukama iz ramena, a izvodi se eksplozivno i traje 0,16 do 0,25 sekundi (Živčić Marković i Krističević, 2016). Kvalitetnim odrivom postići će se optimalna visina centra težišta tijela te samim time i visina drugog leta i kvalitetan doskok.

- 6. faza – drugi let

Faza drugog leta traje od trenutka zadnjeg kontakta prstiju šaka sa spravom do trenutka prvog kontakta prstiju stopala s podlogom, u vremenu od 0,7 do 0,9 sekundi, a visina centra težišta tijela iznosi i do 2,8 metara (Antonov, 1975; Semenov, 1987; Živčić Marković i Krističević, 2016). U drugom letu dolazi do rotacija oko uzdužne i poprečne osi tijela te tako ova faza zapravo u cijelosti identificira skok na preskoku.

- 7. faza – doskok

Doskok je zadnja faza preskoka i započinje od trenutka prvog kontakta prstiju stopala s podlogom do trenutka uspostavljanja stabilnog ravnotežnog položaja. Uključuje prvi kontakt stopala s podlogom, amortizaciju i opružanje tijela kao završnu sekvencu doskoka (Živčić Marković i Krističević, 2016). Pošto je doskok posljednja faza preskoka, sama kvaliteta skoka ovisi o sigurnoj izvedbi istoga te uvelike ostavlja dojam na sudce. U jednostavnijih skokova doskok je precizniji od onih kompleksnijih s višestrukim rotacijama oko uzdužne i poprečne osi a sama preciznost doskoka varira od 12% do 30% od ukupnog broja pokušaja (Čuk i Karacsony, 2004; Živčić Marković i Krističević, 2016).

## 2. UVOD U PROBLEM

Muška i ženska sportska gimnastika su gotovo drugačiji sportovi, jer su neke sprave potpuno različite, jedino su preskok i tlo konstrukcijski iste sprave u oba spola. Dvovisinske ruče su ženska sprava koja je evolucijski nastala iz paralelnih ruča (muška sprava), no način vježbanja pogotovo na gornjoj pritki je sličan vježbanju na muškoj preči. Tipično ženska sprava je greda te je ekvivalent karikama u muškoj gimnastici. Greda je sprava koja zahtijeva dinamičku ravnotežu i po izvedbi elemenata je slična vježbanju na tlu, uz naglasak na preciznost zbog uske površine sprave. Vježbanje na karikama zahtijeva ekstremu statičku snagu prvenstveno gornjeg dijela tijela i to u uvjetima održavanja različitih ravnotežnih položaja. Tlo je ista sprava u muškoj i ženskoj gimnastici samo je način vježbanja drugačiji, žene imaju glazbu. Vježba na tlu u gimnastičarki sadrži više estetske komponente nego akrobatike, za razliku od gimnastičara. Na tlu u gimnastičarki je vidljivo da je vježbom prestala dominirati estetska komponenta (koreografija) kako bi ostalo prostora za izvedbu tehnike, pošto ona određuje samu težinsku vrijednost vježbe. U zadnjih nekoliko godina primijećeno je da gimnastičarke više nisu graciozne kao prije već su počele izvedbu elemenata približavati gimnastičarima, uslijed novih tehnologija treninga koje nameću izmjene u Bodovnom pravilniku (uvođenje novih, težih elemenata), prehrane ili možda sustava selekcije. Evolucijom sporta estetska komponenta gibanja u ženskoj gimnastici i lakši akrobatski elementi bivaju zamijenjeni težim akrobatskim elementima. Sve je to posljedica promjena u Bodovnom pravilniku ženske sportske gimnastike, a zbog koje je došlo uslijed povećanja broja akrobatskih elemenata koji donose veću bodovnu vrijednost vježbe, poboljšanjem sprava i tehnologije treninga. Upravo zbog svih tih prethodno navedenih promjena koje nameće FIG-a svakim novim pravilnikom, za usporedbu tehnike između spolova, preskok kao sprava koja je konstrukcijski ista u oba spola može poslužiti kao dobar alat u otkrivanju razlika u tehnici između gimnastičara i gimnastičarki.

Gimnastika je karakterizirana po tome šta je veća zastupljenost gimnastičarki nego gimnastičara ali je puno manje studija provedeno u ženskoj nego u muškoj gimnastici (Silva, Santos-Rocha, Barata, i Saavedra, 2017). Ono što ima utjecaj na razlike između spolova je i sustav ocjenjivanja i kvalifikacija za velika natjecanja. Primjerice na Olimpijskim igrama 1992. u muškoj gimnastici pobjednik višeboja je bio i pobjednik finala po spravama (karike, preskok i paralelne ruče) (Vitaly Scherbo), no otvorenim sustavom ocjenjivanja i povećanjem specijalizacija po spravama, to je danas gotovo nemoguće dostići (Čuk i Šibanc, 2018). Isto tako novi sustav kvalifikacija za Olimpijske igre otvoriti će put specijalizantima pojedinih

sprava da izbere nastup na Olimpijskim igrama pojedinačno nastupom na Svjetskim kupovima i prvenstvima, ali ne više kroz ekipu ili višeboj. Ovakav sustav će prikupiti najbolje natjecatelje po spravama ali i povećati broj specijalizanata po spravama u oba spola. Uslijed specijalizacije dobna granica natjecatelja se povećava, što isto razlikuje spolove. U razdoblju od 2003. do 2016. godine došlo je do povećanja dobi u gimnastičarki za prosječno 3,3 godine i gimnastičara za prosječno 2,3 godine zbog specijalizacije, te specijalisti na preskoku ostaju duže aktivni natjecatelji a radi promjene sprave gimnastičarke su starije u odnosu na gimnastičare (Atiković, Delaš Kalinski, i Čuk, 2017). Dobne vrijednosti se razlikuju i po spravama pa su tako od 1928. do 2016. godine, najstarije natjecateljice olimpijskih igara i svjetskih prvenstava bile na gredi i preskoku, a nešto mlađe na tlu i to zbog povećanja kompleksnosti i težinskih vrijednosti elemenata svakim novim olimpijskim ciklusom pa je potrebno više vremena i iskustva kako bi izvodili što teže elemente te natjecatelji i natjecateljice ostaju duže aktivni (Atiković, Delaš Kalinski, i Čuk, 2017). Razlike po spolu su proučavane i s gledišta dobne granice za sudjelovanje na olimpijskim igrama, koja nije bila ista za gimnastičare i gimnastičarke zbog različite dobi kada gimnastičari i gimnastičarke počinju sa visoko-intenzivnim treningom (Delaš Kalinski, Jelaska, i Atiković, 2018). Najmlađe gimnastičarke se obično natječu u kvalifikacijama višeboja dok nešto starije u finalu po spravama, a značajna razlika je u dobi između natjecateljica kvalifikacija višeboja i finala preskoka, s obzirom da se u finalu preskoka obično natječu starije i iskusnije gimnastičarke zbog kompleksnosti skokova i vremena potrebnog za njihovo usavršavanje za razliku od ostalih sprava (Jelaska, Delaš Kalinski, i Crnjak, 2017). U muškoj gimnastici finalisti olimpijskih igara od 1980. do 2016. godine su pretežno u dvadesetima, a najstariji su finalisti na karikama i to značajno stariji od višebojaca i finalista na tlu (Delaš Kalinski, Jelaska, i sur., 2017). Gimnastičari obično dostižu vrhunac izvedbe u ranim dvadesetima, te imaju dobro razvijenu muskulaturu gornjeg dijela tijela, veliku jakost u odnosu na težinu, težište tijela je blizu osi rotacije i imaju mali moment inercije (Bale i Goodway, 1990).

Razlike između spolova u gimnastici proučavane su i sa antropološkog i morfološkog gledišta. Od 1956. godine, vrijednosti težine, dobi i indeksa tjelesne mase u američkih gimnastičarki su se prvo smanjivali pa povećavali, osim visine koja bilježi niže vrijednosti od 1980.-ih i 1990.-ih (Sands, Murray, McNeal, Slater, i Stone, 2018), ali su u zadnja četiri olimpijska ciklusa američke gimnastičarke postale veće (Sands, Slater, McNeal, Murray, i Stone, 2012). Do 1970. godine gimnastičarke su bile slične dobi a izvedba se temeljila na gracioznosti i artističnosti, dok su 1990.-ih bile mlađe, lakše i niže te ektomorfno somatotipa te time prikladnije za biomehaničke zahtjeve izvedbe elemenata (Bale i Goodway, 1990).

Istraživanje somatotipa po spolu 90-ih godina ukazuje na to da gimnastičari imaju visoku mezomorfiju i nisku endomorfiju dok su gimnastičarke više ektomorfne (Bale i Goodway, 1990). Nedavna istraživanja kao i ona prethodna ukazuju na to da gimnastičari u prosjeku imaju veću mezomorfiju, te manju endomorfiju komponentu, u usporedbi s gimnastičarkama, vrhunski gimnastičari karakterizirani su ektomezomorfnim somatotipom (Amigo, Faciabén, Evrard, Ballarini, i Marginet, 2009; Peeters i Claessens, 2013). Današnje gimnastičarke su generalno niskog rasta i male tjelesne mase s dominacijom ekto-mezomorfije, smanjene masne mase i kasnog sazrijevanja (Bacciotti, Baxter-Jones, Gaya, i Maia, 2017). Razlike u somatotipu proučavane su i u dobnim kategorijama, osobito u gimnastičara. U juniora i seniora zabilježena je mezomorfija (João i Filho, 2015; Massidda, Toselli, Brasili, i Calò, 2013), te veće vrijednosti u testovima jakosti i snage nego u juniora (Sterkowicz i sur., 2019). U gimnastičara u starijim kategorijama, te osobito u specijalizanata preskoka i tla prisutna je veća mezomorfija i niža ektomorfija (Sterkowicz i sur., 2019). Juniorke i seniorke su ekto-mezomorfnog somatotipa uz smanjenje ektomorfije u starijim dobnim kategorijama (Ferreira João i Filho, 2015; Bacciotti, Baxter-Jones, Gaya, i Maia, 2018). Gimnastičarke na preskoku na Olimpijskim igrama 1984. godine, su bile prosječno visoke 153 cm, a teške 44,0 kg, u usporedbi s prijašnjim istraživanjima su 2,7 cm niže i 1,5 kg lakše (Nelson, Gross, i Street, 1985). Ne tako davno istraživanje ukazuje na to da su i današnje gimnastičarke prosječne visine 153 cm, te prosječne težine 44 kg, dok su gimnastičari u prosjeku visoki 169 cm i teški 67 kg (Louer, Elferink-Gemser, i Visscher, 2012). Proučavana su i mišićna vlakna u gimnastičara i gimnastičarki te su se u gimnastičara pokazala puno bržima zbog toga što imaju veću maksimalnu jakost (Glenmark i sur., 2004). U razdoblju od 15 godina došlo je do morfoloških promjena u gimnastičara, zabilježene su značajne promjene u povećanju postotka mišićne mase i opsegu struka, premda nema značajne razlike ona ipak postoji u povećanju visine tijela, manjem postotku masti uslijed promjena u Pravilniku, poboljšanju sprava, povećanju težinskih vrijednosti elemenata (Šibanc, Kalichová, Hedbávný, Čuk, i Pajek, 2017). Razlike po spolovima tijekom godina su vidljive, iako su gimnastičari pretežno ostali mezomorfi sa smanjenom ektomorfijom, gimnastičarke su u početku bile ektomorfne, da bi se kroz godine somatotip mijenjao te postaju ekto-mezomorfnog somatotipa, premda specijalizanti preskoka u oba spola naginju prema mezomorfnom somatotipu. Ove promjene u sastavu tijela koje su vidljive u gimnastičarki nastale su uslijed promjena pravila te će se kroz godine pokazati da li će takvim tehnologijama treninga gimnastičarke diljem svijeta izjednačiti somatotip s gimnastičarima i temeljem toga pokazati da između spolova nema razlika te da gimnastičarke mogu izvoditi iste elemente na pojedinim spravama kao i gimnastičari. Temeljem frekvencije srca, primitka kisika i koncentracije laktata preskok je

sprava s najnižom frekvencijom srca, zatim slijedi greda, dvovisinske ruče i tlo (Marina i Rodríguez, 2014). Istraživana je i povezanost antropometrije na uspjeh i ocjene na spravama u gimnastičarki, a rezultati su pokazali da postoji korelacija između antropoloških varijabli i uspjeha ali nema dovoljno povezanosti za predikciju ocjena (Claessens, Lefevre, Beunen, i Malina, 1999).

U gimnastici je najviše biomehaničkih istraživanja provedeno na preskoku u odnosu na druge discipline jer se izvedba sastoji od jednoga pokreta, pa je iz toga razloga i često istraživana sprava ali većinom deskriptivnog karaktera (Prassas i sur., 2006). Pretežno istraživana skupina skokova na preskoku su skokovi premetom (45%), *Yurchenko* (10%) i *Tsukahara* (5%) naskokom na spravu, a razlog zašto su *Tsukahara* preskoci najmanje istraživani je zbog njihove kompleksnosti izvedbe (Fernandes, Carrara, Serrao, Amadio, i Mochizuki, 2016). Trend izvedbe skokova na preskoku nije bio isti prije trideset godina. Najčešći skokovi koje su gimnastičarke izvodile 1984. godine na Olimpijskim igrama na preskoku bili su *Cuervo*, *Tsukahara*, *Yurchenko* skokovi (Nelson i sur., 1985). U zadnja dva olimpijska ciklusa gimnastičarke od ukupno svih skokova na preskoku najčešće izvode 51% *Yurchenko* skokove, 24,5% skokove premetom i 24,5% *Tsukahara* skokove (Schärer, Lehmann, Naundorf, Taube i Hübner, 2019). Gimnastičari dominantno izvode *Tsukahara* skokove, 69%, zatim skokove premetom 19% i 12% *Yurchenko* skokove (Schärer i sur., 2019). Razlog tomu je napredak gimnastičkih elemenata, promjena sprave i na kraju težinska vrijednost skoka. U periodu od 2008. do 2016. godine u gimnastičarki je došlo do progresije u težini, kvaliteti i kompleksnosti skokova, gdje za prvi skok najveću frekvenciju zauzimaju skokovi iz skupine četiri (*Yurchenko*), a za drugi skok su preskoci iz skupine pet (*Yurchenko* s okretom za 180° u prvom letu) (Delaš Kalinski, Atiković i Jelaska, 2017). U muškoj sportskoj gimnastici preskok je najbitnija sprava za gimnastičare koji se natječu u višeboju te sprava na kojoj je najlakše dobiti visoku težinsku vrijednost (*D-ocjenu*<sup>10</sup>) (Čuk i Atiković, 2009) i visoku *E-ocjenu*<sup>11</sup> (Atiković, Delaš Kalinski, Kremnický i Samardžija Pavletič, 2014; Atiković, Delaš Kalinski, Bijelić i Avdibašić, Vukadinović, 2012; Delaš Kalinski, Atiković, Jelaska i Milić, 2016). Razlike između pojedinih težinskih skupina preskoka istraživane su samo u muškoj sportskoj gimnastici (Farana, Uchytíl, Zahradnik, Jandacka, i Vaverka 2014) a odnosile su se na razlike u ključnim dijelovima tehnike preskoka naskokom premetom i *Tsukaharom*. Dosadašnja istraživanja koja su provedena do 2001. godine kada je korišten stari konj za

---

<sup>10</sup> *D-ocjenu* – engl. *Difficulty* – težinska vrijednost skoka prema tablici elementa za preskok

<sup>11</sup> *E-ocjenu* – engl. *Execution* – izvedbena vrijednost (pogreške pri izvedbi)



preskok pokušala su izmjeriti odnos između svakog ili više aspekata skokova i ukupne ocjene sudaca (Bradshaw i sur., 2010). Nova sprava za preskok je bolja od stare za upor rukama i lakše stvaranje kutnog momenta te veće vertikalne brzine kod odriava prilikom izvedbe *Roche* skoka u gimnastičara (Čuk i Ferkolj, 2008). Isto tako ono čemu je doprinijela nova sprava je izvedba novih, težih elemenata. Pa tako povećanjem brzine odriava sa sprave kod skokova premetom teoretski se otvara mogućnost izvedbe premeta s dvostrukim saltom naprijed s jednim i pol okretom oko uzdužne osi tijela i premeta naprijed s trostrukim saltom naprijed (Hiley, Jackson i Yeadon, 2015). Ova teoretska činjenica danas se počela izvoditi i u praksi, prvenstveno u muškoj gimnastici te se biomehanika primjenjuje kao neizostavan dio kvalitetnog i sigurnoga napretka gimnastike.

Najvažniji biomehanički čimbenici koji su potrebni za izvedbu uspješnog skoka: morfološke karakteristike, brzina zaleta, trajanje odraza, položaj stopala na odraznoj dasci, trajanje prve faze leta, trajanje kontakta sa spravom, trajanje druge faze leta, visina skoka, udaljenost između odriava i drugog leta te doskok (Čuk i Karacsony, 2004). Relevantne trenajne mjere su prva faza leta prije kontakta sa spravom, dok su brzina zaleta i vrijeme kontakta s odraznom daskom puno pouzdanije kada se kvantificira izvedba skoka (Bradshaw, Hume, Calton i Aisbett, 2010). Razlike između pojedinih težinskih skupina preskoka istraživane su samo u muškoj sportskoj gimnastici a odnosile su se na razlike u ključnim dijelovima preskoka naskokom premetom i Tsukaharom gdje skokovi premetom zahtijevaju veću amplitudu u drugoj fazi leta te se smatraju zahtjevanijim i težim za izvedbu (Farana i sur., 2014). Odrasna svojstva odrazne daske (sile reakcije) proučavana su u gimnastičara prilikom izvedbe skokova premetom u laboratorijskim uvjetima kako bi se stvorila nova metoda za mjerenje sila reakcija odrazne daske (Sano, Ikegami, Nunome, Apriantono i Sakurai, 2007). Odras s odrazne daske se smatra bitnim jer se brzina postignuta u zaletu pretvara u ostale biomehaničke momente potrebne za izvedbu skoka (Greenwood i Newton, 1996). Trajanje prvog leta je različito po skupinama preskoka, premda se nisu radila istraživanja uspoređujući spol ili razlike u tehnici (Dimitrova, Bonka Tankusheva i Petrova, 2015; Fernandes i sur., 2016). U gimnastičara na preskoku je ustanovljeno da druga faza leta 95% utječe na težinsku vrijednost skoka (Atiković, 2012). Takva istraživanja nisu provedena u ženskoj gimnastici, ali se pretpostavlja da vrijedi isto. Glavni izvor razlika između skupina skokova su parametri kutova pojedinih segmenata tijela (Farana, Uchytíl, Jandacka, Zahradník i Vaverka, 2012). Trajanje drugog leta je različito s obzirom na skupinu skoka (Dillman, Cheetham, i Smith, 1985; Farana i sur., 2012; Motoshima i Maeda, 2015) i tehničku razinu (Takei, 2007; Takei i sur., 2007; Takei, Dunn i Blucker, 2003).

Primjerice, uspoređujući skupinu premeta i *Tsukahara* skokova, u premeta drugi let traje duže (Fernandes i sur., 2016). Nisu pronađene studije koje su uspoređivale spolne razlike koje su povezane sa skokom i visinom sprave (Fernandes i sur., 2016). Za razliku od drugih skupina skokova u *Tsukahara* skokova zbog rotacije tijela u prvom letu dolazi do gubitka brzine, dužeg trajanja kontakta sa spravom i niže visine drugog leta (Fernandes i sur., 2016). Uspoređivani su ključni kinematički parametri izvedbe *Tsukahara* skokova i skokova premetom u gimnastičara i utvrđeno je da se skokovi premetom smatraju težima (Farana i sur., 2012). Proučavana su i svojstva strunjača za doskoke tijekom izvedbe skokova s rotacijom prema naprijed i natrag (Mills, 2005). Biomehaničke varijable koji objašnjavaju i definiraju težinsku vrijednost skoka na preskoku, a ujedno su i prediktori skoka u gimnastičara su: broj rotacija oko poprečne i uzdužne osi i moment inercije oko poprečne osi u drugom letu (Atiković i Smajlović, 2011). Često su rađena istraživanja vezana uz težinske vrijednosti i izvedbene vrijednosti (penalizacije sudaca) skokova na preskoku. Najčešće tehničke pogreške koje objašnjavaju penalizaciju sudaca u *Yurchenko* skokova u gimnastičarki su zbog fleksije ramena i koljena pri kontaktu s daskom i u prvom letu (Penitente, 2014). Također, ono što je zanimljivo za preskok u muškoj gimnastici u razdoblju od 2005. do 2011. godine je činjenica da visoke E-ocjene imaju malu varijabilnost, ali dijele trend smanjenja prosječnih E-ocjena s drugim spravama, unatoč tome što se D-ocjena na ovoj spravi nije povećavala (Leskošek, Čuk i Bučar Pajek, 2013). Drugim riječima, natjecatelji nisu izvodili teže elemente već su nastojali izvedbu poboljšati temeljem E-ocjena. Biomehaničke varijable u gimnastičara koje su povezane s konačnom ocjenom su: brzina zaleta, trajanje odriva, drugog leta sve do doskoka (Sands i McNeal, 1995). Premda je pronađeno više skokova s većom ocjenom u *Tsukahara* nego u *Yurchenko* skupini, *Tsukahara* skokovi se lakše nadograđuju kod početnika zbog vizualnog pregleda sprave (Fernandes i sur., 2016). Na Olimpijskim igrama 1992. godine na preskoku u natjecateljskim uvjetima uspoređivano je 20 najbolje i 20 najlošije ocjenjenih premeta s okretom za 360° u gimnastičara u biomehaničkim parametrima gdje su bolje ocjenjeni skokovi pokazali razlike u sljedećim parametrima: većoj horizontalnoj i vertikalnoj brzini i većoj amplitudi drugog leta, većoj visini centra težišta tijela u okretu i bolje izvedenom doskoku u natjecateljskim uvjetima (Takei, Blucker, Dunn, Myers i Fortney, 1996).

Smatra se da kinematičke varijable variraju s obzirom na skupinu preskoka ali još uvijek nema dovoljno istraživanja da bi utvrdili prave razlike unutar skupina preskoka (Fernandes i sur., 2016). Biomehanička istraživanja skupine skokova premetom pretežno su provedena u gimnastičara, a odnosila su se na skokove premet pruženi salto s okretom za 360°, *Roche* skokove, dok su u žena istraživani jednostavniji skokovi. Biomehaničke varijable koje su bile

proučavane su: kut kuka i ramena u trenutku odraza i odriva, visina centra težišta tijela u trenutku odriva, i visina centra težišta tijela u drugom letu, horizontalna brzina (zalet), vertikalna brzina odraza i odriva. Za uspješnu izvedbu skokova premetom kod gimnastičarki bitni su slijedeći parametri: velika horizontalna brzina i duljina zaleta, velika vertikalna brzina u trenutku odraza s odraznom daskom, velika promjena vertikalne brzine na dasci te kratko vrijeme kontakta s daskom, velika horizontalna i vertikalna brzina u trenutku odraza s odraze daske, kratko vrijeme kontakta sa spravom, velika horizontalna i vertikalna brzina u trenutku odriva sa sprave, veća visinu i udaljenost te duže trajanje drugog leta (Takei i Kim, 1990). U skokova premetom manja udaljenost daske od sprave rezultira u različitom postavljanju ruku na spravu, kraću prvu fazu leta, kut odraza blizu  $90^\circ$  i dužu drugu fazu leta (Heinen, Jeraj, Thoeren i Vinken, 2011). Brojni kinematički parametri koji utječu na uspješnu izvedbu skupine skokova premetom u natjecateljskim uvjetima a pokazali su se bitnima su: velika horizontalna brzina i kutni moment u trenutku odraza, kraće vrijeme prvog leta i manja relativna visina odraza u prvom letu, te velika vertikalna brzina odriva (Takei, 1989; Takei, 1988). Da bi kasnije navedeni parametri preskoka premetom ostali isti dugi niz godina. Najvažniji biomehanički indikatori kod izvedbe preskoka premetom u natjecateljskim uvjetima u juniora su kutovi kukova u drugoj fazi leta i fazi upora na spravu ali postoji i pozitivna korelacija s konačnom ocjenom i snagom donjih ekstremiteta (Kochanowicz i sur., 2016). Optimalna tehnika postavljanja ruku na spravu pridonosi visini druge faze leta kod izvedbe premeta pruženog salta u gimnastičara u laboratorijskim uvjetima (Yeadon, Jackson i Hiley, 2014). Sile upora rukama o spravu kod izvedbe preskoka premetom u gimnastičarki pokazali su da maksimalna sila i vrijeme za postizanje maksimalne sile i kuta u ramenu su primarne varijable za uspješnu izvedbu preskoka premetom (Penitente i Sands, 2015). Postoje biomehaničke razlike u izvedbi premet-salta naprijed u gimnastičara na starom konju i na novoj spravi i to u kutu kuka u trenutku odraza s odrazne daske i u trenutku odriva sa sprave te tehnika zaleta i odraza s daske (Čuk i Ferkolj, 2008). Bolji i lošiji *Roche* skokovi izvedeni na natjecanju u gimnastičara se razlikuju u biomehaničkim parametrima, te bolji imaju veću visinu centra težišta tijela, pruženo tijelo kod odriva, veću visinu centra težišta tijela u najvišoj točki drugog leta, veći horizontalni i vertikalni pomak centra težišta tijela, veću rotaciju i više vremena za doskok te značajno manje grešaka pri doskoku (Takei, Dunn i Blucker, 2007). U natjecateljskim uvjetima na Svjetskom prvenstvu u Debrecenu, 2002. godine utvrđivane su kinematičke varijable tijekom specifičnih faza preskoka a koje utječu na kvalitetu izvedbe *Roche* skoka, a najvažnije su brzina zaleta i odraz s odrazne daske (Ferkolj, 2010). Biomehaničke varijable za optimalnu tehniku izvedbe premeta jednog i pola grčenog salta naprijed u gimnastičara su veća horizontalna brzina,

vertikalna silu odriva, veća visina i trajanje drugog leta, udaljenost od sprave i kutni moment (Gervais, 1994;Takei, 1991a). Horizontalna i vertikalna brzina u vrhunskih gimnastičara pri izvedbi premet grčenog salta naprijed bila je 0,44 (9%) i 0,07 m/s (3%), što je rezultiralo u neznatno kraćoj (0,02 s, 10%) fazi kontakta sa spravom; veća brzina rezultirala je većim trajanjem drugog leta (0,10s, 12%), visinom (0,19 m, 7%) i udaljenosti (0,64 m, 22%) za vrhunske gimnastičare u odnosu na niže rangirane gimnastičare (Takei i Kim, 1990). Faza kontakta sa spravom proučavana je kod izvedbe preskoka premet pruženi salto sa svrhom razvoja metode simuliranja Coulombovog trenja koja je uključivala i dinamičku i statičku fazu s ciljem implementacije trenja na preskoku (Jackson, Hiley i Yeadon, 2011). Proučavane su i različite metode treninga i njihov utjecaj na brzinu zaleta. Akutno statično istežanje prilikom zagrijavanja ima inhibitornu ulogu na brzinu zaleta prilikom izvedbe skokova premetom u gimnastičara (Papadopoulos, Mameletzi, Kellis, Siatras i Gerodimos, 2016).

*Yurchenko* skupina skokova je najviše istraživana u gimnastičarki s obzirom na to da ih najviše i izvode, i to *Yurchenko* pruženi i *Yurchenko* pruženi s okretom 360°. Biomehanički parametri koji su se najviše istraživali su: horizontalna brzina, vertikalna brzina odraza i odriva, trajanje prve i druge faze leta te kontakta sa spravom u trenutku odriva. U istraživanjima ove skupine preskoka posebna pažnja se pridavala optimalnoj strategiji učenja i metodičkim vježbama, te didaktičkim programima prvenstveno zbog kretnje leđima prema spravi u prvom letu. Kutni moment u trenutku odraza je ključni biomehanički parametar izvedbe najviših težinskih vrijednosti *Yurchenko* pruženih skokova (Uzunov, 2010). Visina i trajanje drugog leta i brzina segmenata tijela su važne za tehničku kvalitetu izvedbe *Yurchenko* pruženog salta (Potop i Timnea, 2012). Za postizanje visokih ocjena *Yurchenko* skokova u gimnastičarki potrebno je smanjiti kut tijela u trenutku postavljanja ruku na spravu i povećati vrijeme drugog leta (Eden, 2015). Na temelju biomehaničkih parametara utvrđivana je optimalna strategija za izvedbu *Yurchenko* pruženog salta u gimnastičarki (Koh i Jennings, 2007). Pruženi *Yurchenko* skok proučavan je u gimnastičarki s ciljem stvaranja njegove optimalne izvedbe temeljene na biomehaničkim varijablama (Koh, Jennings, Elliott i Lloyd, 2001, 2003). Bitne biomehaničke varijable za izvedbu *Yurchenko* skoka su u gimnastičarki utvrđene putem 3D kinematičke analize, a to su: maksimalna brzina odraza, minimalan gubitak horizontalne brzine kod odraza i optimalna vertikalna brzina odriva (Hedbávný i Kalichová, 2015). Ranija istraživanja horizontalne i vertikalne komponente odraza između spolova u skokova premetom ukazuju na to da gimnastičari prednjače u horizontalnoj i vertikalnoj brzini i brzini odraza u odnosu na gimnastičarke (Takei i Kim, 1990). U juniorki tijekom prve faze, akceleracija kuta u kukovima

za *Yurchenko* pruženi salto natrag iznosi  $19,02 \text{ m/s}^2$ , dok je za premet grčeni salto naprijed je  $21,83 \text{ m/s}^2$  (Dimitrova, Tankusheva i Petrova, 2015). Provodile su se i analize *Yurchenko* skokova s različitim drugim letom pa se zaključilo da su gimnastičarke na Olimpijskim igrama 1988. godine izvodile *Yurchenko* pruženi s okretom za  $360^\circ$  te imale kraći kontakt s odraznom daskom i spravom te duže vrijeme druge faze leta u odnosu na *Yurchenko* pružene skokove (Kwon, Fortney i Shin, 1990). Uspoređivane su i metodičke vježbe za učenje *Yurchenko* skoka u gimnastičarki (Elliott i Mitchell, 1991) te nove metode modernih didaktičkih programa učenja *Yurchenko* preskoka (Gogean Groza, 2009; Potop, Mihailă i Urichianu, 2015). Učenje *Yurchenko* skokova temeljem biomehaničkih parametara proučavano je putem video analize (Potop, 2013) pa su temeljem ključnih biomehaničkih parametara izvedbe modelirane metode za učenje tehnike *Yurchenko* preskoka (Potop, Viorel i Valeriu, 2017). Istraživane su sile reakcije podloge između sprava u gimnastičarki. Preskok i tlo su slične sprave ako usporedimo početak izvedbe akrobatskih serija (premetom, rondatom) i osnovnih skupina naskoka na spravu (premetom, *Tsukaharom* i *Yurchenkom*). Pa tako postoje sličnosti u vertikalnim silama reakcije gornjih ekstremiteta tijekom izvedbe rondata na tlu i *Yurchenko* skoka na preskoku (Seeley i Bressel, 2005).

*Tsukahara* skokovi su s biomehaničkog aspekta najviše proučavani u gimnastičara jer su to skokovi koji se najviše i izvode u muškoj gimnastici. Različite tehnike postavljanja ruku na spravu, horizontalna brzina, kutna brzina, horizontalno-vertikalna komponenta su biomehaničke varijable koje su često korištene u istraživanjima *Tsukahara* skokova (Fernandes i sur., 2016). Bitni parametri izvedbe *Tsukahara* skokova dobivenih biomehaničkom analizom u natjecateljskim uvjetima u gimnastičara su: horizontalna brzina zaleta, trajanje prvog leta, horizontalno-vertikalna komponenta odriava u drugom letu, visina centra težišta tijela u drugom letu te relativni kutni moment i brzina zaleta smatraju se referentnim vrijednostima za sigurnu izvedbu drugog leta (Brehmer i Naundorf, 2014; Lim, 2004). Isto tako proučavane su različite tehnike postavljanja ruku na spravu za razliku od drugih skokova te utjecaj na izvedbu drugog leta (Farana i sur., 2012; Fernandes i sur., 2016; Kerwin, Harwood i Yeadon, 1993). Doprinos gornjih ekstremiteta u kutnom momentu oko centra težišta tijela je veća u *Kasamatsu* nego u *Tsukahara* skokova u trenutku odriava (Fernandes i sur., 2016; Motoshima i Maeda, 2015). U gimnastičarki (juniorke) tijekom prve faze, proučavane su akceleracije kuta u kukovima za sklonjenu *Tsukaharu* u odnosu na ostale skupine skokova (Dimitrova, Tankusheva i Petrova, 2015).

Zalet je bitna faza preskoka, osobito jer se njime postiže horizontalna brzina trčanja potrebna za izvedbu ostalih faza preskoka (Fernandes i sur., 2016; Krug, Knoll, Kothe i Zoher, 1998; Naundorf i sur., 2008). Brzina zaleta je intenzivno proučavana u trenažnim (Bradshaw i sur., 2010; Brehmer i Naundorf, 2011; Coventry, Sands i Smith, 2006) i natjecateljskim uvjetima (Naundorf, Brehmer, Knoll, Bronst i Wagner, 2008; Sands, 2000; Krug i sur., 1998). Nekoliko istraživanja brzine zaleta provedeno je na velikim natjecanjima poput Svjetskih prvenstava 1997. i 2007. godine (Krug i sur., 1998) te 2010. godine (Filius i sur., 2012). Proučavane su razlike u brzini zaleta u različitim skupinama skokova (premet, *Tsukahara* i *Yurchenko*) (Fernandes i sur., 2016; Krug i sur., 1998) ali i između spolova (Krug i sur., 1998; McNitt-Gray, Mathiyakom, Requejo, i Costam, 2000; Naundorf i sur., 2008). Sama brzina zaleta ovisi o težini preskoka koji se izvodi, općenito težinski lakši preskoci zahtijevaju sporiji zalet i obrnuto. Veća brzina trčanja – zaleta je potrebna za izvedbu težih preskoka (Bradshaw, 2004; Prassas i sur., 2006). Zabilježena su i kontinuirana praćenja brzine zaleta, pa tako imamo da je uvođenjem nove sprave došlo do promjene u brzini zaleta. Do 2001. godine gimnastičari i gimnastičarke su izvodili preskoke preko konja (visina sprave je bila veća u gimnastičara) te je sprava bila postavljena po dužini za gimnastičare i po širini za gimnastičarke (McNitt-Gray i sur., 2000). Nakon 2001. godine došlo je do promjene u brzini zaleta i to njezinog povećanja zbog uvođenja nove sprave za preskok (Filius i sur., 2012). Spolne razlike u brzini zaleta proučavane su na staroj i novoj spravi. Promjenom sprave i napretkom skokova u gimnastičara i gimnastičarki zabilježeno je povećanje brzine zaleta u svim skupinama skokova, osim za *Yurchenko* skupinu (Naundorf i sur., 2008). Gimnastičari su brži od gimnastičarki u skokovima premetom i *Tsukaharom* nego gimnastičarke, ali u *Yurchenko* skokova su slični kao i gimnastičarke (Fernandes i sur., 2016; Schärer i sur., 2019). Od 1997. godine postoji značajno povećanje u brzini zaleta osim za skokove *Yurchenko* u gimnastičara (Naundorf, i sur., 2008). Razlog tomu je tehničko poboljšanje skokova koje zahtijevaju veću brzinu zaleta (Naundorf i sur., 2008). Brzina zaleta se razlikuje u gimnastičara i gimnastičarki ali i između skokova. Skokovi premetom imaju najbrži zalet, zatim slijede *Tsukahara* i *Yurchenko* skokovi (Naundorf i sur., 2008). Isto tako provedene su analize maksimalne brzine zaleta, ubrzanja, deceleracije u različitim skupina preskoka u vrhunske i srednje klase gimnastičara (Van Der Eb i sur., 2012; Sands, 2000; Veličković, Petković i Petković, 2011; Henry i Trafton, 1951; Sands, 1984; Brehmer i Naundorf, 2011; McNitt-Gray, Costa, Mathiyakom i Requejo, 2001; Bradshaw, 2004), dok je u vrhunskih gimnastičarki provedena analiza krivulje ubrzanja u juniorki i seniorki između skokova premetom, *Yurchenkom* i *Tsukaharom* (Bradshaw, 2004; Sands i McNeal, 1999; Van Der Eb i sur., 2012; Sands i Cheltham, 1986; Takei, 1990). Povezanost

ocjene i brzine zaleta u različitim vrstama skokova (premetom, *Yurchenkom* i *Tsukaharom*) proučavane su u gimnastičara i gimnastičarki (Schärer i sur., 2019). Istraživanje provedeno na Svjetskom prvenstvu 1997. godine pokazalo je umjerenu korelaciju ( $r=0,68$ ,  $p<0,01$ ) između prosječne brzine zaleta i ocjene sudaca (Krug i sur., 1998). Nije pronađena nikakva veza između horizontalne brzine odriava i rezultata, dok postoji jasna povezanost za vertikalnu brzinu: veća vertikalna brzina odriava povezana je s većom ocjenom (Van Der Eb i sur., 2012). Ukratko, zalet je pod utjecajem skupine preskoka, spola (Veličković i sur., 2011) i tehničke razine (Bradshaw, 2004; Fernandes i sur., 2016; Knudson, 2007). Mjesto odraza s odrazne daske proučavano je samo u gimnastičara, ali se nije pokazalo značajnim (Coventry i sur., 2006). Faza odraza pokazala je razlike po spolovima, naime gimnastičarke imaju manji kut centra težišta tijela u odnosu na odraznu dasku (Francine, Yamauchi, Carrara, Santiago Tupiniquim i Mochizuki, 2007; Fernandes i sur., 2016). Razlike po spolu su prisutne i u fazi odriava i drugog leta gdje se gimnastičari duže zadržavaju na spravi i imaju duže trajanje drugog leta iako gimnastičarke imaju duže trajanje prvog leta (Atiković, Tabaković, Hmjelovjec, Delaš Kalinski i Stoicescu, 2009b). U drugom letu su bile vidljive razlike u spolu zbog dužine sprave (tada konj za preskok) u muškoj gimnastici koji se skakao po dužini (McNitt-Gray i sur., 2000). U doskoku su zabilježene značajne razlike između spolova u položaju stopala (McNitt-Gray i sur., 2001). Malo studija se bavilo problematikom i uspoređivanjem kinematičkih varijabli kompleksnijih skokova na preskoku, a primjetan je i veliki izostanak istraživanja u kojima se razmatraju razlike između spolova. U posljednja dva olimpijska ciklusa vidljiv je veliki napredak u vrstama skokova i kod gimnastičarki koje su počele približavati težinsku izvedbu skokova posebno *Tsukahara* naskokom na spravu za preskok. Iako se *Tsukahara* skok rijetko izvodi u ženskoj gimnastici za razliku od *Yurchenko* skokova koji su najčešći u ženskoj gimnastici, a rijetko se izvode u muškoj gimnastici. Stoga postavlja se pitanje da li gimnastičarke u natjecateljskim uvjetima mogu izvoditi sigurno i uspješno skokove naskokom *Tsukahara* te da li se one podudaraju u odnosu na gimnastičare u vrijednostima istih kinematičkih varijabli u pojedinim ključnim položajima pojedinih faza preskoka, a koje se odnose na fazu: zaleta, naskoka na dasku i odraza, postavljanja ruku na spravu i odriava, te drugog leta i doskoka.

### 3. CILJ I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Cilj istraživanja je utvrditi postojanje razlika u kinematičkim pokazateljima skokova na preskoku naskokom *Tsukahara* između gimnastičara i gimnastičarki.

H1: gimnastičari će imati duži zadnji korak prije naskoka na odraznu dasku te veći kut centra težišta tijela u trenutku zadnjeg kontakta stopala s odraznom daskom od gimnastičarki;

H2: gimnastičari će imati veću udaljenosti između dlanova u trenutku postavljanja ruku na spravu, te duži kontakt dlanova sa spravom od gimnastičarki;

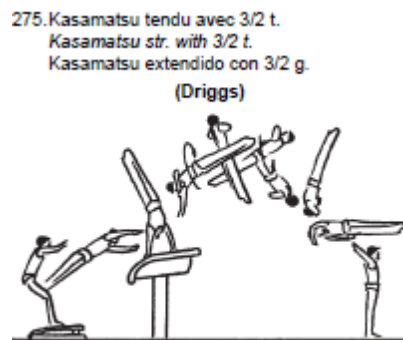
H3: gimnastičari će imati veći kut u ramenima u trenutku prvog i zadnjeg kontakta dlanova sa spravom od gimnastičarki.



## 4. METODE ISTRAŽIVANJA

### 4.1. Uzorak ispitanika

Uzorak ispitanika činili su skokovi vrhunskih gimnastičara i gimnastičarki, specijalizanata preskoka, sudionika natjecanja kvalifikacija i finala Svjetskog kupa u Osijeku 2017. godine - *FIG World Challenge Cup 2017*. U obzir su uzeti skokovi iz skupine naskokom *Tsukahara*. Ulaz na spravu premet s okretom od  $\frac{1}{2}$  do  $\frac{1}{4}$  ( $90^\circ$  do  $180^\circ$ ) definira se kao *Tsukahara* naskok na spravu. Gimnastičari su izveli skok pod nazivom *Driggs* – pruženi *Kasamatsu* skok s okretom za  $900^\circ$  ( $3/2$ ) (slika 8). Gimnastičarke su izvele skok pod nazivom *Tsukahara* pružena s okretom za  $360^\circ$  ( $1/1$ ) (slika 9).

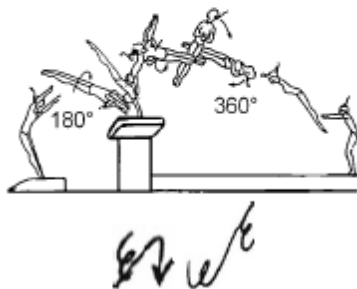


Slika 8. *Driggs*

(preuzeto iz FIG MAG Code of Points, 2017)

3.32  
*Tsukahara stretched with 1/1 turn  
(360°) off*

4.80 P.



*Slika 9. Tsukahara pružena 360°*

(preuzeto iz FIG WAG Code of Points, 2017)

Kinematičkom analizom obrađeno je po 5 skokova gimnastičarki i 5 skokova gimnastičara.

#### **4.2. Način provedbe istraživanja**

Mjerenje je provedeno u situacijskim uvjetima, tijekom natjecanja svjetskog kupa za vrijeme kvalifikacija i finala.

#### **4.3. Mjerni instrumenti**

Težina i visina tijela izmjerena je uređajem Tanita (Segmental Body Composition Monitor, Inner ScanV, Amsterdam The Netherlands). Nakon što su natjecatelji završili s nastupom na spravi provedeno je mjerenje antropoloških i morfoloških karakteristika. Brzina zaleta izmjerena je uređajem za mjerene brzine Stalker Pro II Sports Radar (Applied Concepts, Inc., Texas, USA). Uređaj za mjerenje brzine bio je postavljen iza doskočišta u smjeru izvođenja zaleta. Brzina zaleta izmjerena je u km/h, i preračunata u m/s matematičkom formulom:  $\text{km/h} \times 1000/3600$ .

#### **4.4. Prikupljanje kinematičkih podataka**

Snimanje je izvršeno s tri DV kamere (Sony HDR-HC9E), brzine snimanja 50 slika u sekundi s brzinom zatvarača na 1/1000. Kamere su bile smještene pod kutom od 45° u smjeru kretanja ispitanika u odnosu na os sprave, gdje je jedna bila postavljena na natjecateljskom podiju na udaljenosti od 1-2 metra od sprave, druga na tribinama udaljenosti 5-7 metara od sprave, te

treća kamera također na tribinama ali na udaljenosti 10-12 metara. Prije i nakon snimanja, a u svrhu precizne kalibracije prostora, kamerama je snimljen referentni okvir (180x180x180 cm). Referentni okvir (Slika 10) je snimljen tri puta: na odraznoj dasci, na spravi za preskok gdje je zbog visine sprave i natjecatelja postavljen na povišenje od 75 cm i na doskočištu. Iz razloga preciznijeg izračunavanja, a također i preračunavanja pojedinih ekstrahiranih parametara. Svi skokovi su bili locirani na isti način obzirom na kontakt sa spravom.

Kako referentni okvir definira koordinatni sustava, koji je korišten pri analizi podataka, redosljed učitavanja točaka sa okvira je proveden tako da se os  $x$  podudara s dužinom, os  $y$  s visinom i os  $z$  s dubinom analiziranog gibanja. Sva su gibanja izvedena u istom pravcu kretanja. Istovremeno je snimljena tzv. „čvrsta točka“, vidljiva tijekom cijelog gibanja sa sve tri kamere kod svih snimljenih kretnih struktura.



*Slika 10. položaj referentnog okvira*

#### 4.5. Obrada i izračun kinematičkih podataka

Obrada i kinematička 3D analiza podataka u ovom istraživanju provedena je sustavom APAS (Ariel Performance Analysis System) (APAS, 2016), uzimajući u obzir specifičnosti kretnih struktura gibanja nametnute stereotipima snimljenih skokova. Video materijali sa sve tri kamere arhivirani su na tvrdi disk računala kao *Microsoft avi* nekomprimirani digitalizirani video format. Nakon toga uslijedilo je pretvaranje video zapisa u niz slika u digitaliziranom formatu koje su vremenski usklađene za sve tri kamere svakog pojedinog skoka. Daljnje procesiranje podataka učinjeno je kroz *modul digitalizacije* referentnih točaka tijela za svaku sliku video zapisa. Identificirano i digitalizirano je 18 referentnih točaka na 14-segmentalnom modelu tijela kojeg čine stopala (2), potkoljenice (2), natkoljenice (2), trup (2), dlanovi (2), podlaktice (2), nadlaktice (2) i glava. Implementirani antropometrijski model zasnovan je na modelu prilagođenom sustavu APAS (Zaciorski, Aurin i Selujanov, 1981). Isto tako je za svaku kameru digitalizirano (manualno) osam točaka koje određuju kalibracijski okvir i fiksna točka. Nakon toga su defilirana točna vremena sinkronizacije za sve tri kamere.

U *transformacijskom modulu* digitalizirani zapisi sa sve tri kamere spojeni su u trodimenzionalni prostor metodom linearne transformacije (Abdel-Aziz i Karara, 1971). Tako su dobivene su realne veličine trodimenzionalnih koordinata položaja referentnih točaka tijela analiziranih gibanja.

*Modul filtriranje* omogućio je uklanjanje šumova i mogućih pogrešaka nastalih prilikom digitalizacije referentnih točaka tijela. Filtriranje podataka za svaku referentnu točku izvršeno je *Cubik Spline* filterom (McLaughlin, Dillman i Lardner, 1977). Iz prethodno pripremljenih podataka izračunati su kinematički parametri koji definiraju tehniku svakoga skoka, a to su kutovi između pojedinih segmenata tijela, visine centra težišta tijela, kutovi i vremenski pomaci centra težišta tijela, brzine centra težišta tijela u ključnim točkama pojedinih faza.

U *Apasview modulu* izvršena je prezentacija podataka kroz animaciju, grafikone i numeričke vrijednosti dobivenih rezultata.

## 4.6. Varijable

*Tablica 1. antropološke varijable*

<b>NAZIV VARIJABLE</b>	<b>KRATICA</b>	<b>MJERNA JEDINICA</b>
Visina tijela	VT	cm
Težina tijela	TT	kg
Godište	DOB	godina

*Tablica 2. morfološke varijable*

<b>NAZIV VARIJABLE</b>	<b>KRATICA</b>	<b>MJERNA JEDINICA</b>
Prosječne vrijednosti postotka masnoga tkiva	BF	%
ukupna mišićna masa	TMM	kg

Tablica 3. varijable po fazama skoka – faza zaleta, naskoka na dasku, odraza i prvog leta

<b>NAZIV VARIJABLE</b>	<b>KRATICA</b>	<b>MJERNA JEDINICA</b>
Brzina zaleta	BZ	m/s
duljina zadnjeg koraka	DZK	cm
kut u zglobovima kukova u prvom kontaktu stopala s odraznom daskom – lijevi kuk	KKUPKSDLK	stupnjevi°
kut u zglobovima kukova u prvom kontaktu stopala s odraznom daskom – desni kuk	KKUPKSDDK	stupnjevi°
kut u zglobovima koljena u prvom kontaktu stopala s odraznom daskom – lijevo koljeno	KKOPKSDLKO	stupnjevi°
kut u zglobovima koljena u prvom kontaktu stopala s odraznom daskom – lijevo koljeno	KKOPKSDDKO	stupnjevi°
vrijeme trajanja odraza	VODRZ	s (sekunde)
kut centra težišta tijela u odnosu na podlogu u trenutku zadnjeg kontakata stopala s odraznom daskom	KCTZKSD	stupnjevi°
kutovi u zglobovima ramena u zadnjem kontaktu stopala s odraznom daskom – lijevo rame	KRAZKSDLR	stupnjevi°

kutovi u zglobovima ramena u zadnjem kontaktu stopala s odraznom daskom – desno rame	KRAZKSDDR	stupnjevi°
Horizontalna brzina centra težišta tijela u trenutku zadnjeg kontaktu stopala s podlogom,	HBCTZKSTP	m/s
Vertikalna brzina centra težišta tijela u trenutku zadnjeg kontaktu stopala s odraznom daskom	VBCTZKSTOD	m/s

Tablica 4. Varijable po fazama skoka – faza odriva

<b>NAZIV VARIJABLE</b>	<b>KRATICA</b>	<b>MJERNA JEDINICA</b>
visina centra težišta tijela u odnosu na os sprave u prvom kontaktu dlanova sa spravom	VCTOSPKDS	cm
kut centra težišta tijela u odnosu na os sprave u prvom kontaktu dlanova sa spravom	KCTOSPKDS	stupnjevi <sup>o</sup>
kutovi zglobova ramena u prvom kontaktu dlanova sa spravom – lijevo rame	KRAPKDSLR	stupnjevi <sup>o</sup>
kutovi zglobova ramena u prvom kontaktu dlanova sa spravom – desno rame	KRAPKSDR	stupnjevi <sup>o</sup>
kutovi u zglobovima laktova u prvom kontaktu dlanova sa spravom – lijevi lakat	KLAPKDSLL	stupnjevi <sup>o</sup>
kutovi u zglobovima laktova u prvom kontaktu dlanova sa spravom – desni lakat	KLAPKSDL	stupnjevi <sup>o</sup>
kutovi u zglobovima kukova u prvom kontaktu dlanova sa spravom – lijevi kuk	KKUPKDSLK	stupnjevi <sup>o</sup>
kutovi u zglobovima kukova u prvom kontaktu dlanova sa spravom - desni kuk	KKUPKDS	stupnjevi <sup>o</sup>
udaljenost između dlanova u prvom kontaktu sa spravom	UDLPKS	cm
vrijeme trajanja odriva	VODR	sekunde (s)
kut u zglobovima ramena u trenutku zadnjeg kontakta dlanova sa spravom – lijevo rame	KRAZKDSLR	stupnjevi <sup>o</sup>



kut u zglobovima ramena u trenutku zadnjeg kontakta dlanova sa spravom – desno rame	KRAZKDSDR	stupnjevi°
horizontalna brzina centra težišta tijela u trenutku prvog kontakta dlanova sa spravom	HBCTPKDSP	m/s
vertikalna brzina centra težišta tijela u trenutku prvog kontakta dlanova sa spravom	VBCTPKDSP	m/s
vertikalna brzina centra težišta tijela u trenutku zadnjeg kontakta dlanova sa spravom	VBCTZKDSP	m/s
Vremenska razlika između postavljanja ruku na spravu	VRNPS	sekunde (s)

Tablica 5. varijable po fazama skoka – faza drugog leta

<b>NAZIV VARIJABLE</b>	<b>KRATICA</b>	<b>MJERNA JEDINICA</b>
visina centra težišta tijela u odnosu na os sprave do maksimalne visine leta	VCTOSMVL	cm
kut centra težišta tijela u odnosu na podlogu prilikom prvog kontakta stopala s podlogom	KCTPPKSTP	stupnjevi <sup>o</sup>
udaljenost stopala od sprave pri prvom kontaktu s podlogom	USTSPKP	cm
kutovi zglobova koljena pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom – lijevo koljeno	KKOPKSTSLK	stupnjevi <sup>o</sup>
kutovi zglobova koljena pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom – desno koljeno	KKOPKSTSDK	stupnjevi <sup>o</sup>
kutovi zglobova kukova pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom – lijevi kuk	KKUPKSTSLK	stupnjevi <sup>o</sup>
kutovi zglobova kukova pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom – desni kuk	KKUPKSTSDK	stupnjevi <sup>o</sup>

#### 4.7. Metode obrade podataka

Procesiranje kinematičkih podataka tijekom izvedbe analiziranih preskoka izvršeno je se prema standardima programskog sustava *APAS (Aerial Performance Analysis System)* Ariel Dynamics Inc. (Science serving Industry, Sports, and Human Performance USA), uvažavajući specifičnosti što ih nameću motorički stereotipi koji su bili predmet analize. Provoditi će se u nekoliko faza: digitalizacija video zapisa, digitalizacija referentnih točaka tijela, transformacija u trodimenzionalni prostor, filtriranje podataka i izračunavanje kinematičkih veličina.

Za obradu dobivenih podataka korišten je programski paket Statistica 13.4.0.14. (TIBCO Dana Science Software).

Izračunata je osnovna deskriptivna statistika svih varijabli. Za utvrđivanje normaliteta distribucije podataka korišten je Shapiro-Wilk test, na razini  $p < 0,05$ . Za utvrđivanje statistički značajnih spolnih razlika u kinematičkim varijablama a koje su normalno distribuirane korištena je univarijantna analiza varijance, ANOVA s Bonferronijevom korekcijom. Levenovim testom je provedeno testiranje homogenosti varijanci između populacija varijabli. Nehomogene varijable izračunate su Welch t-testom. Neparmetrijske varijable izračunate su Mann-Whitney U testom.

## 5. REZULTATI

### 5.1. Antropološka obilježja gimnastičara i gimnastičarki na preskoku

Osnovni deskriptivni pokazatelji antropoloških varijabli u gimnastičara prikazani su u tablici 6. Prosječna visina tijela (VT) iznosi  $170,40 \pm 5,50$  cm, s najmanjom vrijednošću od 165,00 cm i najvećom od 176,00 cm. Prosjek za varijablu težina tijela (TT) iznosi  $65,08 \pm 6,36$  kg, u rasponu od 57,80 kg do 75,30 kg. Prosječna vrijednost za varijablu (DOB) iznosi  $21,80 \pm 2,49$  godina.

Tablica 6. deskriptivna statistika antropoloških karakteristika gimnastičara na preskoku

Varijable	N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
VT	5	170,40	165,00	176,00	5,50
TT	5	65,08	57,80	75,30	6,36
DOB	5	21,80	20	26	2,49

Legenda: N=broj ispitanika; Mean=aritmetička sredina; Minimum=najmanja vrijednost; Maximum=maksimalna vrijednost; Std.Dev.=standardna devijacija

Osnovni deskriptivni pokazatelji antropoloških varijabli u gimnastičarki prikazani su u tablici 7. Prosječna visina tijela (VT) iznosi  $163,20 \pm 5,54$  cm, s najmanjom vrijednošću od 158,00 cm i najvećom od 169,00 cm. Prosjek za varijablu težina tijela (TT) iznosi  $51,72 \pm 6,46$  kg, u rasponu od 43,80 kg do 58,40 kg. Prosječna vrijednost za varijablu (DOB) iznosi  $21,00 \pm 3,00$  godina.

Tablica 7. deskriptivna statistika antropoloških karakteristika gimnastičarki na preskoku

Varijable	N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
VT	5	163,20	158,00	169,00	5,54
TT	5	51,72	43,80	58,40	6,46
DOB	5	21,00	18	24	3,00

Legenda: N=broj ispitanika; Mean=aritmetička sredina; Minimum=najmanja vrijednost; Maximum=maksimalna vrijednost; Std.Dev.=standardna devijacija

### 5.1.1. Razlike u antropološkim varijablama između gimnastičara i gimnastičarki

Tablica 8 prikazuje Levenov test homogenosti varijanci dvije populacije (gimnastičari i gimnastičarke). Varijance prikazanih varijabli su homogene.

Tablica 8. Levenov test homogenosti varijanci antropoloških varijabli gimnastičara i gimnastičarki

Varijable	MS Effect	MS Error	F	p
VT	0,06	4,50	0,01	0,91
TT	3,94	12,78	0,31	0,59

Legenda:  $p$ =statistički značajna vrijednost,  $p < 0,05$

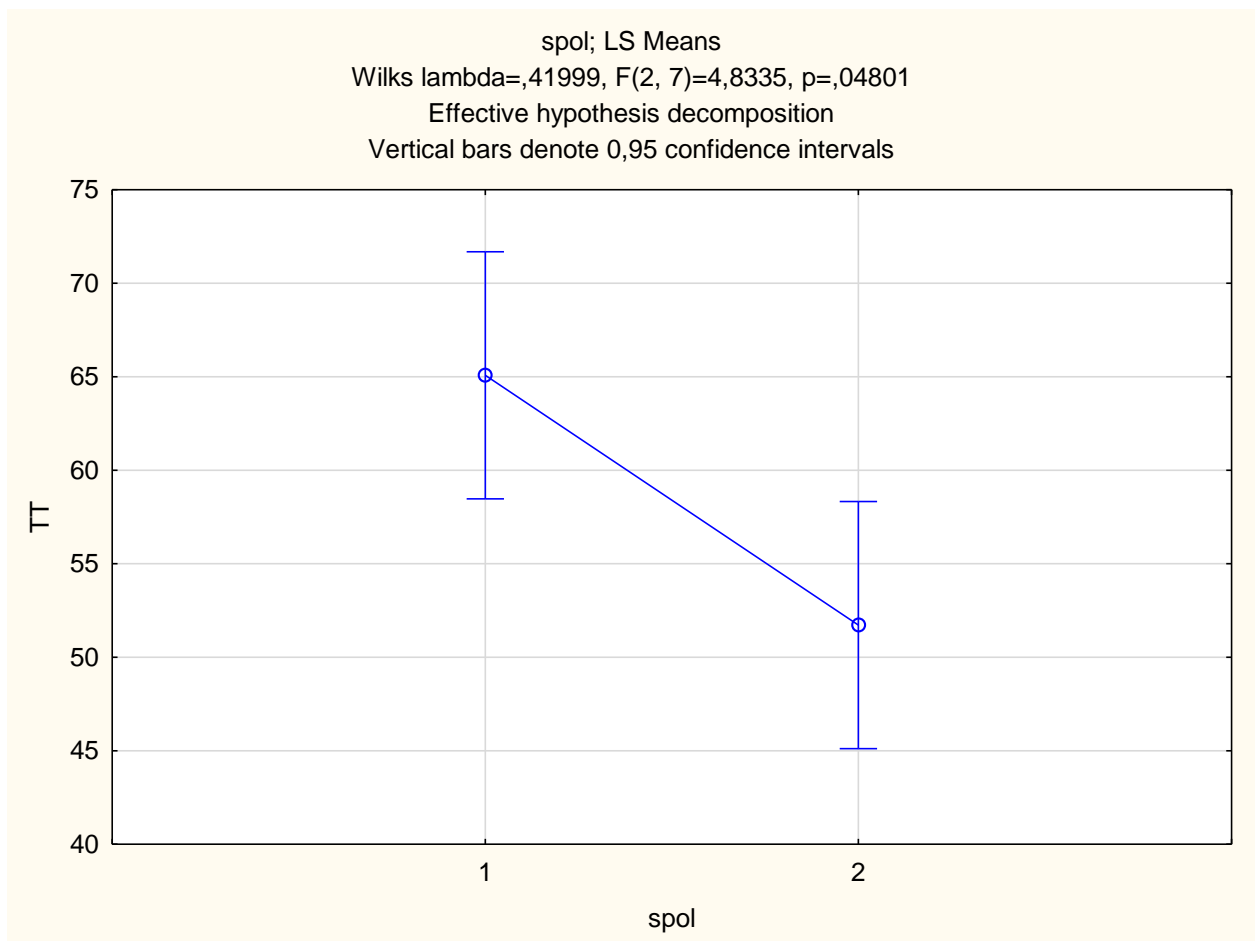
Rezultati Anova testa (tablica 9) ukazuju na to da postoji statistički značajna razlika između gimnastičara i gimnastičarki u varijabli težina tijela (TT),  $p=0,00$ .

Tablica 9. One-Way Anova antropoloških varijabli gimnastičara i gimnastičarki

Varijable	Multiple R	Multiple R <sup>2</sup>	Adjusted R <sup>2</sup>	SS Model	df Model	MS Model	SS Residual	df Residual	MS Residual	F	p
VT	0,59	0,35	0,27	129,60	1	129,60	244,00	8	30,50	4,25	0,07
TT	0,76	0,58	0,52	446,22	1	446,22	328,56	8	41,07	10,87	0,01*

Legenda: \*=statistički značajna vrijednost,  $p < 0,05$

Rezultati post-hoc analize (slika 11) ukazuju da postoji statistički značajna razlika u varijabli težina tijela (TT) između gimnastičara ( $65,08 \pm 6,36$  kg) i gimnastičarki ( $51,72 \pm 6,46$  kg °)  $p=0,01$ .



Slika 11. Bonferroni post-hoc test za varijablu TT

## 5.2. Morfološka obilježja gimnastičara i gimnastičarki na preskoku

Tablica 10 prikazuje osnovne deskriptivne parametre morfoloških obilježja u gimnastičara. Prosječne vrijednosti postotka masnoga tkiva (BF) iznose  $6,20 \pm 0,95\%$ , s najmanjom vrijednošću  $5,30\%$  i najvećom  $7,80\%$ . Prosjek za varijablu ukupna mišićna masa (TMM) iznosi  $58,36 \pm 5,09$  kg s rasponom od 52,00 kg do 66,00 kg.

Tablica 10. deskriptivna statistika morfoloških obilježja gimnastičara na preskoku

Varijable	N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
BF	5	6,20	5,30	7,80	0,95
TMM	5	58,36	52,00	66,00	5,09

Legenda: *N*=broj ispitanika; *Mean*=aritmetička sredina; *Minimum*=najmanja vrijednost; *Maximum*=maksimalna vrijednost; *Std.Dev.*=standardna devijacija

Tablica 11 prikazuje osnovne deskriptivne parametre morfoloških obilježja u gimnastičarki. Prosječne vrijednosti postotka masnoga tkiva (BF) iznose  $10,20 \pm 1,02\%$ , s najmanjom vrijednošću  $9,30\%$  i najvećom  $11,30\%$ . Prosjek za varijablu ukupna mišićna masa (TMM) iznosi  $46,26 \pm 5,23$  kg s rasponom od 37,50 kg do 50,30 kg.

Tablica 11. deskriptivna statistika morfoloških obilježja gimnastičarki na preskoku

Varijable	N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
BF	5	10,20	9,30	11,30	1,02
TMM	5	46,26	37,50	50,30	5,23

Legenda: *N*=broj ispitanika; *Mean*=aritmetička sredina; *Minimum*=najmanja vrijednost; *Maximum*=maksimalna vrijednost; *Std.Dev.*=standardna devijacija

### 5.2.1. Razlike u morfološkim obilježjima u gimnastičara i gimnastičarki

Tablica 12 prikazuje Levenov test homogenosti varijanci dvije populacije (gimnastičari i gimnastičarke). Varijance prikazanih varijabli su homogene.

Tablica 12. Levenov test homogenosti varijanci morfoloških varijabli u gimnastičara i gimnastičarki

Varijable	MS Effect	MS Error	F	p
BF	0,14	0,24	0,60	0,46
TMM	0,00	11,44	0,00	0,99

Legenda:  $p$ =statistički značajna vrijednost,  $p < 0,05$

Rezultati Anova testa (tablica 13) ukazuju na to da postoji statistički značajna razlika između gimnastičara i gimnastičarki u varijablama postotak masnog tkiva (BF),  $p=0,00$  i ukupnoj mišićnoj masi (TMM),  $p=0,01$ .

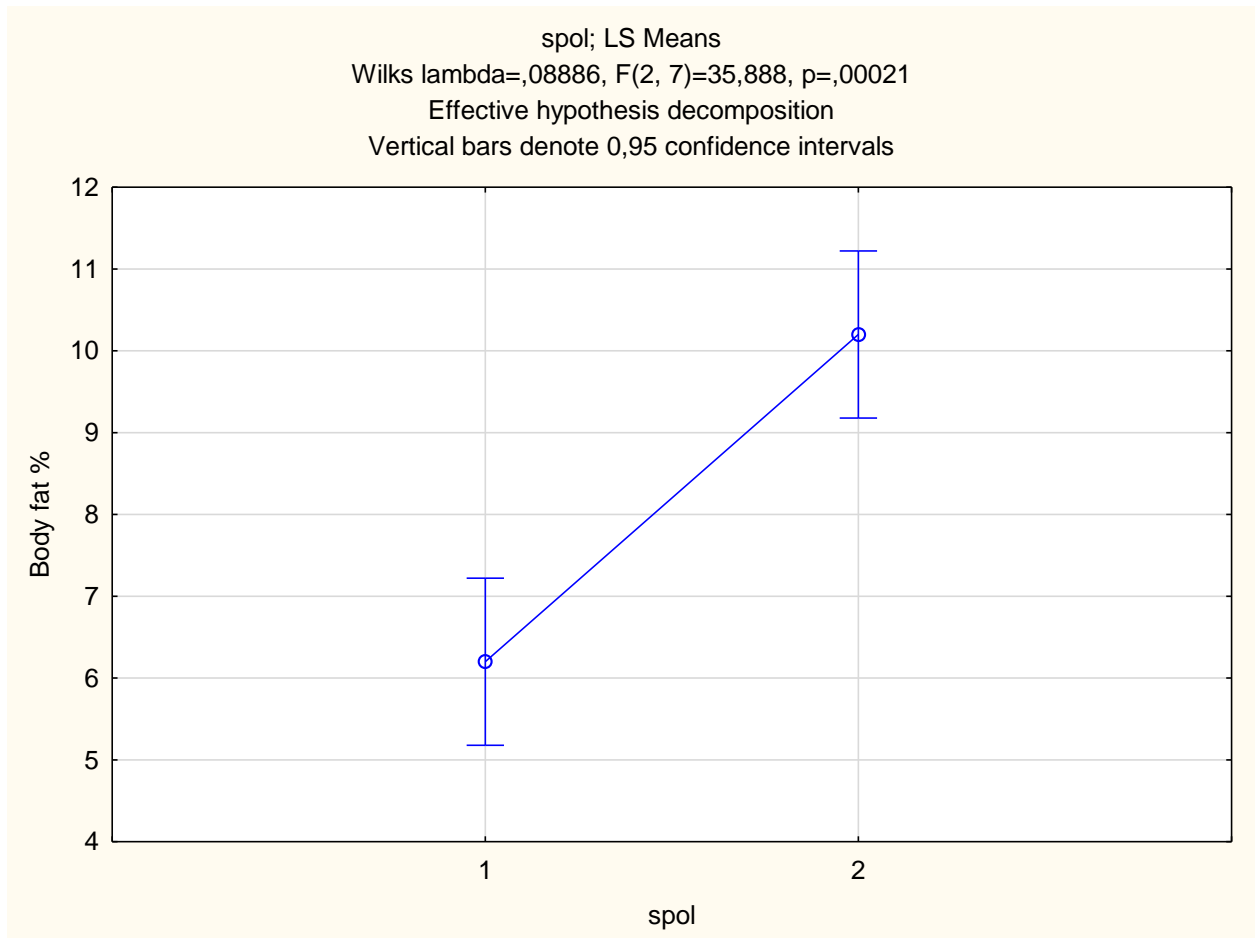
Tablica 13. One-Way Anova test morfoloških varijabli u gimnastičara i gimnastičarki

Varijable	Multiple R	Multiple R <sup>2</sup>	Adjusted R <sup>2</sup>	SS Model	df Model	MS Model	SS Residual	df Residual	MS Residual	F	p
BF	0,91	0,84	0,82	40,00	1	40,00	7,84	8	0,98	40,82	0,00*
TMM	0,79	0,63	0,59	366,03	1	366,03	213,18	8	26,65	13,74	0,01*

Legenda: \*=statistički značajna vrijednost,  $p < 0,05$

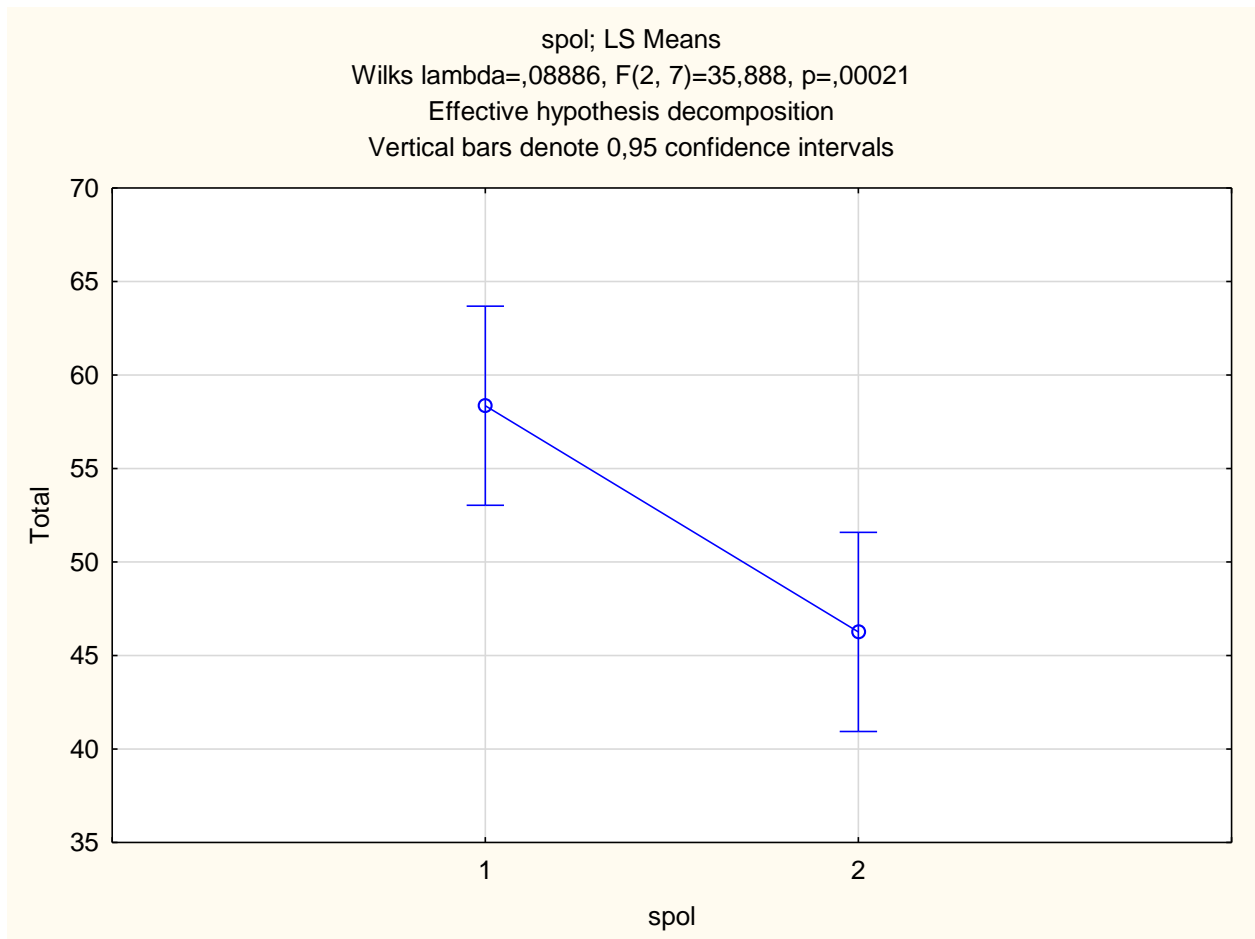


Rezultati post-hoc analize (slika 12) ukazuju da postoji statistički značajna razlika u varijabli postotak masnog tkiva (BF), između gimnastičara ( $6,20 \pm 0,95\%$ ) i gimnastičarki ( $10,20 \pm 1,02\%$ )  $p=0,00$ .



Slika 12. Bonferroni post-hoc test za varijablu BF

Rezultati post-hoc analize (slika 13) ukazuju da postoji statistički značajna razlika u varijabli ukupna mišićnoj masi (TMM), između gimnastičara ( $58,36 \pm 5,09$  kg) i gimnastičarki ( $46,26 \pm 5,23$  kg)  $p=0,01$ .



Slika 13. Bonferroni post-hoc test za varijablu TMM

### 5.3. Faza zaleta, naskoka na dasku, odraza i prvog leta

U tablici 14 prikazani su osnovni deskriptivni parametri izmjerenih varijabli prve faze skokova na preskoku u gimnastičara. Prosječna vrijednost varijable brzina zaleta (BZ) iznosi  $8,03 \pm 0,32$  m/s, s najmanjom od 7,50 m/s i najvećom brzinom zaleta 8,26 m/s. Prosječna duljina zadnjeg koraka (DZK) iznosi  $289,17 \pm 37,37$  cm, dok najkraći zadnji korak iznosi 258,56 cm, a najduži 334,11 cm. Za varijablu kut u zglobu kuka u prvom kontaktu stopala s odraznom daskom – lijevi kuk (KKUPKSDLK) prosječna vrijednost kuta iznosi  $104,22 \pm 5,07^\circ$ , u rasponu od  $96,23^\circ$  do  $109,19^\circ$ , dok su prosječne vrijednosti za varijablu na desnoj strani – desni kuk (KKUPKSDDK)  $110,12 \pm 8,80^\circ$  s rasponom od  $102,44^\circ$  do  $124,65^\circ$ . Prosječna vrijednost kuta za varijablu kut u zglobu koljena u prvom kontaktu stopala s odraznom daskom – lijevo koljeno (KKOPKSDLKO) iznosi  $152,06 \pm 5,81^\circ$ , u rasponu od  $148,45^\circ$  do  $162,09^\circ$ , a za desnu stranu tijela – desno koljeno (KKOPKSDDKO) prosjek kuta iznosi  $156,41 \pm 7,02^\circ$ , s rasponom od  $148,90^\circ$  do  $165,90^\circ$ . Prosječno vrijeme trajanja odraza (VODRZ) iznosi  $0,40 \pm 0,23$  s, s najmanjim 0,14s i najdužim vremenskim trajanjem od 0,58s. Varijabala kut centra težišta tijela u odnosu na podlogu u trenutku zadnjeg kontakta stopala s odraznom daskom (KCTZKSD) prosječno iznosi  $76,20 \pm 6,14^\circ$  s rasponom od  $67,00^\circ$  do  $83,00^\circ$ . Prosječne vrijednosti za varijablu kut u zglobu ramena u zadnjem kontaktu stopala s odraznom daskom - lijevo rame (KRAZKSDLR) iznosi  $123,68 \pm 17,51^\circ$ , u rasponu od  $100,09^\circ$  do  $141,99^\circ$ , dok je za desnu stranu tijela – desno rame (KRAZKSDDR) prosjek  $150,74 \pm 14,18^\circ$  s rasponom od  $135,76^\circ$  do  $167,98^\circ$ . Horizontalna brzina centra težišta tijela u trenutku zadnjeg kontakta stopala s podlogom (HBCTZKSTP) prosječno iznosi  $8,11 \pm 1,03$  m/s dok je najmanja 6,49 m/s, a najveća 9,21 m/s brzina. Vertikalna brzina centra težišta tijela u trenutku zadnjeg kontakta stopala s odraznom daskom (VBCTZKSTOD) prosječno iznosi  $3,46 \pm 0,44$  s, s najmanjom 2,95 s i najvećom 4,09 vrijednošću.

Tablica 14. deskriptivna statistika faze zaleta, naskoka na dasku, odraza i prvog leta u gimnastičara

Varijable	N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
BZ	5	8,03	7,50	8,26	0,32
DZK	5	289,17	258,56	334,11	37,37
KKUPKSDLK	5	104,22	96,23	109,19	5,07
KKUPKSDDK	5	110,12	102,44	124,65	8,80
KKOPKSDLKO	5	152,06	148,45	162,09	5,81
KKOPKSDDKO	5	156,41	148,90	165,90	7,02
VODRZ	5	0,40	0,14	0,58	0,23
KCTZKSD	5	76,20	67,00	83,00	6,14
KRAZKSDLR	5	123,68	100,09	141,99	17,51
KRAZKSDDR	5	150,74	135,76	167,98	14,18
HBCTZKSTP	5	8,11	6,49	9,21	1,03
VBCTZKSTOD	5	3,46	2,95	4,09	0,44

Legenda: N=broj ispitanika; Mean=aritmetička sredina; Minimum=najmanja vrijednost; Maximum=maksimalna vrijednost; Std.Dev.=standardna devijacija;

U tablici 15 prikazani su osnovni deskriptivni parametri izmjerenih varijabli prve faze skokova na preskoku u gimnastičarki. Prosječna vrijednost varijable brzina zaleta (BZ) iznosi  $7,92 \pm 0,32$  m/s, s najmanjom od 7,46 m/s i najvećom brzinom zaleta 8,36 m/s. Prosječna duljina zadnjeg koraka (DZK) iznosi  $284,77 \pm 14,15$  cm, dok najkraći zadnji korak iznosi 268,80 cm, a najduži 299,77. Za varijablu kut u zglobu kuka u prvom kontaktu stopala s odraznom daskom – lijevi kuk (KKUPKSDL) prosječna vrijednost kuta iznosi  $114,84 \pm 6,62^\circ$ , u rasponu od  $104,68^\circ$  do  $121,10^\circ$ , dok su prosječne vrijednosti za varijablu na desnoj strani – desni kuk (KKUPKSDDK)  $107,68 \pm 6,99^\circ$  s rasponom od  $97,72^\circ$  do  $114,99^\circ$ . Prosječna vrijednost kuta za varijablu kut u zglobu koljena u prvom kontaktu stopala s odraznom daskom – lijevo koljeno (KKOPKSDLKO) iznosi  $160,34 \pm 7,41^\circ$ , u rasponu od  $148,99^\circ$  do  $168,53^\circ$ , a za desnu stranu tijela – desno koljeno (KKOPKSDDKO) prosjek kuta iznosi  $158,67 \pm 3,43^\circ$ , s rasponom od  $156,31^\circ$  do  $164,62^\circ$ . Prosječno vrijeme trajanja odraza (VODRZ) iznosi  $0,42 \pm 0,26$  s, s najmanjim 0,14 s i najdužim vremenskim trajanjem od 0,62 s. Varijabala kut centra težišta tijela u odnosu na podlogu u trenutku zadnjeg kontakta stopala s odraznom daskom (KCTZKSD) prosječno iznosi  $82,20 \pm 2,77^\circ$  s rasponom od  $78,00^\circ$  do  $85,00^\circ$ . Prosječne vrijednosti za varijablu kut u zglobu ramena u zadnjem kontaktu stopala s odraznom daskom - lijevo rame (KRAZKSDLR) iznosi  $122,46 \pm 3,27^\circ$ , u rasponu od  $117,24^\circ$  do  $126,29^\circ$ , dok je za desnu stranu tijela – desno rame (KRAZKSDDR) prosjek  $135,52 \pm 9,83^\circ$  s rasponom od  $127,46^\circ$  do  $151,85^\circ$ . Horizontalna brzina centra težišta tijela u trenutku zadnjeg kontakta stopala s podlogom

(HBCTZKSTP) prosječno iznosi  $6,58 \pm 1,41$  m/s dok je najmanja 5,02 m/s, a najveća 8,02 m/s brzina. Vertikalna brzina centra težišta tijela u trenutku zadnjeg kontakta stopala s odraznom daskom (VBCTZKSTOD) prosječno iznosi  $3,82 \pm 0,63$  s, s najmanjom 3,19 s i najvećom 4,67 s vrijednošću.

*Tablica 15. deskriptivna statistika faze zaleta, naskoka na dasku, odraza i prvog leta u gimnastičarki*

Varijable	N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
BZ	5	7,92	7,46	8,36	0,32
DZK	5	284,77	268,80	299,77	14,15
KKUPKSDLK	5	114,84	104,68	121,10	6,62
KKUPKSDDK	5	107,68	97,72	114,99	6,99
KKOPKSDLKO	5	160,34	148,99	168,53	7,41
KKOPKSDDKO	5	158,67	156,31	164,62	3,43
VODRZ	5	0,42	0,14	0,62	0,26
KCTZKSD	5	82,20	78,00	85,00	2,77
KRAZKSDLR	5	122,46	117,24	126,29	3,27
KRAZKSDDR	5	135,52	127,46	151,85	9,83
HBCTZKSTP	5	6,58	5,02	8,02	1,41
VBCTZKSTOD	5	3,82	3,19	4,67	0,63

*Legenda: N=broj ispitanika; Mean=aritmetička sredina; Minimum=najmanja vrijednost; Maximum=maksimalna vrijednost; Std.Dev.=standardna devijacija*

### 5.3.1. Razlike u fazi zaleta, naskoka na dasku, odraza i prvog leta između gimnastičara i gimnastičarki

Tablica 16 prikazuje Levenov test homogenosti varijanci dvije populacije (gimnastičari i gimnastičarke). Varijance varijabli duljina zadnjeg koraka (DZK),  $p=0,00$  i kut u lijevom ramenu u zadnjem kontaktu stopala s odraznom daskom (KRAZKSDLR),  $p=0,00$  nisu homogene.

Tablica 16. Levenov test homogenosti varijanci za fazu zaleta, naskoka na dasku, odraza i prvog leta u oba spola

Varijable	MS Effect	MS Error	F	p
BZ	0,00	0,04	0,03	0,88
DZK	1092,76	58,90	18,55	0,00*
KKUPKSDLK	7,03	10,11	0,70	0,43
KKUPKSDDK	1,52	22,00	0,07	0,80
KKOPKSDLKO	5,73	14,66	0,39	0,55
KKOPKSDDKO	29,58	5,80	5,10	0,05
KCTZKSD	14,40	6,79	2,12	0,18
KRAZKSDLR	389,33	23,35	16,67	0,00*
KRAZKSDDR	53,97	44,09	1,22	0,30
HBCTZKSTP	0,58	0,28	2,09	0,19
VBCTZKSTOD	0,08	0,05	1,59	0,24

Legenda: \*=statistički značajna vrijednost,  $p<0,05$

Tablica 17 prikazuje rezultate Welch testa koji pokazuje da ne postoje statistički značajne razlike između spolova za varijable duljina zadnjeg koraka (DZK ),  $p=0,82$  i kut u lijevom ramenu u zadnjem kontaktu stopala s odraznom daskom (KRAZKSDLR),  $p=0,58$  na razini statističke značajnosti  $p<0,05$ .

*Tablica 17. Welch test - analiza varijance za nehomogene varijable faze zaleta, naskoka na dasku, odraza i prvog leta u oba spola*

Varijable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p	Welch df Effect	Welch df Error	Welch F	Welch p
DZK	48,40	1	48,40	6386,76	8	798,34	0,06	0,81	1	5,12	0,06	0,82
KRAZKSDLR	3,67	1	3,67	1269,91	8	158,74	0,02	0,88	1	4,28	0,02	0,89

*Legenda: Welch  $p$ =statistički značajna vrijednost,  $p<0,05$*

Rezultati Anova testa prikazani u Tablici 18, ukazuju na to da postoji statistički značajna razlika između spolova u varijabli kut u lijevom kuku u prvom kontaktu stopala s odraznom daskom (KKUPKSDLK),  $p=0,02$ .

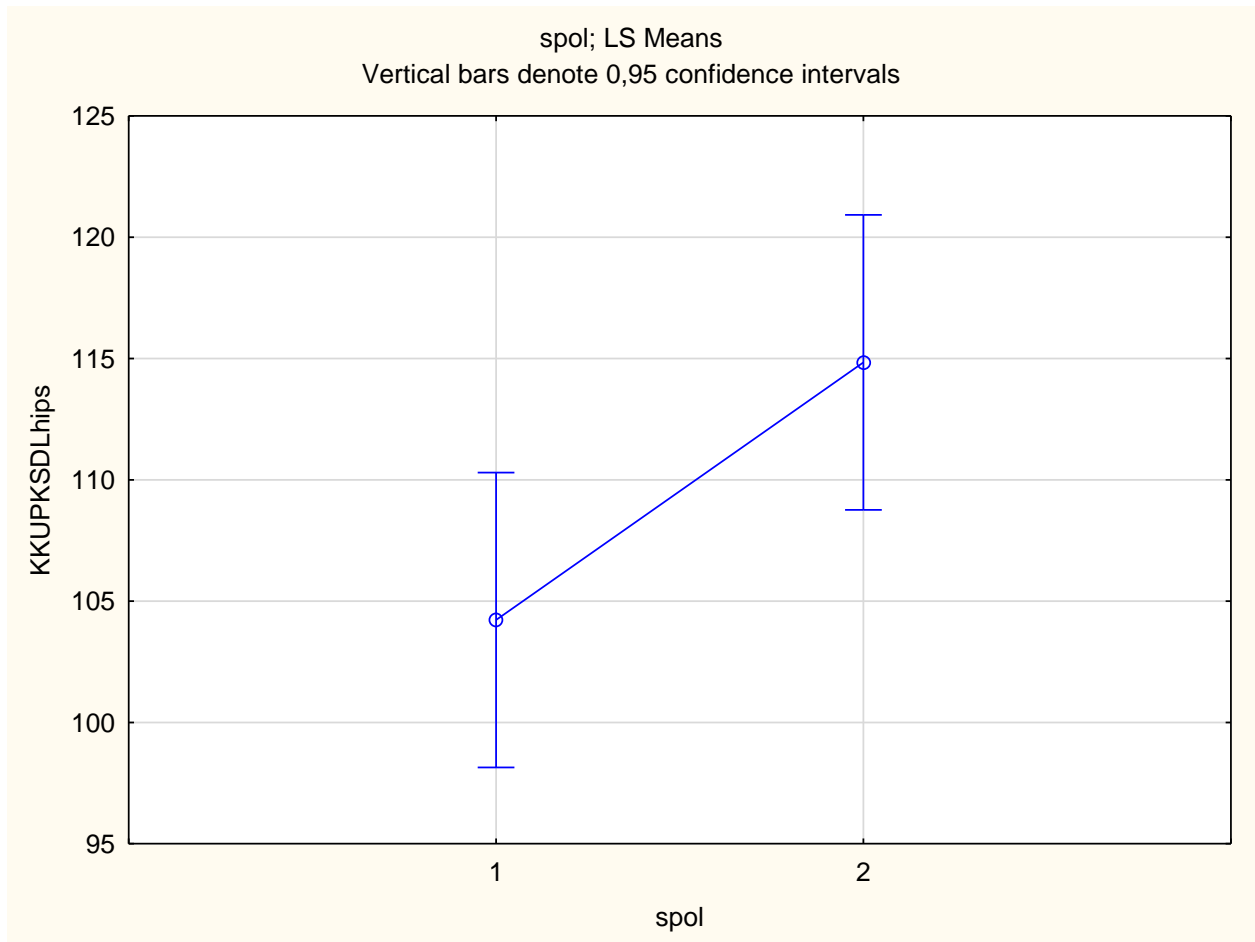
Tablica 18. One-Way Anova test za homogene varijable faze zaleta, naskoka na dasku, odraza i prvog leta u oba spola

Varijable	Multiple R	Multiple R <sup>2</sup>	Adjusted R <sup>2</sup>	SS Model	df Model	MS Model	SS Residual	df Residual	MS Residual	F	p
BZ	0,18	0,03	-0,09	0,03	1	0,03	0,82	8	0,10	0,26	0,62
KKUPKSDLK	<b>0,71</b>	<b>0,50</b>	<b>0,44</b>	<b>282,08</b>	<b>1</b>	<b>282,08</b>	<b>278,02</b>	<b>8</b>	<b>34,75</b>	<b>8,12</b>	<b>0,02*</b>
KKUPKSDDK	0,17	0,03	-0,09	14,94	1	14,94	504,70	8	63,09	0,24	0,64
KKOPKSDLKO	0,57	0,33	0,24	171,15	1	171,15	354,89	8	44,36	3,86	0,09
KKOPKSDDKO	0,22	0,05	-0,07	12,84	1	12,84	244,03	8	30,50	0,42	0,53
KCTZKSD	0,58	0,33	0,25	90,00	1	90,00	181,60	8	22,70	3,96	0,08
KRAZKSDDR	0,57	0,33	0,24	579,12	1	579,12	1190,68	8	148,83	3,89	0,08
HBCTZKSTP	0,57	0,33	0,24	5,87	1	5,87	12,16	8	1,52	3,86	0,09
VBCTZKSTOD	0,34	0,12	0,01	0,32	1	0,32	2,39	8	0,30	1,07	0,33

Legenda: \*=statistički značajna vrijednost,  $p<0,05$



Rezultati post-hoc analize (slika 14) ukazuju da postoji statistički značajna razlika u varijabli kut u lijevom kuku u prvom kontaktu stopala s odraznom daskom (KKUPKSDLK) između gimnastičara ( $104,22 \pm 5,07^\circ$ ) i gimnastičarki ( $114,84 \pm 6,62^\circ$ ) na razini statističke značajnosti  $p=0,02$ .



Slika 14. Bonferroni post-hoc test za varijablu KKUPKSDLK

Rezultati Mann-Whitney U Testa prikazani u tablici 19 ukazuju na to da u varijabli vrijeme trajanja odraza (VODRZ),  $p=0,39$  nema statistički značajne razlike između gimnastičara i gimnastičarki.

Tablica 19. Mann-Whitney U Test za fazu zaleta, naskoka na dasku, odraza i prvog leta skokova na preskoku

Varijabla	Rank Sum 1	Rank Sum 2	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N 1	Valid N 2	2*1sided exact p
VODRZ	23	32	8	-0,84	0,40	-0,87	0,39	5	5	0,42

Legenda:  $p$ -value=statistički značajna vrijednost,  $p<0,05$

#### 5.4. Faza odriva

Osnovni deskriptivni parametri druge faze skokova na preskoku u gimnastičara prikazani su u tablici 20. Prosječne vrijednosti varijable visina centra težišta tijela u odnosu na os sprave u prvom kontaktu dlanova sa spravom (VCTOSPKDS) iznosi  $61,67 \pm 9,79$  cm, s rasponom od 49,81 cm do 73,76 cm. Za varijablu kut centra težišta tijela u odnosu na os sprave u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KCTOSPKDS) prosjek iznosi  $7,80 \pm 5,54^\circ$ , s najmanjom vrijednošću kuta od  $0,00^\circ$  i s najvećom od  $13,00^\circ$ . Kut u zglobu lijevog ramena u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KRAPKDSLRL) prosječno iznosi  $120,31 \pm 14,08^\circ$ , u rasponu od  $100,43^\circ$  do  $136,70^\circ$ , dok je za varijablu na desnoj strani tijela, kut u zglobu desnog ramena (KRAPKSDRL) prosjek  $156,97 \pm 5,56^\circ$ , u rasponu od  $165,06^\circ$  do  $149,37^\circ$ . Prosječne vrijednosti kuta u zglobu lijevog lakta u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KLAPKDSLRL) su  $169,57 \pm 3,23^\circ$ , u rasponu od  $163,92^\circ$  do  $172,11^\circ$  a vrijednosti za kut u zglobu desnog lakta u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KLAPKDSLRL) iznosi  $164,76 \pm 10,24^\circ$ , s rasponom od  $150,77^\circ$  do  $173,32^\circ$ . Kut u zglobu lijevog kuka u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KKUPKDSLK) prosječno iznosi  $147,74 \pm 13,26^\circ$  s najmanjim kutom  $129,37^\circ$  i najvećim  $161,93^\circ$ , dok su prosječne vrijednosti za kut u desnom zglobu kuka u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KKUPKDS)  $163,00 \pm 9,93^\circ$ , u rasponu od  $150,77^\circ$  do  $173,32^\circ$ . Udaljenost između dlanova u prvom kontaktu sa spravom (UDLPKS) prosječno iznosi  $61,11 \pm 11,08$  cm, s najmanjom udaljenosti 47,17 cm i najvećom 70,83 cm. Vrijeme trajanja odriva (VODR) prosječno iznosi  $0,26 \pm 0,02$  s, s najmanjom vrijednošću 0,24 s i najvećom 0,28 s. Kut u lijevom zglobu ramena u trenutku zadnjeg kontakta dlanova sa spravom (KRAZKDSLRL) prosječno iznosi  $131,11 \pm 5,59^\circ$ , s rasponom od  $124,54^\circ$  do  $138,17^\circ$ , a prosječna vrijednost za kut u desnom zglobu ramena u trenutku zadnjeg kontakta dlanova sa spravom (KRAZKSDRL) iznosi  $129,37 \pm 21,75^\circ$ , u rasponu od  $104,02^\circ$  do  $152,62^\circ$ . Horizontalna brzina centra težišta tijela u trenutku prvog kontakta dlanova sa spravom (HBCTPKDSP) iznosi prosječno  $1,49 \pm 4,93$  m/s, s najmanjom 3,54 m/s i najvećom brzinom 6,63 m/s. Varijabla vertikalna brzina centra težišta tijela u trenutku prvog kontakta dlanova sa spravom prosječno iznosi  $3,48 \pm 0,77$  m/s, u rasponu od 2,40 m/s do 4,18 m/s. Vertikalna brzina centra težišta tijela u trenutku prvog kontakta dlanova sa spravom (VBCTPKDSP) iznosi prosječno  $3,48 \pm 0,77$  m/s, minimalnom vrijednošću od 2,40 m/s i maksimalnom od 4,18 m/s. Vertikalna brzina centra težišta tijela u trenutku zadnjeg kontakta dlanova sa spravom (VBCTZKDSP) prosječno iznosi  $3,20 \pm 0,38$  m/s, u rasponu od 2,88 m/s do 3,83 m/s. Varijabla vremenska razlika između postavljana dlanova na spravu (VPRNS) iznosi prosječno  $0,09 \pm 0,01$  s, u rasponu od 0,08 s do 0,10 s.

Tablica 20. deskriptivna statistika faze odriva u gimnastičara

Varijable	N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
VCTOSPKDS	5	61,67	49,81	73,76	9,79
KCTOSPKDS	5	7,80	0,00	13,00	5,54
KRAPKDSLR	5	120,31	100,43	136,70	14,08
KRAPKSDR	5	156,97	149,37	165,06	5,56
KLAPKDSLL	5	169,57	163,92	172,11	3,23
KLAPKSDL	5	164,76	150,77	173,32	10,24
KKUPKDSLK	5	147,74	129,37	161,93	13,26
KKUPKDS	5	163,00	147,91	172,47	9,93
UDLPKS	5	61,11	47,17	70,83	11,08
VODR	5	0,26	0,24	0,28	0,02
KRAZKDSLR	5	131,11	124,54	138,17	5,59
KRAZKSDR	5	129,37	104,02	152,62	21,75
HBCTPKDSP	5	4,93	3,54	6,63	1,49
VBCTPKDSP	5	3,48	2,40	4,18	0,77
VBCTZKDSP	5	3,20	2,88	3,83	0,38
VPRNS	5	0,09	0,08	0,10	0,01

Legenda: N=broj ispitanika; Mean=aritmetička sredina; Minimum=najmanja vrijednost; Maximum=maksimalna vrijednost; Std.Dev.=standardna devijacija

Osnovni deskriptivni parametri druge faze skokova na preskoku u gimnastičarki prikazani su u tablici 21. Prosječne vrijednosti varijable visina centra težišta tijela u odnosu na os sprave u prvom kontaktu dlanova sa spravom (VCTOSPKDS) iznosi  $67,62 \pm 5,02$  cm, s rasponom od 60,46 cm do 71,77 cm. Za varijablu kut centra težišta tijela u odnosu na os sprave u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KCTOSPKDS) prosjek iznosi  $17,00 \pm 5,79^\circ$ , s najmanjom vrijednošću kuta od  $8,00^\circ$  i s najvećom od  $23,00^\circ$ . Kut u zglobu lijevog ramena u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KRAPKDSLRL) prosječno iznosi  $110,40 \pm 10,41^\circ$ , u rasponu od  $94,70^\circ$  do  $120,02^\circ$ , dok je za varijablu na desnoj strani tijela, kut u zglobu desnog ramena (KRAPKSDSR) prosjek  $154,76 \pm 3,64^\circ$ , u rasponu od  $148,61^\circ$  do  $157,66^\circ$ . Prosječne vrijednosti kuta u zglobu lijevog lakta u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KLAPKDSLL) su  $146,57 \pm 5,32^\circ$ , u rasponu od  $140,09^\circ$  do  $154,41^\circ$  a vrijednosti za kut u zglobu desnog lakta u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KLAPKDSL) iznosi  $172,23 \pm 1,02^\circ$ , s rasponom od  $170,54^\circ$  do  $173,08^\circ$ . Kut u zglobu lijevog kuka u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KKUPKDSLK) prosječno iznosi  $140,45 \pm 7,26^\circ$  s najmanjim kutom  $132,93^\circ$  i najvećim  $152,06^\circ$ , dok su prosječne vrijednosti za kut u desnom zglobu kuka u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KKUPKDS)  $162,44 \pm 15,08^\circ$ , u rasponu od  $137,83^\circ$  do  $172,96^\circ$ . Udaljenost između dlanova u prvom kontaktu sa spravom (UDLPKS) prosječno iznosi  $51,55 \pm 4,11$  cm, s najmanjom udaljenosti 47,23cm i najvećom 56,59 cm. Vrijeme trajanja odriva (VODR) prosječno iznosi  $0,26 \pm 0,01$  s, s najmanjom vrijednošću 0,24 s i najvećom 0,28 s. Kut u lijevom zglobu ramena u trenutku zadnjeg kontakta dlanova sa spravom (KRAZKDSLRL) prosječno iznosi  $124,11 \pm 7,21^\circ$ , s rasponom od  $113,58^\circ$  do  $133,17^\circ$ , a prosječna vrijednost za kut u desnom zglobu ramena u trenutku zadnjeg kontakta dlanova sa spravom (KRAZKSDSR) iznosi  $135,70 \pm 7,60^\circ$ , u rasponu od  $128,14^\circ$  do  $146,41^\circ$ . Horizontalna brzina centra težišta tijela u trenutku prvog kontakta dlanova sa spravom (HBCTPKDSP) iznosi prosječno  $4,24 \pm 0,61$  m/s, s najmanjom 3,35 m/s i najvećom brzinom 4,80 m/s. Varijabla vertikalna brzina centra težišta tijela u trenutku prvog kontakta dlanova sa spravom prosječno iznosi  $3,25 \pm 4,04$  m/s, u rasponu od 2,66 m/s do 4,04 m/s. Vertikalna brzina centra težišta tijela u trenutku prvog kontakta dlanova sa spravom (VBCTPKDSP) iznosi prosječno  $3,25 \pm 0,51$  m/s, minimalnom vrijednošću od 2,66 m/s i maksimalnom od 4,04 m/s. Vertikalna brzina centra težišta tijela u trenutku zadnjeg kontakta dlanova sa spravom (VBCTZKDSP) prosječno iznosi  $2,68 \pm 0,45$  m/s, u rasponu od 2,31 m/s do 3,39 m/s. Varijabla vremenska razlika između postavljana dlanova na spravu (VPRNS) iznosi prosječno  $0,10 \pm 0,01$  s, u rasponu od 0,08 s do 0,10 s.

Tablica 21. deskriptivna statistika faze odriva u gimnastičarki

Varijable	N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
VCTOSPKDS	5	67,62	60,46	71,77	5,02
KCTOSPKDS	5	17,00	8,00	23,00	5,79
KRAPKDSLR	5	110,40	94,70	120,02	10,41
KRAPKDSDR	5	154,76	148,61	157,66	3,64
KLAPKDSLL	5	146,57	140,09	154,41	5,32
KLAPKSDL	5	172,23	170,54	173,08	1,02
KKUPKDSLK	5	140,45	132,93	152,06	7,26
KKUPKDS	5	162,44	137,83	172,96	15,08
UDLPKS	5	51,55	47,23	56,59	4,11
VODR	5	0,26	0,24	0,28	0,01
KRAZKDSLR	5	124,11	113,58	133,17	7,21
KRAZKDSDR	5	135,70	128,14	146,41	7,60
HBCTPKDSP	5	4,24	3,35	4,80	0,61
VBCTPKDSP	5	3,25	2,66	4,04	0,51
VBCTZKDSP	5	2,68	2,31	3,39	0,45
VPRNS	5	0,10	0,08	0,10	0,01

Legenda: N=broj ispitanika; Mean=aritmetička sredina; Minimum=najmanja vrijednost; Maximum=maksimalna vrijednost; Std.Dev.=standardna devijacija

### 5.4.1. Razlike u fazi odriva između gimnastičara i gimnastičarki

Tablica 22 prikazuje Levenov test homogenosti varijanci dvije populacije (gimnastičari i gimnastičarke). Varijance varijabli kut u desnom zglobu ramena u trenutku zadnjeg kontakta dlanova sa spravom (KRAZKDSDR),  $p=0,01$  i varijable horizontalna brzina centra težišta tijela u trenutku prvog kontakta dlanova sa spravom (HBCTPKDSP),  $p=0,00$  ukazuju da nisu homogene.

Tablica 22. Levenov test homogenosti varijanci za fazu odriva u oba spola

Varijable	MS Effect	MS Error	F	p
VCTOSPKDS	28,78	13,07	2,20	0,18
KCTOSPKDS	0,14	6,54	0,02	0,89
KRAPKDSLR	25,34	39,67	0,64	0,45
KRAPKDSDR	2,09	10,88	0,19	0,67
KLAPKDSLL	5,58	7,39	0,76	0,41
KKUPKDSLK	61,03	32,15	1,90	0,21
KRAZKDSLR	0,99	11,19	0,09	0,77
KRAZKDSDR	364,91	33,10	11,02	0,01*
HBCTPKDSP	1,55	0,10	16,11	0,00*
VBCTPKDSP	0,21	0,10	2,20	0,18
VBCTZKDSP	0,02	0,05	0,33	0,58

Legenda: \*=statistički značajna vrijednost,  $p<0,05$

Tablica 23 prikazuje rezultate Welch testa koji pokazuje da ne postoje statistički značajne razlike između spolova za varijable kut u desnom zglobu ramena u trenutku zadnjeg kontakta dlanova sa spravom (KRAZKDSDR),  $p=0,57$  i varijable horizontalna brzina centra težišta tijela u trenutku prvog kontakta dlanova sa spravom (HBCTPKDSP)  $p=0,38$  na razini statističke značajnosti  $p<0,05$ .

*Tablica 23. Welch test za nehomogene varijable faze odriava*

Varijable	SS Effect	df Effect	MS Effect	SS Error	df Error	MS Error	F	p	Welch df Effect	Welch df Error	Welch F	Welch p
KRAZKDSDR	100,24	1	100,24	2123,58	8	265,45	0,38	0,56	1	4,96	0,38	0,57
HBCTPKDSP	1,20	1	1,20	10,37	8	1,30	0,92	0,36	1	5,31	0,92	0,38

*Legenda: Welch p=statistički značajna vrijednost,  $p<0,05$*



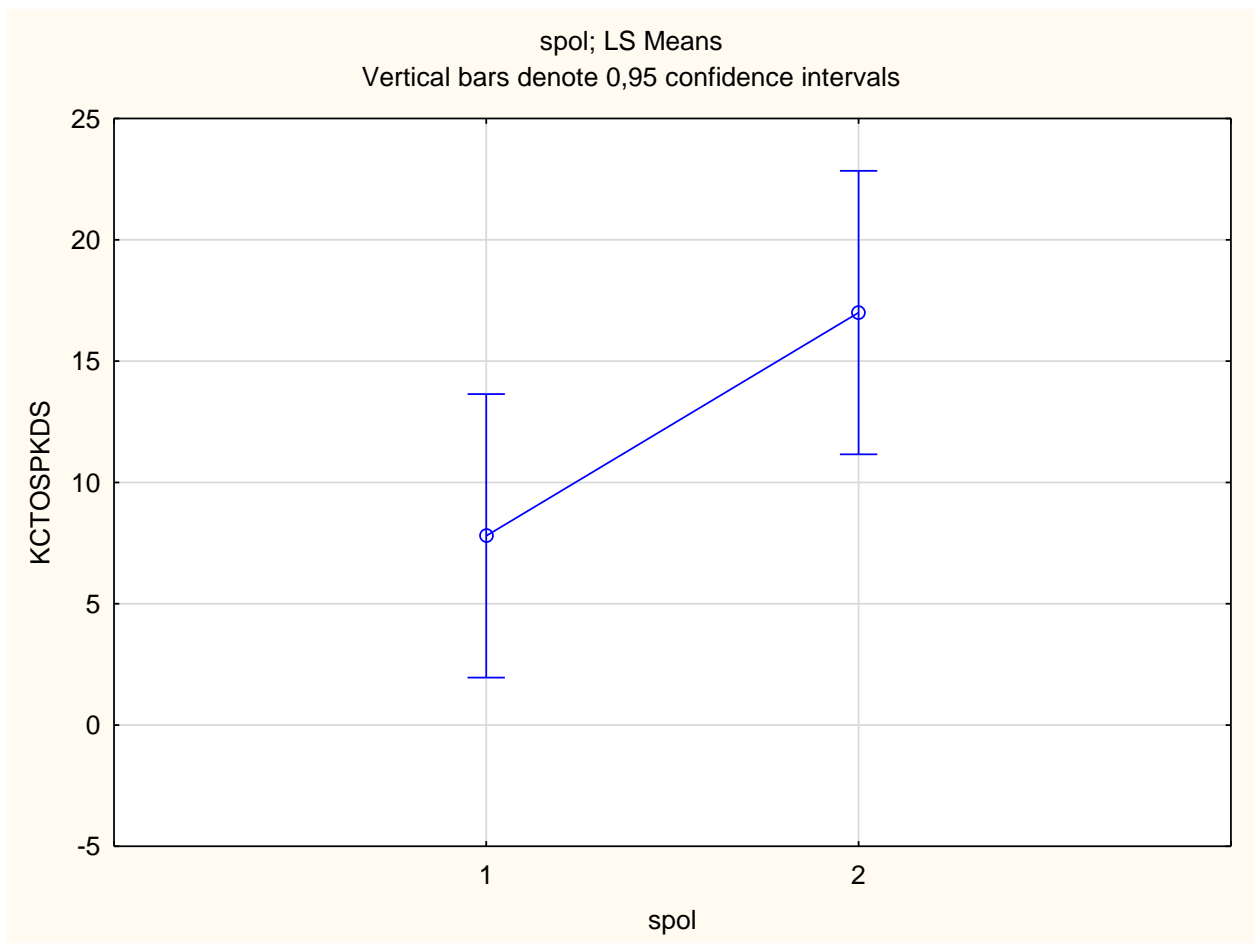
Rezultati Anova testa (tablica 24) ukazuju na to da postoji statistički značajna razlika između gimnastičara i gimnastičarki u varijabli kut centra težišta tijela u odnosu na os sprave u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KCTOSPKDS),  $p=0,03$  i varijabli kut u lijevom zglobu lakta u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KLAPKDSLL),  $p=0,00$ .

Tablica 24. One-Way Anova test za homogene varijable faze odriva

Varijable	Multiple R	Multiple R <sup>2</sup>	Adjusted R <sup>2</sup>	SS Model	df Model	MS Model	SS Residual	df Residual	MS Residual	F	p
VCTOSPKDS	0,39	0,15	0,05	88,39	1	88,39	484,46	8	60,56	1,46	0,26
KCTOSPKDS	0,67	0,45	0,38	211,60	1	211,60	256,80	8	32,10	6,59	0,03*
KRAPKDSLR	0,41	0,17	0,06	245,54	1	245,54	1226,50	8	153,31	1,60	0,24
KRAPKDSDR	0,25	0,06	-0,05	12,28	1	12,28	176,95	8	22,12	0,56	0,48
KLAPKDSLL	0,95	0,90	0,88	1322,50	1	1322,50	155,02	8	19,38	68,25	0,00*
KKUPKDSLK	0,36	0,13	0,02	133,01	1	133,01	913,83	8	114,23	1,16	0,31
KRAZKDSLR	0,52	0,27	0,18	122,71	1	122,71	332,91	8	41,61	2,95	0,12
VBCTPKDSP	0,19	0,04	-0,08	0,13	1	0,13	3,38	8	0,42	0,30	0,60
VBCTZKDSP	0,57	0,33	0,24	0,68	1	0,68	1,39	8	0,17	3,90	0,08

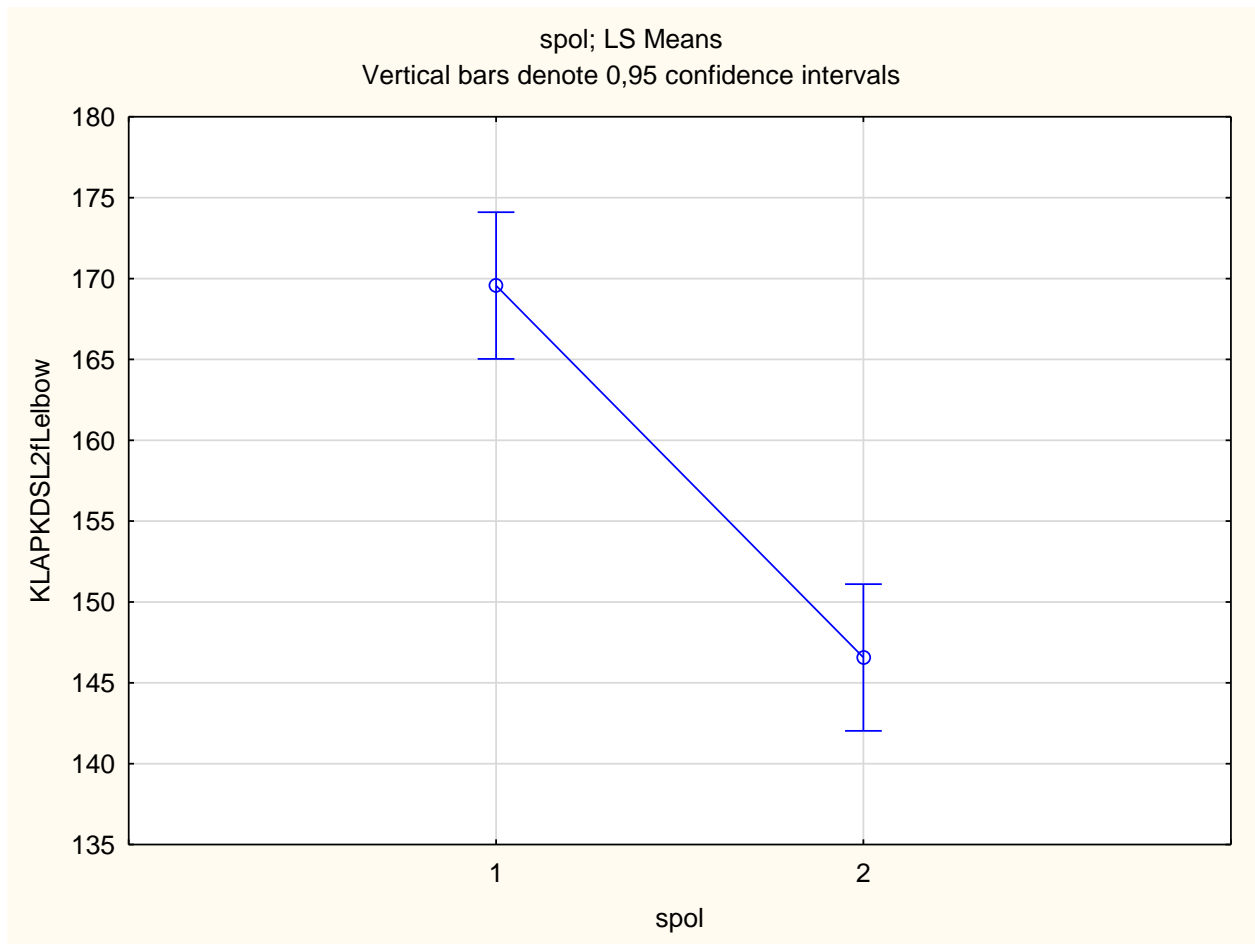
Legenda: \*=statistički značajna vrijednost,  $p<0,05$

Rezultati post-hoc analize (slika 15) ukazuju da postoji statistički značajna razlika u varijabli kut centra težišta tijela u odnosu na os sprave u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KCTOSPKDS), između gimnastičara ( $7,80 \pm 5,54^\circ$ ) i gimnastičarki ( $17,00 \pm 5,79^\circ$ ),  $p=0,03$ .



Slika 15. Bonferroni post-hoc test za varijablu KCTOSPKDS

Rezultati post-hoc analize (slika 16) ukazuju da postoji statistički značajna razlika u varijabli kut u lijevom zglobu lakta u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KLAPKDSLL),  $p=0,00$  između gimnastičara ( $169,57 \pm 3,23^\circ$ ) i gimnastičarki ( $146,57 \pm 5,32^\circ$ ).



Slika 16. Bonferroni post-hoc test za varijablu KLAPKDSLL

Rezultati Mann-Whitney U Testa prikazani u tablici 25 ukazuju na to da u varijablama: kut u desnom zglobu lakta u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KLAPKSDL); kut u desnom zglobu kuka u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KKUPKDS); udaljenosti između dlanova u prvom kontaktu sa spravom (UDLPKS); vremenu trajanja odriava (VODR); vremenskoj razlici između postavljanja dlanova na spravu (VPRNS) nema statistički značajne razlike između gimnastičara i gimnastičarki.

Tablica 25. Mann-Whitney U Test za fazu odriava

Varijable	Rank Sum 1	Rank Sum 2	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N 1	Valid N 2	2*1sided exact p
KLAPKSDL	23	32	8,00	-0,84	0,40	-0,84	0,40	5	5	0,42
KKUPKDS	25	30	10,00	-0,42	0,68	-0,42	0,68	5	5	0,69
UDLPKS	33	22	7,00	1,04	0,30	1,04	0,30	5	5	0,31
VODR	30	26	10,50	0,31	0,75	0,34	0,73	5	5	0,69
VPRNS	25	30	10,00	-0,42	0,68	-0,52	0,60	5	5	0,69

Legenda: p-value=statistički značajna vrijednost,  $p < 0,05$

## 5.5. Faza drugog leta

U Tablici 26 prikazani su osnovni deskriptivni parametri drugog leta skokova na preskoku u gimnastičara. Prosječne vrijednosti za varijablu visina centra težišta tijela u odnosu na os sprave do maksimalne visine leta (VCTOSMVL) iznosi  $123,33 \pm 12,79$  cm, s najmanjom vrijednošću visine 106,54 cm i najvećom 136,93 cm. Kut centra težišta tijela u odnosu na podlogu prilikom prvog kontakta stopala s podlogom (KCTPPKSTP) prosječno iznosi  $119,40 \pm 10,45^\circ$ , u rasponu od  $105,00^\circ$  do  $131,00^\circ$ . Udaljenost stopala od sprave pri prvom kontaktu s podlogom (USTSPKP) prosječno iznosi  $173,76 \pm 42,07$  cm, s najmanjom vrijednošću 143,17 cm a najvećom 246,09 cm. Varijabla kut u lijevom zglobu koljena pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom (KKOPKSTSLK) prosječno iznosi  $134,84 \pm 15,25^\circ$ , s rasponom od  $112,73^\circ$  do  $146,79^\circ$ , dok je za kut u desnom zglobu koljena pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom (KKOPKSTSDK) prosjek  $134,31 \pm 13,52^\circ$ , u rasponu od  $113,46^\circ$  do  $146,07^\circ$ . Prosječne vrijednosti kuta u lijevom zglobu kuka pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom (KKUPKSTSLK) iznose  $165,28 \pm 8,73^\circ$ , s rasponom od  $152,31^\circ$  do  $173,86^\circ$ , dok prosjek za kut u desnom zglobu kuka pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom (KKUPKSTSDK) iznosi  $163,52 \pm 6,34^\circ$ , s rasponom od  $157,79$  do  $173,00^\circ$ .

Tablica 26. deskriptivna statistika faze drugog leta u gimnastičara

Varijable	N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
VCTOSMVL	5	123,33	106,54	136,93	12,79
KCTPPKSTP	5	119,40	105,00	131,00	10,45
USTSPKP	5	173,76	143,17	246,09	42,07
KKOPKSTSLK	5	134,84	112,73	146,79	15,25
KKOPKSTSDK	5	134,31	113,46	146,07	13,52
KKUPKSTSLK	5	165,28	152,31	173,86	8,73
KKUPKSTSDK	5	163,52	157,79	173,00	6,34

Legenda: *N*=broj ispitanika; *Mean*=aritmetička sredina; *Minimum*=najmanja vrijednost; *Maximum*=maksimalna vrijednost; *Std.Dev.*=standardna devijacija

U Tablici 27 prikazani su osnovni deskriptivni parametri druge faze skokova preskoku u gimnastičarki. Prosječne vrijednosti za varijablu visina centra težišta tijela u odnosu na os sprave do maksimalne visine leta (VCTOSMVL) iznosi  $106,07 \pm 4,42$  cm, s najmanjom vrijednošću visine 100,70 cm i najvećom 112,44 cm. Kut centra težišta tijela u odnosu na podlogu prilikom prvog kontakta stopala s podlogom (KCTPPKSTP) prosječno iznosi  $49,60 \pm 4,83^\circ$ , u rasponu od  $44,00^\circ$  do  $55,00^\circ$ . Udaljenost stopala od sprave pri prvom kontaktu s podlogom (USTSPKP) prosječno iznosi  $144,08 \pm 39,78$  cm, s najmanjom vrijednošću

104,39cm a najvećom 196,36 cm. Varijabla kut u lijevom zglobu koljena pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom (KKOPKSTSLK ) prosječno iznosi  $167,87 \pm 9,43^\circ$ , s rasponom od  $152,79^\circ$  do  $176,93^\circ$ , dok je za kut u desnom zglobu koljena pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom (KKOPKSTSDK ) prosjek  $163,12 \pm 16,84^\circ$ , u rasponu od  $137,97^\circ$  do  $176,22^\circ$ . Prosječne vrijednosti kuta u lijevom zglobu kuka pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom (KKUPKSTSLK ) iznose  $104,85 \pm 11,16^\circ$ , s rasponom od  $87,54^\circ$  do  $117,10^\circ$ , dok prosjek za kut u desnom zglobu kuka pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom (KKUPKSTSDK ) iznosi  $107,70 \pm 6,59^\circ$ , s rasponom od  $100,94^\circ$  do  $115,74^\circ$ .

*Tablica 27. deskriptivna statistika faze drugog leta u gimnastičarki*

Varijable	N	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
VCTOSMVL	5	106,07	100,70	112,44	4,42
KCTPPKSTP	5	49,60	44,00	55,00	4,83
USTSPKP	5	144,08	104,39	196,36	39,78
KKOPKSTSLK	5	167,87	152,79	176,93	9,43
KKOPKSTSDK	5	163,12	137,97	176,22	16,84
KKUPKSTSLK	5	104,85	87,54	117,10	11,16
KKUPKSTSDK	5	107,70	100,94	115,74	6,59

*Legenda: N=broj ispitanika; Mean=aritmetička sredina; Minimum=najmanja vrijednost; Maximum=maksimalna vrijednost; Std.Dev.=standardna devijacija*

### 5.5.1. Razlike u drugoj fazi leta između gimnastičara i gimnastičarki

Tablica 28 prikazuje Levenov test homogenosti varijanci dvije populacije (gimnastičari i gimnastičarke). Varijance prikazanih varijabli su homogene.

Tablica 28. Levenov test homogenosti varijanci za drugu fazu leta

Varijable	MS Effect	MS Error	F	p
VCTOSMVL	111,10	23,59	4,71	0,06
USTSPKP	36,39	454,59	0,08	0,78
KKOPKSTSLK	88,59	29,91	2,96	0,12
KKOPKSTSDK	25,70	40,09	0,64	0,45
KKUPKSTSLK	7,35	33,48	0,22	0,65

Legenda:  $p$ =statistički značajna vrijednost,  $p < 0,05$

Rezultati Anova testa (tablica 29) ukazuju na to da postoji statistički značajna razlika između gimnastičara i gimnastičarki u varijablama: visina centra težišta tijela u odnosu na os sprave do maksimalne visine leta (VCTOSMVL)  $p=0,02$ ; kut u zglobu lijevog koljena pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom (KKOPKSTSLK),  $p=0,00$ ; kut u zglobu desnog koljena pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom (KKOPKSTSDK),  $p=0,02$  i varijabli kut u zglobu lijevog kuka pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom (KKUPKSTSLK),  $p=0,00$ .

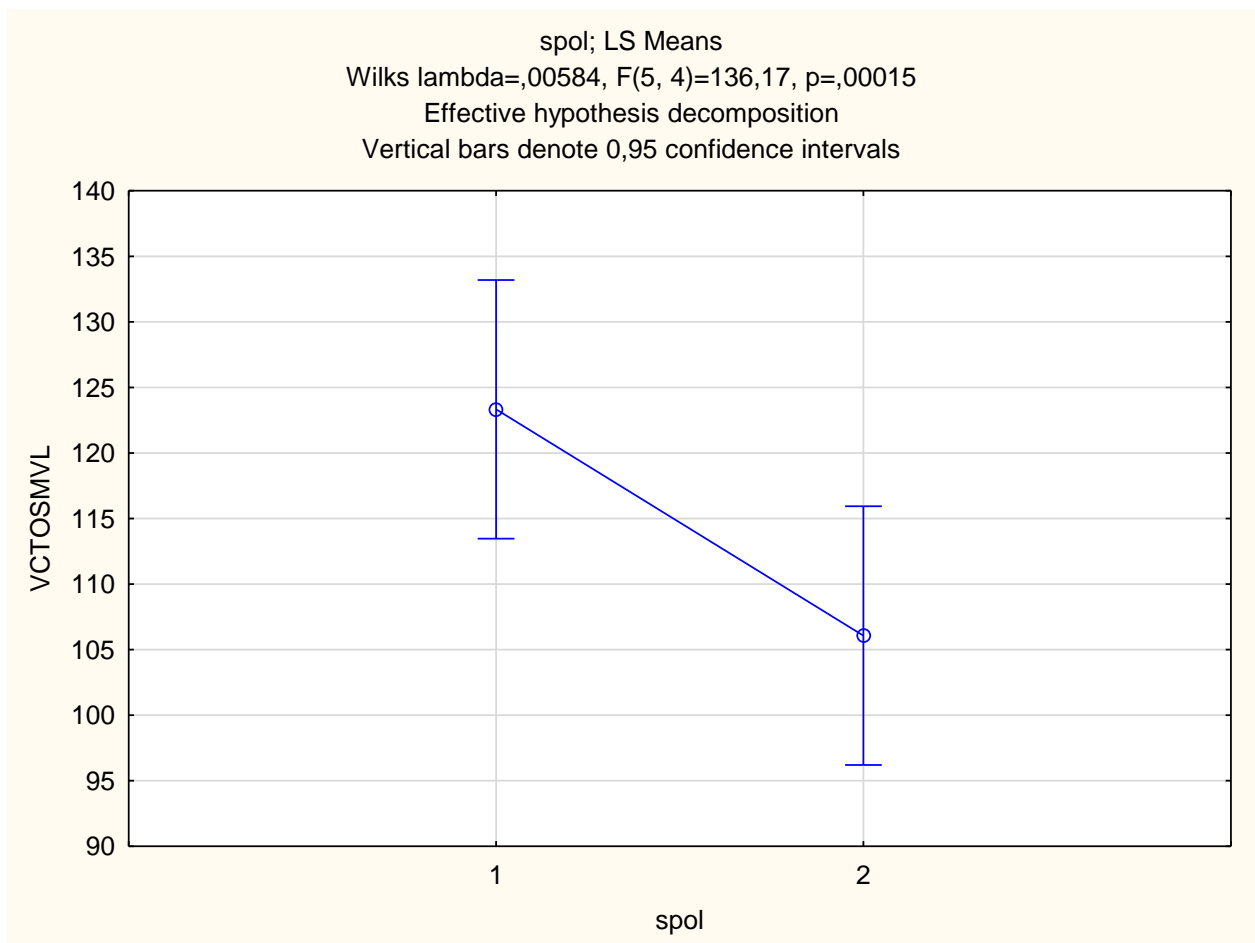
Tablica 29. One-Way Anova test za homogene varijable druge faze leta

Varijable	Multiple R	Multiple R <sup>2</sup>	Adjusted R <sup>2</sup>	SS Model	df Model	MS Model	SS Residual	df Residual	MS Residual	F	p
VCTOSMVL	0,71	0,50	0,44	744,94	1	744,94	732,09	8	91,5	8,14	0,02*
USTSPKP	0,38	0,14	0,03	2201,37	1	2201,37	13408,29	8	1676,0	1,31	0,28
KKOPKSTSLK	0,82	0,68	0,64	2728,11	1	2728,11	1286,31	8	160,8	16,97	0,00*
KKOPKSTSDK	0,73	0,53	0,47	2074,75	1	2074,75	1865,42	8	233,2	8,90	0,02*
KKUPKSTSLK	0,96	0,92	0,91	9128,80	1	9128,80	803,21	8	100,4	90,92	0,00*

Legenda: \*=statistički značajna vrijednost,  $p<0,05$

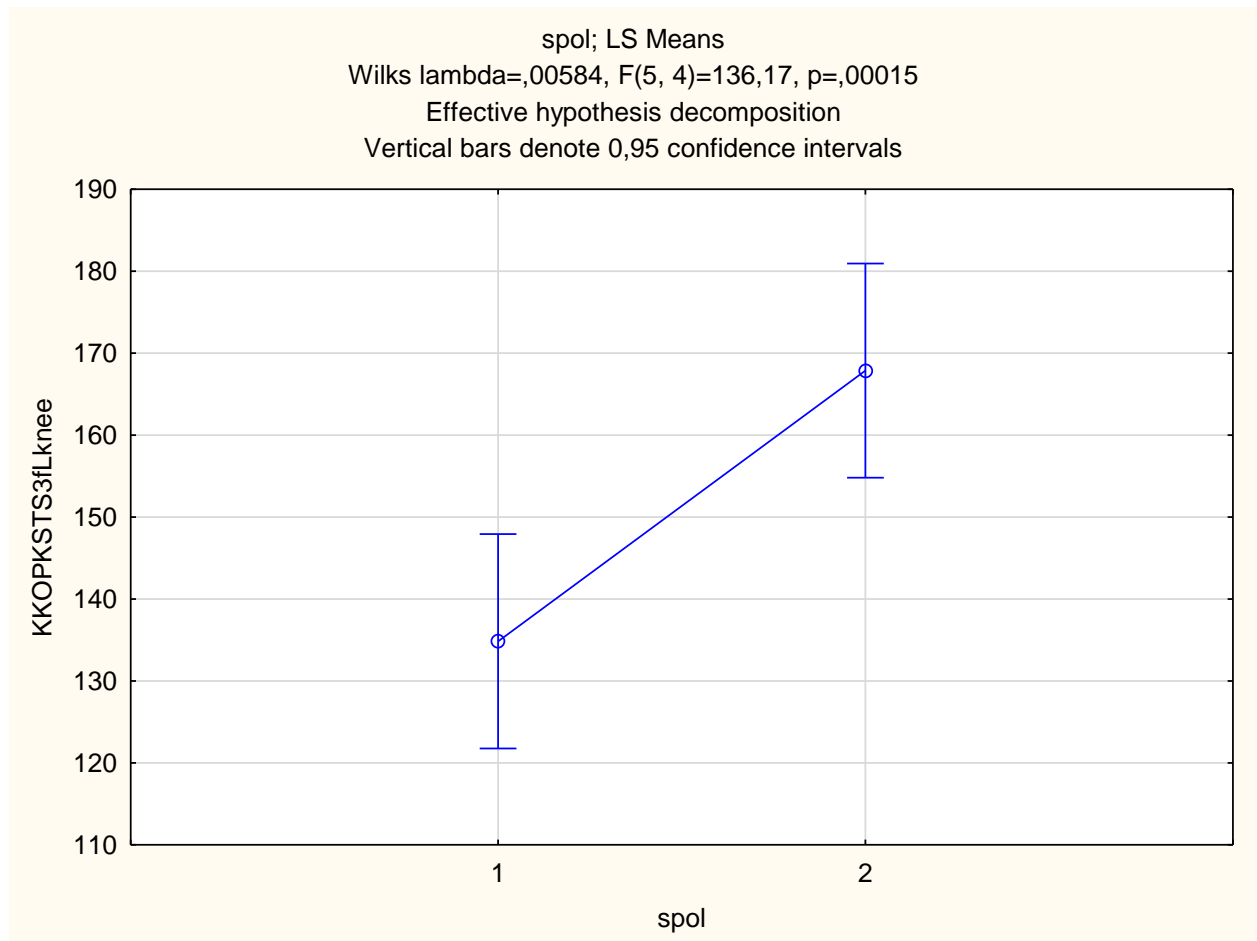


Rezultati post-hoc analize (slika 17) ukazuju da postoji statistički značajna razlika u varijabli visina centra težišta tijela u odnosu na os sprave do maksimalne visine leta (VCTOSMVL), između gimnastičara ( $123,33 \pm 12,79$  cm) i gimnastičarki ( $106,07 \pm 4,42$  cm)  $p=0,02$ .



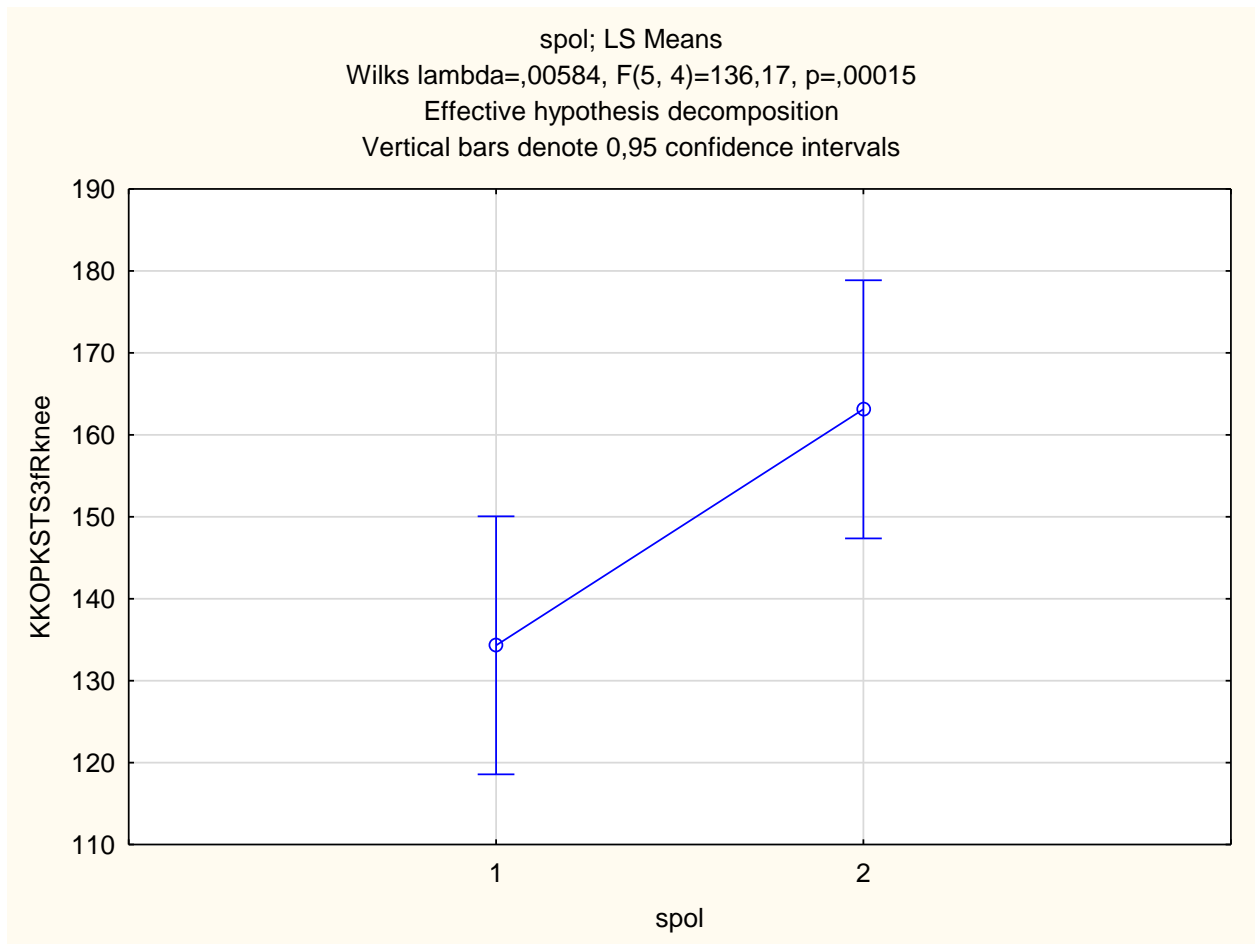
*Slika 17. Bonferroni post-hoc test za varijablu VCTOSMVL*

Rezultati post-hoc analize (slika 18) ukazuju da postoji statistički značajna razlika u varijabli kut u zglobu lijevog koljena pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom (KKOPKSTSLK), između gimnastičara ( $134,84 \pm 15,25^\circ$ ) i gimnastičarki ( $167,87 \pm 9,43^\circ$ ),  $p=0,00$ .



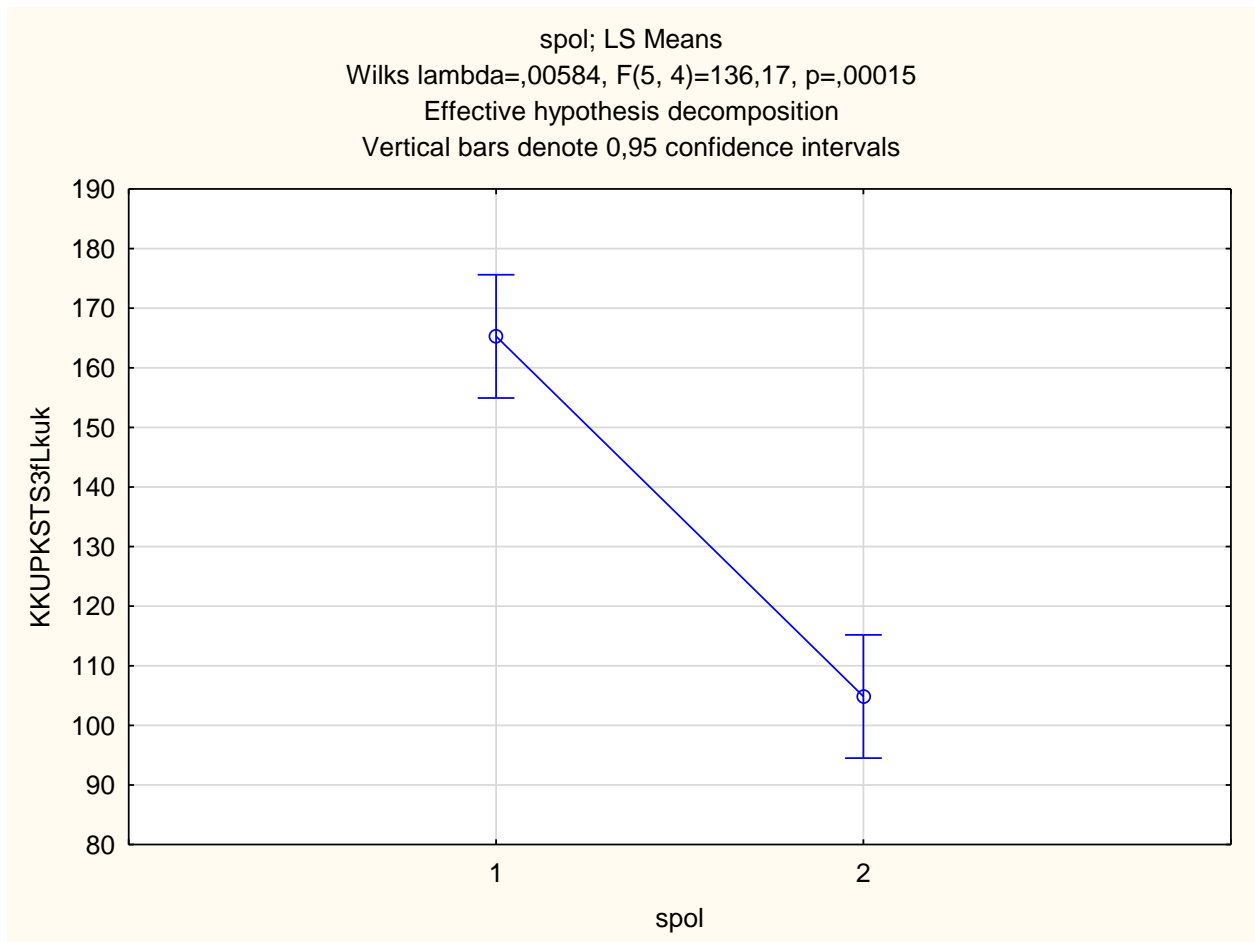
Slika 18. Bonferroni post-hoc test za varijablu KKOPKSTSLK

Rezultati post-hoc analize (slika 19) ukazuju da postoji statistički značajna razlika u varijabli kut u zglobu desnog koljena pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom (KKOPKSTSDK), između gimnastičara ( $134,31 \pm 13,52^\circ$ ) i gimnastičarki ( $163,12 \pm 16,84^\circ$ ),  $p=0,02$ .



Slika 19. Bonferroni post-hoc test za varijablu KKOPKSTSDK

Rezultati post-hoc analize (slika 20) ukazuju da postoji statistički značajna razlika u varijabli kut u zglobu lijevog kuka pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom (KKUPKSTSLK) između gimnastičara ( $165,28 \pm 8,73^\circ$ ) i gimnastičarki ( $104,85 \pm 11,16^\circ$ )  $p=0,00$ .



Slika 20. Bonferroni post-hoc test za varijablu KKUPKSTSLK

Rezultati Mann-Whitney U Testa prikazani u tablici 30 ukazuju na to da u varijablama kut centra težišta tijela u odnosu na podlogu prilikom prvog kontakta stopala s podlogom (KCTPPKSTP), (gimnastičari= $119,40 \pm 10,45^\circ$ , gimnastičarke= $49,60 \pm 4,83^\circ$ ),  $p=0,01$  i kut u desnom zglobu kuka pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom (KKUPKSTSDK), (gimnastičari= $163,52 \pm 6,34^\circ$ , gimnastičarke= $107,70 \pm 6,59^\circ$ ),  $p=0,01$  postoji statistički značajna razlike između gimnastičara i gimnastičarki.

Tablica 30. Mann-Whitney U Test za drugu fazu leta

Varijable	Rank Sum 1	Rank Sum 2	U	Z	p-value	Z adjusted	p-value	Valid N 1	Valid N 2	2*1sided exact p
KCTPPKSTP	40	15	0	2,51	0,01	2,51	0,01	5	5	0,01*
KKUPKSTSDK	40	15	0	2,51	0,01	2,51	0,01	5	5	0,01*

Legenda: p-value=statistički značajna vrijednost,  $p < 0,05$

## 5.6. Razlike po fazama preskoka između gimnastičara i gimnastičarki

U tablici 31 su prikazane statistički značajne razlike između gimnastičara i gimnastičarki po fazama preskoka. Statistički značajna razlika vidljiva je u fazi zaleta, naskoka a dasku i odraza (1), samo u jednoj varijabli KKUPKSDLK, gdje razlika iznosi  $10,62^\circ$ , te je veća u gimnastičarki. Isto tako u fazi odriava (2) zabilježena je statistički značajna razlika u dvije varijable. Razlika u varijabli KCTOSPKDS između gimnastičara i gimnastičarki je veća za  $9,2^\circ$  u gimnastičarki, dok je razlika u varijabli KLAPKDSLL veća za  $23^\circ$  u gimnastičara. Najbrojnije statistički značajne razlike između gimnastičara i gimnastičarki dobivene su u fazi drugog leta (3). Za varijablu KCTPPKSTP razlika se pokazala veća za  $69,8^\circ$  u gimnastičara. Varijabla KKOPKSTSLK ukazuje na razliku veću za  $33,03^\circ$  u gimnastičarki. Razlika veća za  $28,81^\circ$  zabilježena je u gimnastičarki u varijabli KKOPKSTSDK. U gimnastičara je u varijabli KKUPKSTSLK vidljiva razlika veća za  $60,43^\circ$  nego u gimnastičarki. Također u varijabli KKUPKSTSDK razlika je veća za  $55,82^\circ$  u gimnastičara.

Tablica 31. Razlike između gimnastičara i gimnastičarki po različitim fazama preskoka i pripadajućim varijablama

faze	varijable	p	gimnastičari	gimnastičarke	razlike
1	KKUPKSDLK	0,02	$104,22 \pm 5,07^\circ$	$114,84 \pm 6,62^\circ$	$10,62^\circ$
2	KCTOSPKDS	0,03	$7,80 \pm 5,54^\circ$	$17,00 \pm 5,79^\circ$	$9,2^\circ$
2	KLAPKDSLL	0,00	$169,57 \pm 3,23^\circ$	$146,57 \pm 5,32^\circ$	$23^\circ$
3	KCTPPKSTP	0,01	$119,40 \pm 10,45^\circ$	$49,60 \pm 4,83^\circ$	$69,8^\circ$
3	KKOPKSTSLK	0,00	$134,84 \pm 15,25^\circ$	$167,87 \pm 9,43^\circ$	$33,03^\circ$
3	KKOPKSTSDK	0,02	$134,31 \pm 13,52^\circ$	$163,12 \pm 16,84^\circ$	$28,81^\circ$
3	KKUPKSTSLK	0,00	$165,28 \pm 8,73^\circ$	$104,85 \pm 11,16^\circ$	$60,43^\circ$
3	KKUPKSTSDK	0,01	$163,52 \pm 6,34^\circ$	$107,70 \pm 6,59^\circ$	$55,82^\circ$

1=faza zaleta, naskoka na dasku, odraza i prvog leta u oba spola, 2=faza odriava, 3=faza drugog leta, p=statistički značajna vrijednost

## 6. RASPRAVA

Uspoređujući gimnastičare i gimnastičarke dobivene su razlike ali i sličnosti u ključnim dijelovima tehnike izvedbe skokova naskokom *Tsukahara* na preskoku. S obzirom na hipoteze istraživanja iz dobivenih rezultata je vidljivo da nema statistički značajne razlike između spolova u varijabli duljina zadnjeg koraka (DZK), iako gimnastičari imaju duži zadnji korak od gimnastičarki za 4,4 cm. Razlika se može pripisati duljini stopala i samoj brzini zaleta. Obično se naskok na odraznu dasku vrši s udaljenosti od 2,30 do 2,80 m (Antonov, 1975; Semenov, 1987; Živčić Marković i Krističević, 2016), a zabilježeno je i od 2,80 do 3,50 m (Čuk i Karacsony, 2004). U ovom istraživanju maksimalna duljina zadnjeg koraka je u gimnastičara iznosila 3,34 m a u gimnastičarki 2,99 m, te se s obzirom na navedeno može zaključiti da je došlo do povećanja duljine zadnjeg koraka zajedno s napretkom gimnastike. Također nema statistički značajne razlike između spolova u kutu centra težišta tijela u odnosu na podlogu u trenutku zadnjeg kontakta stopala s odraznom daskom (KCTZKSD), premda je u gimnastičarki prosjek kuta veći za 6°. Rezultat ukazuje na to da su gimnastičarke imale opruženo tijelo u prvom letu prema spravi. Gimnastičari su imali manji kut u kukovima što znači da su bili u pretklonu trupom prema spravi u prvom letu. Istraživanje Bento i sur., (2007), pokazalo je da gimnastičarke dolaze na odraznu dasku pod manjim kutom u odnosu na gimnastičare kod sve tri vrste preskoka: premetom, *Tsukaharom* i *Yurchenko* što je suprotno dobivenom, vjerojatno zbog drugih skupina preskoka u uzorku. Ono što još može biti razlogom ovakvoga rezultata je da kroz godine i promjene u pravilima te drugačijih tehnologija treninga polako dolazi do izjednačavanja kuta između spolova. S obzirom na dobiveno gimnastičari su u ovome dijelu stagnerali, dakle nisu mijenjali tehniku. Varijabla udaljenost između dlanova u prvom kontaktu sa spravom (UDLPKS) nije pokazala statistički značajne razlike između spolova iako gimnastičari dlanove postavljaju u prosjeku 9,56 cm šire nego gimnastičarke. Kerwin, Harwood i Yeadon, (1993) su proučavali efekte dvije različite tehnike (na početku i na kraju) postavljanja ruku na spravu u gimnastičara pri izvedbi *Tsukahara* i *Kasamatsu* skokova, ali na staroj spravi (konju) za preskok, a rezultati su pokazali da je tehnika postavljanja ruku na kraj konja sigurnija, ali smanjuje linearnu brzinu u drugom letu i ne povećava rotaciju. Iako je ovo istraživanje provedeno na starom konju gdje je sprava u gimnastičara bila okrenuta po dužini a u gimnastičarki po širini, a razmak između dlanova je bio definitivno različit i veći u gimnastičara zbog same sprave. Iako se udaljenost između dlanova nije pokazala kao statistički značajna između spolova, ona ipak postoji premda su gimnastičarke s obzirom na drugačiju

konstituciju (niže su, užih ramena) u odnosu na gimnastičare bilo za očekivati da će gimnastičari imati veći razmak između dlanova.

Vrijeme trajanja odriva (VODR) je jednako u oba spola te traje 0,26 sekundi, pa nema statistički značajne razlike. Drugim riječima gimnastičari i gimnastičarke su jednako vremena proveli na spravi tijekom odriva. Vrijeme trajanja odriva je najduže za skokove *Tsukaharom* jer prva ruka vrši kontakt sa spravom što je prije moguće, a to je ujedno i razlog najkraćeg trajanja prvog leta (Atiković, Tabaković, Hmjelovjec, Delaš Kalinski i Stoicescu, 2009a). U oba spola je uočeno da se dlanovi lijeve i desne ruke ne postavljaju u jednakim vremenima na spravu. Premda nema statistički značajne razlike u varijabli vremenska razlika između postavljanja dlanova na spravu (VRNPS), gimnastičari prosječno za sekundu prije postavljaju dlan druge ruke u odnosu na prvu ruku za razliku od gimnastičarki. Razlog tomu je nova sprava za preskok koja je tehniku odriva gimnastičarki približila gimnastičarima, osobito u *Tsukahara* skokova (Sands i McNeal, 2002). Ove nejednakosti u postavljanju dlanova na spravu zabilježena su i u drugim istraživanjima. Prilikom izvedbe *Tsukahara* skokova postoji mogućnost da gimnastičari postavljaju prvo jednu pa drugu ruku, što isto tako može biti razlog dužeg trajanja kontakta dlanova (upora) na spravi, što pomaže u završetku okreta za 180° u drugom letu (Farana i sur., 2012; Fernandes i sur., 2016). Osim što tehnika izvedbe *Tsukahare* zahtijeva postavljanje jedne pa druge ruke, postoje posljedice koje utječu na ostale kinematičke parametre. Upravo karakteristična za *Tsukaharu*, rotacija tijela u prvom letu izvedbom roudata, u usporedbi s ostalim grupama preskoka uzrokuje gubitak brzine, gdje položaj ruku utječe na duže trajanje upora na spravi, smanjujući tako visinu drugog leta (Fernandes i sur., 2016). Statistički značajne razlike između spolova nema u kutu zgloba lijevog ramena u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KRAPKDSLRL), iako je u gimnastičara veći za 9,91°, dok je za desno rame (KRAPKSDRL) u gimnastičara veći za 2,21° isto statistički neznačajan. Ovakvi rezultati u kojima prednjače gimnastičari proizlaze iz toga što gimnastičari dlanove postavljaju šire nego gimnastičarke, pa je i kut u ramenu veći. Druga pretpostavka razlika je definitivno širina ramena ali i miškulatura gornjih ekstremiteta koja je očekivano veća u gimnastičara. Treća konstatacija većeg kuta u ramenima u gimnastičara je da su pri prvom kontaktu sa spravom imali opružene ruke, dok su gimnastičarke ranije grčile lijevi lakat, već u prvom kontaktu te zbog toga smanjile kut u ramenu. Pravilo postavljanja ruku u gimnastičara je takvo da prva ruka koja dolazi u kontakt sa spravom obično je suprotna odraznoj nozi (Atiković i sur., 2009a). U ovom istraživanju kod nekih gimnastičarki i gimnastičara je vidljivo postavljanje i istoimene ruke odraznoj nozi.



Zalet započinje trčanjem koje se izvodi na prednjem dijelu stopala i završava naskokom na odraznu dasku. Tijekom trčanja zbroj svih sila je usmjeren kroz centar težišta tijela, a ubrzanje ovisi o međudjelovanju sila u x, y i z osi (Atiković i Delaš Kalinski, 2018). Zalet je preliminarna faza koja omogućuje dostizanje maksimalne horizontalne brzine za skok te će biti važan za slijedeće faze preskoka (Fernandes i sur., 2016; Naundorf i sur., 2008). Najviše energije za preskoke se generira tijekom faze zaleta (Krug i sur., 1998). Broj koraka koji se izvedu tijekom zaleta u vrhunskih gimnastičara iznosi 13 do 14, a u gimnastičarki oko 14 do 15 koraka u 20 m (Atiković i Delaš Kalinski, 2018; Čuk i Karacsony, 2004). U ovom istraživanju brzina zaleta (BZ) se nije pokazala kao statistički značajna razlika između spolova, premda su gimnastičari za 0,11 sekundi brži od gimnastičarki. Dobiveni rezultati su u suglasju s ostalim istraživijima, te se mogu pripisati većoj eksplozivnoj snazi u gimnastičara. Gimnastičari imaju tendenciju trčati brže nego gimnastičarke zbog veće horizontalne brzine ukupnog centra težišta tijela (McNitt-Gray i sur., 2001). Istraživanjem sklonjene *Tsukahare* u gimnastičara u natjecateljskim uvjetima dobivena je brzina zaleta koja iznosi 8.3 m/s, (Brehmer i Naundorf, 2014), što je isto kao i u ovom istraživanju. Za gimnastičare i gimnastičarke brzina zaleta iznosi približno 7 i 8 m/s a može biti direktno povezana s težinom skoka (Prassas i Gianikellis, 2002). Brzine zaleta u *Tsukahara* i premet skupinu preskoka ukazuju na to da su gimnastičari brži od gimnastičarki (premeti: 8.3 m/s nasuprot 7.7 m/s; *Tsukahare*: 8.2 m/s nasuprot 7.5 m/s), osim za *Yurchenko* skokove (7.3 m/s za oba spola) (Fernandes i sur., 2016). Kao što je i očekivano i za ostale skupine skokova, gimnastičari imaju brži zalet uzrokovan različitim fizičkim pretpostavkama nego gimnastičarke, ali za *Yurchenko* skokove nema statistički značajnih razlika između gimnastičara (7,36 m/s) i gimnastičarki (7,33 m/s) (Naundorf, i sur., 2008). Gimnastičari dostižu 8-9% veću brzinu zaleta kod izvedbe skokova premetom i *Tsukaharom* nego gimnastičarke, ali slične vrijednosti kao i gimnastičarke u *Yurchenko* skokovima (Schärer i sur., 2019). Te razlike su nastale uslijed niže sprave i vrijednosti skoka koje su izvele gimnastičarke (Fernandes i sur., 2016). Veća brzina zaleta u gimnastičarki pri izvedbi *Yurchenko* skokova može se pripisati učestalosti izvedbe *Yurchenko* preskoka u ženskoj gimnastici. Veća brzina zaleta ovisi o udaljenosti i vremenu ali i od dužine i broja koraka (Atiković i Delaš Kalinski, 2018). Kroz određeni vremenski period došlo je do tehničkog poboljšanja skokova i povećanja težinskih vrijednosti preskoka, što znači povećanje broja rotacija i kompleksnosti položaja tijela, zahtijevajući velike brzine zaleta (Naundorf i sur., 2008). Zanimljivo je da se brzina zaleta stabilizirala između 1997. i 2010. godine, što može biti razlog fizičkih granica maksimalne brzine zaleta ili je postignuta optimalna brzina za pojedini skok (Filius, i sur., 2012). Jedan od razloga tomu je što i gimnastičari i gimnastičarke od 2002.

godine skokove izvode na istoj, novo konstruiranoj spravi za preskok. Na staroj spravi prosječna brzina za skokove premetom iznosi 7.3 m/s, *Yurchenko* skokove 6.98 m/s, i *Tsukahara* skokove 7.28 m/s (Krug i sur., 1998). U gimnastičarki na staroj spravi prosječna brzina trčanja iznosi 7.25 m/s pri izvedbi različitih skokova (Sands i Cheltham, 1986). Najveća brzina trčanja zabilježena je u gimnastičarki a iznosi 7.9 m/s, a u gimnastičara 8.9 m/s za skokove premetom, *Yurchenom* i skokove s okretom za 180° u prvom letu (Krug i sur., 1998). Danas gimnastičarke imaju brži zalet zbog mnogo veće kontaktne površine nove sprave za preskok. Površina za upor rukama se povećala za oko 40%, na starom konju iznosila je 150 cm, a na novoj spravi od 250 cm (Sands, i McNeal, 2002). Tijekom deset godina u gimnastičara i gimnastičarki je zabilježeno povećanje brzine zaleta, osim za *Yurchenko* skupinu skokova (Naundorf i sur., 2008). Razlog zašto je brzina ograničavajući faktor u *Yurchenko* skokova je zbog izvedbe rouda prije sprave koji zahtijeva precizniju kretanju nego skokovi licem prema spravi (Fernandes i sur., 2016). Maksimalna brzina zaleta obično se dostiže nekoliko metara prije zadnjeg kontakta stopala s podlogom prije odraza s daske (Van Der Eb i sur., 2012; Filius, Rougoor, Van Niel, de Water, Coolen, i de Koning, 2012). Na kraju faze ubrzanja maksimalna brzina je  $7.7 \pm 0.3$ ,  $8.2 \pm 0.4$  i  $8.4 \pm 0.3$  m.s<sup>-1</sup> i brzina u trenutku odraza definirana zadnjim kontaktom stopala u zaletu je  $6.6 \pm 0.7$ ,  $8.0 \pm 0.6$  i  $8.2 \pm 0.5$  m.s<sup>-1</sup>, za *Yurchenko*, *Tsukahara* i premet (samo za gimnastičare) i sve su brzine statistički značajno različite između skupina preskoka (Van Der Eb i sur., 2012). Postoje razlike u brzini zaleta između vrhunske i srednje klase gimnastičara, gdje u obje grupe postoji progresivno povećanje brzine zaleta (vrhunski – 9.95m/s; srednja klasa – 8.57m/s), vrhunski gimnastičari imaju manju brzinu trčanja na početku zaleta (3,2 m/s do 5.4 m/s), dok pred kraj zaleta postižu veću progresiju u odnosu na srednju klasu gimnastičara (Veličković i sur., 2011). U ovom istraživanju sudjelovali su vrhunski gimnastičari i gimnastičarke, jedino zbog natjecateljskih uvjeta nije bilo moguće mjeriti dinamiku brzine zaleta. Tehnika preskoka ukazuje da je velika brzina zaleta poželjna za preskok jer gimnastičar treba dovoljni impuls za izvedbu višeg i dužeg drugog leta (Sands, 2000). Ovdje treba postaviti određeni oprez jer može doći do pojave grešaka ako se brzina zaleta tehnički u zadnjem koraku ne prenese na odraznu dasku. Cilj svakog preskoka je postići maksimalnu brzinu trčanja no važno je da gimnastičar može postići najveću brzinu koju može kontrolirati (Sands, 2000; Sands, 1984). 1950-ih godina gimnastičar je mogao u 20 metara dostići 95% od maksimalne brzine trčanja (Henry i Trafton, 1951). U gimnastičara u gotovo svim *Yurchenko* skokovima deceleracija se događa oko 4 metara prije zadnjeg kontakta stopala s podlogom dok se za skokove premetom deceleracija događa između 0-1,5 metra; dok je za *Tsukahara* skokove na 1,5-2 m i na 0 metara, dakle nema deceleracije (Van Der Eb i sur., 2012). Brzina zaleta i

sposobnosti ubrzanja u vrhunskih gimnastičarki su slični tijekom godina te dostižu maksimalnu brzinu trčanja prije nego prosječna populacija, oko 40 stope, a krivulja ubrzanja je progresivna za razliku od prosječne populacije u kojih se povećava s godinama i masom (Sands i McNeal, 1999). Postoje razlike u brzini zaleta između različitih dobnih skupina, te je promjenjiva. Brzina zaleta u gimnastičara kontinuirano raste, prosječno 0,2 m/s sve do završetka puberteta (juniori) dok u seniora dolazi do stagnacije a razlog tomu su promjene u razini hormona (Brehmer i Naundorf, 2011). Sands, (2000) je proučavao razlike u brzini zaleta između juniorki i seniorki, te dobio da su seniorke brže u odnosu na juniorke pri izvedbi skokova premetom, *Yurchenkom* i *Tsukaharom*. U praksi često gimnastičari/ke na preskoku precizno mjere točnu udaljenost zaleta, a trebali bi više pažnje posvetiti na zadnji korak prije daske i odraz s minimalnim gubitkom brzine zaleta (Bradshaw, 2004). Osim toga što je brzina zaleta kroz godine dostigla optimum, korelacije između brzine i finalne ocjene ukazuju na to da povećana brzina zaleta pokazuje povećanje finalne ocjene, u gimnastičara  $r=0,60$  (0,00) i  $r=0,52$  (0,00) za gimnastičarke (Filius, i sur., 2012). Pronađena je značajna korelacija između brzine zaleta i ocjene (Sands i Cheltham, 1986; Takei, 1990) i to između brzine, odraza i konačne ocjene skoka u gimnastičara i gimnastičarki (Van Der Eb i sur., 2012). Brzina zaleta je značajno povezana s D-ocjenom i visinom leta za sve vrste skokova (premetom, *Yurchenkom* i *Tsukaharom*) u gimnastičarki, dok je u gimnastičara brzina zaleta značajno povezana s D-ocjenom, visinom i dužinom leta u *Tsukahara* i *Yurchenko* skokova (Schärer i sur., 2019). Postizanje maksimalne brzine trčanja dodatno je ograničeno dozvoljenim zaletom oko 20 m, te osnovno pitanje koliko bi se zalet na preskoku mogao ubrzati ostaje nerazjašnjeno (Sands, 2000). Hoće li se samom dinamikom napretka preskoka i izvedbom novih, sve težih vrijednosti skokova, brzina zaleta poboljšavati ili će ostati ista, ostaje za buduća istraživanja.

Za varijablu kut u zglobu lijevog kuka u prvom kontaktu s odraznom daskom (KKUPKSDLK ) postoji statistički značajna razlika između spolova, gdje gimnastičarke imaju veći kut za  $10,62^\circ$  u odnosu na gimnastičare. Razlika od  $2,44^\circ$  za istu varijablu na desnoj strani (KKUPKSDDK) u korist gimnastičara nije statistički značajna. Takav dolazak na dasku nastao je zbog toga što gimnastičari imaju jači odraz prije daske te noge ranije prolaze trup i samim time prije dolaze na odraznu dasku pa je zato kut u kuku manji, a trup u pretklonu. To je nastalo kao posljedica veće brzine zaleta ali i većih eksplozivnih svojstava donjih ekstremiteta u gimnastičara. Gimnastičari su tim manjim kutom imali drugačiju tehniku prvog leta gdje su ranije dolazili na spravu nego gimnastičarke, pa je i odraz trajao kraće. U gimnastičarki (juniorke) tijekom prve faze, akceleracija kuta u kukovima za sklonjenu *Tsukaharu* iznosi 17,09

m/s<sup>2</sup>, (Dimitrova, Tankusheva i Petrova, 2015). Navedeno istraživanje nije provedeno u gimnastičara, a osim toga kao biomehaničke varijable nisu uzimana kutna ubrzanja u ovom istraživanju. No gledajući ostale varijable prije kontakta s odraznom daskom smatra se da bi kutno ubrzanje bilo veće u gimnastičara.

Kut u zglobu lijevog koljena u prvom kontaktu stopala s odraznom daskom (KKOPKSDLKO) je za 8,28° veći u gimnastičarki u odnosu na gimnastičare, dok je desni kut (KKOPKSDDKO) veći za 2,26° u gimnastičarki, ali nisu statistički značajni. Dobiveni rezultat ukazuje na to da su gimnastičarke dolazile na dasku s opruženijim nogama u koljenima nego gimnastičari koji su pretpostavljajući se grčenjem koljena nastojali poboljšati odraz. U varijabli vrijeme trajanja odraza (VODRZ) nema statistički značajne razlike između spolova, iako je odraz kraći za 0,02 sekunde u gimnastičara. Kraće zadržavanje na dasci u gimnastičara proizašlo je iz eksplozivnijeg odraza. Gimnastičarkama je trebalo više vremena za odraz s obzirom da su očekivano slabije od gimnastičara. Odraz s odrazne daske je kritični dio preskoka gdje gimnastičar mora pretvoriti većinu linearnog momenta zaleta u odgovarajući omjer linearnog i kutnog momenta potrebnog za uspješan preskok (Greenwood i Newton, 1996). Zbog toga je bitna pravilna tehnika zaleta i naskoka na odraznu dasku. Nelson, Gross i Street, (1985) su pronašli prosječnu horizontalnu komponentu brzine gimnastičarki na Olimpijskim igrama 1984. gdje je brzina kontakta s daskom iznosila 6,5 m/s. Kao što je i prije navedeno, u ovom istraživanju nije bilo mogućnosti za mjerenje takve vrste parametara, nego su uzeti oni ključni koji su se mogli tada izmjeriti. Položaj stopala i mjesto odraza s odrazne daske proučavano je u gimnastičara pri izvedbi premeta te rezultati nisu pokazali statistički značajnu razliku ako je odraz izveden na sredini ili na kraju daske (Coventry i sur., 2006). S obzirom da se mjesto odraza ne smatra ključnim parametrom izvedbe, u ovom istraživanju nije uzeto kao varijabla, ali je primijećeno da se odraz u oba spola vrši malo prije sredine odrazne daske. Kod izvedbe skokova iz skupine premeta i *Tsukahara* u trenutku kontakta s odraznom daskom, gimnastičar se nagnje prema natrag za oko 30° iz vertikalnog položaja i počinje se kretati preko stopala pa sve do odraza (Prassas i Gianikellis, 2002). To se može objasniti dobivenim rezultatom u gimnastičara koji su imali veći pretklon trupa od gimnastičarki u trenutku kontakta s daskom. Hedbávný i Kalichová, (2015), utvrdili su putem 3D kinematičke analize bitne karakteristike izvedbe *Yurchenko* skoka iz koje su zaključili da su maksimalna brzina odraza i minimalan gubitak horizontalne brzine kod odraza bitni parametri izvedbe. U ostalim skokovima od provedenih analiza primjerice *Yurchenko* pruženi s okretom za 360° u gimnastičarki ustanovljeno je da imaju kraći kontakt s odraznom daskom u odnosu na *Yurchenko* pružene

skokove u gimnastičarki na Olimpijskim igrama 1988. godine (Kwon i sur., 1990). Ovo se donekle može povezati s ovim istraživanjem gdje su gimnastičari imali više rotacija u drugom letu a isto su se kraće zadržavali na dasci od gimnastičarki. Brzina zaleta i vertikalna brzina odraza utječu uvelike na uspješnost izvedbe premeta grčenog salta naprijed u gimnastičara (Takei, 1988). Navedena tvrdnja je i danas bitna bez obzira o kojoj skupini skokova se radilo. Kratko vrijeme kontakta na odraznoj dasci i/ili spravi za preskok vjerojatno će prenijeti brzinu u duže trajanje drugoga leta ili udaljenost, pod uvjetom da gimnastičar stvara dobar impuls kroz dobru tehniku (npr. „blokiranje“ na spravi) (Bradshaw, 2004). Fleksije ramena i koljena pri kontaktu s daskom i u prvom letu u *Yurchenko* skokova su najčešće greške zabilježene od strane sudaca u gimnastičarki (Penitente, 2014). *Yurchenko* skokovi su zbog izvedbe rouda prije sprave i dolaskom kroz prvi let leđima prema spravi teško usporedivi s *Tsukahara* skokovima u kojima se prvi let događa puno brže nego u *Yurchenko* skova. Stoga se smatra se da je nemoguće golim okom registrirati greške u prvom letu pri izvedbi *Tsukahara* skokova. Takei (1990) je pronašao značajnu korelaciju između brzine odraza i ocjene ( $r=,74$ ) u skokovima premetom u gimnastičarki.

Kut u zglobu lijevog ramena u zadnjem kontaktu stopala s odraznom daskom (KRAZKSDLR) je za  $1,22^\circ$  veći u gimnastičara, dok je za desno rame (KRAZKSDDR) kut veći za  $15,22^\circ$  u gimnastičara, te isto tako nije statistički značajan. Navedeno govori u prilog tomu da su gimnastičari dlanove na spravu postavljali dalje od gimnastičarki, osobito desni dlan pa je zato kut u ramenu veći. Horizontalna brzina centra težišta tijela u trenutku zadnjeg kontakata stopala s podlogom (HBCTZKSTP) je manja za 1,63 sekunde u gimnastičarki, što znači da su gimnastičari brži. A to se može obrazložiti s prijenosom brzine trčanja iz zaleta gdje su gimnastičari bili brži u odnosu na gimnastičarke i time da su manje brzine izgubili u zadnjem koraku. U istraživanju Van Der Eb i sur., (2012) nije pronađena nikakva veza između horizontalne brzine odraza i rezultata. Dok su gimnastičarke prije gotovo dvadeset godina općenito imale niže vrijednosti horizontalne brzine, u drugom letu bile su vidljive razlike zbog relativno duže sprave u gimnastičara (McNitt-Gray i sur., 2000). Vertikalna brzina centra težišta tijela u trenutku zadnjeg kontakata stopala s odraznom daskom (VBCTZKSTOD) je za 0,36 sekundi manja u gimnastičara, što znači da su se kraće zadržali na dasci u odnosu na gimnastičarke. Razlog tomu leži u većoj težini tijela i eksplozivnoj snazi donjih ekstremiteta. Za *Kasamatsu* i *Tsukahara* skokove, horizontalna brzina centra težišta tijela se smanjuje, vertikalna brzina centra težišta tijela se povećava i kutni moment se razvija u trenutku kontakata s odraznom daskom (Fernandes i sur., 2016; Motoshima i Maeda, 2015). U skladu s ostalim

istraživanjima može se tvrditi da su horizontalna i vertikalna brzina odraza uzrokovane brzinom zaleta. Horizontalna brzina centra težišta tijela smanjuje sve do doskoka dok je vertikalna brzina maksimalna pri odrazu s odrazne daske i nakon toga se smanjuje, kinetička energija se također smanjuje od početka skoka sve do doskoka kod izvedbe grčene *Tsukahare* u gimnastičarki u trenajnim uvjetima (Crețu, Mihăilă i Potop, 2012). Uspoređujući oba spola uspostavilo se da u skokovima premetom gimnastičarke imaju značajno manju horizontalnu i vertikalnu brzinu pri kontaktu s daskom, te manju horizontalnu i vertikalnu brzinu nego gimnastičari, premda se tada preskok u gimnastičara skakao po dužini (Takei i Kim, 1990). Danas se te razlike nisu promijenile, gimnastičari su i dalje brži, premda se ovdje radi o drugoj skupini preskoka. Brojni autori su potvrdili da su od bitnih biomehaničkih parametara na preskoku, zalet i postignuta horizontalna brzina te odraz s odrazne daske kao i linearni i kutni parametri važniji od parametara tijekom kontakta sa spravom (Bajin, 1979; Dainis, 1979, 1981; Krug i sur., 1998; Lee, 1998; Spiros Prassas i sur., 2006; Takei, Blucker, Dunn, Myers, i Fortney, 1996; Takei, 1989, 1990, 1991a, 1991b, 1992, 1998; Takei i sur., 2003; Takei i Kim, 1990). Sasvim je jasno s obzirom na činjenicu da se preskok sastoji od međusobno povezanih faza, pa svaka greška u prethodnoj fazi rezultira greškom u sljedećoj fazi. A isto tako da nema zaleta i odrazne daske skokove ne bi bilo moguće izvoditi.

Visina centra težišta tijela u odnosu na os sprave u prvom kontaktu dlanova sa spravom (VCTOSPKDS) veća je za 5,95 cm u gimnastičarki u odnosu na gimnastičare, ali nije statistički značajna razlika. Dobivena razlika nastala je uslijed toga što gimnastičari dolaze pod manjim kutom na dasku, sklonjeni su u kukovima a posljedično je i centar težišta tijela niži. Početni kutni moment odraza se smanjuje tijekom kontakta sa spravom ali s dijelom koji se koristi za povećanje vertikalne brzine i u najuspješnijim preskocima, kutni moment se smanjuje zadnji (Prassas i sur., 2006).

Statistički značajna razlika dobivena je u kutu centra težišta tijela u odnosu na os sprave u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KCTOSPKDS) između spolova, pa gimnastičarke imaju za  $9,2^\circ$  veći kut nego gimnastičari. Dobiveni rezultat proizlazi kao posljedica prijašnjih varijabli poput visine centra težišta tijela u prvom kontaktu dlanova sa spravom koja je u gimnastičarki veća i iz kuta u kukovima u trenutku prvog kontakta sa daskom koji je veći u gimnastičarki.

Kut u zglobu lijevog lakta u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KLAPKDSLL), veći je u gimnastičara za  $23^\circ$  od gimnastičarki, te se pokazao statistički značajnim. Taj kut ukazuje na to da su gimnastičari pri prvom kontaktu dlana lijeve ruke sa spravom manje grčili lakat od

gimnastičarki, ali je primijećeno da je grčenje lakta u gimnastičara započelo kasnije nego u gimnastičarki i to kada je druga ruka (desna) došla u kontakt sa spravom. Kut u desnom laktu (KLAPKSDL) je za  $7,47^\circ$  veći u gimnastičarki nego u gimnastičara, ali nije statistički značajan. On se može objasniti time da su gimnastičarke manje grčile desni lakat nego gimnastičari. Za *Tsukahara* skokove prva ruka je paralelna na spravu, a druga je ortogonalna (ili malo više zakrenuta) u odnosu na prvu ruku, a postavljaju se na kraj sprave za razliku od drugih skokova gdje se ruke postavljaju obično na sredinu sprave (Atiković i sur., 2009a). U ovom istraživanju ruke su se postavljale paralelno, jedna u odnosu na drugu, u istoj liniji u oba spola, te nije primijećeno okretanje dlanova druge ruku tijekom upora, a ruke su se postavljale pretežno na početak središta sprave u oba spola. Kut u zglobu lijevog kuka u prvom kontaktu dlanova sa spravom (KKUPKDSLK) je za  $7,29^\circ$  veći u gimnastičara, dok je kut u desnom kuku (KKUPKDS) za  $0,56^\circ$  isto veći u gimnastičara, ali nisu statistički značajni. Dobivena veća razlika u kutu lijevog kuka u gimnastičara govori da su u trenutku prvog kontakata dlanova sa spravom bili manje sklonjeni u kukovima za razliku od suprotnog spola. Iako su gimnastičari pri prvom kontaktu stopala s odraznom daskom imali manji kut i time bili u većem pretklonu trupa od gimnastičarki ovdje su pretpostavlja se jačim odrazom i zamahom rukama opružili trup i gornji dio tijela prema spravi. Kut u lijevom zglobu ramena u trenutku zadnjeg kontakata dlanova sa spravom (KRAZKDSLRL) je za  $7^\circ$  veći u gimnastičara, što je vjerojatno posljedica kasnijeg grčenja lijevog lakta, i samim time povećanja kuta u ramenu, dok je za desni kut u ramenu (KRAZKSDR) prizor drugačiji, on je veći za  $6,33^\circ$  u gimnastičarki, no nije statistički značajan. Gimnastičarke su po ovome u trenutku zadnjeg kontakata sa spravom ranije izvodile odziv lijevom rukom i započinjale rotaciju oko uzdužne osi dok je desna ruka kretala kasnije i zato je taj kut u ramenu veći. Horizontalna brzina centra težišta tijela u trenutku prvog kontakata dlanova sa spravom (HBCTPKDSP) nije statistički značajna ali su gimnastičari bili brži za 2,75 sekundi od gimnastičarki. Ovakav rezultat je bio i za očekivati zbog veće brzine zaleta ali i horizontalne brzine centra težišta tijela u zadnjem kontaktu stopala s daskom i vertikalne brzine centra težišta tijela u zadnjem kontaktu stopala s odraznom daskom gdje su se gimnastičari brže odrazili od gimnastičarki. Na staroj spravi postojala je razlika između spolova u ukupnom centru težišta tijela generirana tijekom horizontalne brzine gdje je u gimnastičarki bila manja nego u gimnastičara prije kontakata sa spravom (McNitt-Gray i sur., 2000). Za *Kasamatsu* i *Tsukahara* skokove, horizontalna brzina centra težišta tijela se smanjuje, vertikalna brzina centra težišta tijela se povećava i kutni moment se razvija u trenutku kontakata s odraznom daskom dok se horizontalna i vertikalna brzina smanjuju u trenutku kontakata sa spravom u oba skoka (Fernandes i sur., 2016; Motoshima i Maeda, 2015). Horizontalne brzine ukupnog centra

težišta tijela u trenutku kontakta sa spravom ostaju nakon što je horizontalni impuls kočenja primijenjen na tijelo tijekom kontakta sa starom spravom (konjem) (McNitt-Gray i sur., 2001). U istraživanjima horizontalne brzine ostalih skupina skokova pronađeno je u skupini premetom. Horizontalna brzina odriva značajno utječe na drugi let u gimnastičara kod izvedbe skoka premet salto grčeni (Takei, 1991b, 1992). Vertikalna brzina centra težišta tijela u prvom kontaktu dlanova sa spravom (VBCTPKDSP) nije statistički značajna ali su gimnastičari brži za 0,23 m/s od gimnastičarki. Vertikalna brzina centra težišta tijela u trenutku zadnjeg kontakta dlanova sa spravom (VBCTZKDSP) nije statistički značajna razlika ali su gimnastičari brži za 0,52 sekunde od gimnastičarki. Prosječne horizontalne i vertikalne brzine drugog leta pronađene tijekom Svjetskog prvenstva 2010. godine, iznosile su 3,20 i 3,18 m/s<sup>-1</sup> za gimnastičare i 2,89 i 2,41 m/s<sup>-1</sup> za gimnastičarke (Van Der Eb i sur., 2012). Stoga se dobiveni rezultati slažu s prijašnjim istraživanjima, i dalje su gimnastičari u ovom segmentu brži od suprotna spola. Uzimajući u obzir horizontalne i vertikalne brzine centra težišta tijela u prethodnim fazama preskoka ovakav rezultat u vertikalnih brzina centra težišta tijela u prvom i zadnjem kontaktu dlanova sa spravom u gimnastičara je bio za očekivati. Doprinos gornjih ekstremiteta kutnom momentu oko centra težišta tijela je značajno veći za *Kasamatsu* skok nego za *Tsukahara* skok u trenutku odriva (Motoshima i Maeda, 2015). Horizontalna i vertikalna brzina pri odrivu sa sprave određuje putanju leta gimnastičara od odriva do doskoka. Postoji jasna povezanost za vertikalnu brzinu centra težišta tijela: veća vertikalna brzina odriva povezana je s većom ocjenom (Van Der Eb i sur., 2012). S obzirom da drugi let definira skok uvažavajući pri tome broj rotacija oko poprečne ili uzdužne osi, sva pozornost od strane sudaca koji definiraju izvedbenu vrijednost skoka koncentrirana je na isti. Ono što suci najviše primjećuju s obzirom na brzinu izvedbe skokova na preskoku je visina drugog leta, položaj tijela i doskok. Veća vertikalna brzina odriva je povezana s većom ocjenom skoka i maksimalnom trajektorijom visine centra težišta tijela pa duže vrijeme provedeno u zraku omogućuje izvedbu rotacija (oko poprečne i uzdužne osi tijela) što utječe na D-ocjenu pa je stoga vertikalna brzina od ključne važnosti a ne horizontalna (Van Der Eb i sur., 2012). Biomehaničkom 3D analizom dvostruke sklonjene Tsukahare u gimnastičara rezultati su pokazali da je za uspješnu izvedbu potrebna veća horizontalna brzina zaleta, smanjeno vrijeme prvog leta, te povećanje horizontalno-vertikalne komponente odriva u drugom letu, te zadržavanje adekvatnog sklonjenog položaja tijela za smanjenje kutne brzine cijeloga tijela u x osi (Lim, 2004). Vertikalna brzina odriva je bitna tehnička karakteristika i u *Yurchenko* skupini skokova u gimnastičarki isto tako utvrđene putem 3D kinematičke analize (Hedbávný i Kalichová, 2015). Vertikalna brzina ukupnog centra težišta tijela u trenutku napuštanja sprave



određuje drugi let te dijelom duže trajanje drugog leta i veća horizontalna brzina ukupnog centra težišta tijela u trenutku napuštanja sprave posljedično će rezultirati većim horizontalnim pomakom ukupnog centra težišta tijela u odnosu na spravu (McNitt-Gray i sur., 2001). Dakle odriv je bitan dio skoka, a kao što su rezultati pokazali oba spola imaju različite tehnike izvedbe odriva. Ne može se tvrditi koja je bolja ili lošija već se temeljem dobivenih rezultata i prethodnih faza preskoka može naslutiti što bi gimnastičarke mogle poboljšati da bi odriv rezultirao kasnije većom visinom centra težišta tijela. Povećanje vremena drugog leta pruža gimnastičarima mogućnost dovršavanja složenijih akrobatskih pokreta u zraku povećavajući težinsku vrijednost skoka (Bradshaw i sur., 2010).

Iz rezultata treće faze skokova vidljiva je statistički značajna razlika između gimnastičara i gimnastičarki u visini centra težišta tijela u odnosu na os sprave do maksimalne visine leta (VCTOSMVL) i to za 17,26 cm u gimnastičara. Razlog tomu leži u eksplozivnijim gornjim ekstremitetima i širem postavljanju ruku na spravu, te većoj vertikalnoj brzini centra težišta tijela u trenutku zadnjeg kontakta dlanova sa spravom. Analizom sklonjene *Tsukahare* u gimnastičara u natjecateljskim uvjetima visina centra težišta tijela u drugom letu iznosila je 2,72 m, te relativni kutni moment 66,3 Nm/s (Brehmer i Naundorf, 2014). Visina od 2,72 m je mjerna od poda (strunjača) do centra težišta tijela, a u ovom istraživanju je mjereno od osi sprave do maksimalne visine leta pa su vrijednosti nešto niže. Gimnastičari imaju dužu fazu kontakta rukama sa spravom i drugu fazu leta od gimnastičarki koje imaju duže trajanje prve faze leta, a razlog tomu je različitost u građi gornjeg dijela tijela, ali i učenja same tehnike pojedinih elemenata, osobito onih na tlu, što direktno utječe na način izvedbe faze odriva od sprave i druge faze leta (Atiković i sur., 2009b). Vrijeme trajanja odriva u ovom istraživanju je jednako, dakle nema razlike, ono što je bilo vidljivo obzirom na brži odraz u gimnastičara je manje vremena potrebno za dolazak u prvi kontakt sa spravom. Analizom sklonjene *Tsukahare* u gimnastičara u natjecateljskim uvjetima dobivene su referentne vrijednosti za sigurnu izvedbu drugog leta, visinu centra težišta tijela u drugom letu, relativni kutni moment i brzinu zaleta (Brehmer i Naundorf, 2014). Te referentne vrijednosti mogu se primijeniti samo za gimnastičare, pošto istraživanje nije provedeno u oba spola. Dokazano je da 95% težine skoka objašnjava druga faza leta na preskoku u gimnastičara (Atiković, 2012). Može se smatrati iako nema rezultata u gimnastičarki da drugi let uvelike utječe na predikciju skoka. U ostalim skupinama skokova iako je vertikalna brzina slična u svim fazama, mehanički su zahtjevi nejednaki i pod utjecajem skupine skoka, ograničavajući tako parametre kutova koji su izvor razlika (Farana i sur., 2012). Za kut centra težišta tijela u odnosu na podlogu pri prvom kontaktu

stopala s podlogom (KCTPPKSTP) postoji statistički značajna razlika između gimnastičara i gimnastičarki i to za  $69,8^\circ$  veća u gimnastičara. Dobiveno govori da su gimnastičari dolazili na tlo leđima okrenuti prema spravi zbog dužeg vremena i visine drugog leta imali su prostora i mogućnosti s obzirom na dobivene rezultate iz prethodnih faza za rotaciju i  $\frac{1}{2}$  više oko uzdužne osi tijela nego gimnastičarke. Gimnastičarke su doskakale okrenute lice prema spravi sklonjenim tijelom pa je iz toga razloga kut bio manji nego u gimnastičara. Udaljenost stopala od sprave pri prvom kontaktu s podlogom (USTSPKP) se nije pokazala statistički značajnom razlikom između spolova ali je za  $29,68$  cm veća u gimnastičara. Navedeno govori u prilog tomu da gimnastičari doskaču dalje od sprave u odnosu na gimnastičarke. Doskok je važan dio završetka skoka, budući da se u njemu akumuliraju sve prethodne greške iz svih faza skoka na preskoku (Takei, 2007). Iako u ovom istraživanju nije detaljno analiziran doskok, već se gledao prvi kontakt stopala sa strunjačom uspješno izvedenih skokova (nije bilo padova). Ono što ostavlja najveći dojam na publiku je doskok. Gimnastičari imaju dulje trajanje drugog leta te stoga doskaču na različita mjesta u odnosu na spravu (McNitt-Gray i sur., 2001). To se može povezati i s brojem rotacija koje su izveli u drugom letu, jer su gimnastičari doskakali dalje od sprave u odnosu na gimnastičarke. Dobiveno možemo povezati s drugom skupinom skokova. Naime, *Yurchenko* pruženi s okretom za  $360^\circ$  u gimnastičarki ima duže vrijeme druge faze leta u odnosu na *Yurchenko* pružene skokove u gimnastičarki na Olimpijskim igrama 1988. godine (Kwon i sur., 1990). Vrsta i broj rotacije diktira trajanje drugog leta. U sokova premetom drugi let traje duže u usporedbi s *Tsukahara* skupinom skokova, premda se nije uzimao u obzir položaj tijela koji bi mogao imati utjecaja (Fernandes i sur., 2016). Značajne razlike između spolova u položaju stopala tijekom doskoka nastaju zbog razlika u brzinama ukupnog centra težišta tijela tijekom drugog leta (McNitt-Gray i sur., 2001). Također postoji statistički značajna razlika u varijabli kut u zglobu lijevog koljena pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom (KKOPKSTSLK) te je veći za  $33,03^\circ$  u gimnastičarki, dok je za desno koljeno (KKOPKSTSDK) isto tako dobivena statistički značajna razlika u korist gimnastičarki za  $28,81^\circ$ . Navedeno govori da gimnastičarke doskaču sa skoro pruženim nogama za razliku od gimnastičara čiji je kut u koljenu manji pa su više grčili koljena. Kut u lijevom zglobu kuka pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom (KKUPKSTSLK) je statistički značajan, te je veći u gimnastičara za  $60,43^\circ$ , dok je desni kuk (KKUPKSTS3fRkuk) također statistički značajan i veći za  $55,82^\circ$  u gimnastičara. Veći kut u kukovima pri doskoku u gimnastičara govori u prilog tome da doskaču na skoro opruženo tijelo, nema pretklona kao u suprotnom spolu koje pri doskoku imaju opruženija koljena ali manji kut u kukovima. Brzine zaleta, trajanje odriava, drugog leta sve do doskoka su varijable povezane s konačnom ocjenom skokova u gimnastičara

(Sands i Mcneal, 1995). U ovom radu se ocjene skokova nisu uzimale u obzir jer to nije bio cilj istraživanja, već samo kinematički parametri između skokova, premda je dosta istraživanja provedeno uspoređujući sudačke ocjene i kinematička parametre stavljajući ih tako u kontekst bitnih za izvedbu.

Postoje statistički značajne razlike između gimnastičara i gimnastičarki u težini tijela (TT), gdje su gimnastičari teži za 13,36 kg od gimnastičarki, dok za visinu tijela (VT) ne postoji statistički značajna razlika, premda su gimnastičari malo veći od gimnastičarki za 7,2 cm. Dobivene razlike u težini i visini tijela ne možemo generalizirati na populaciju svih gimnastičara i gimnastičarki jer se ovdje radi o malom uzorku za takva istraživanja. Gimnastičarke su prosječne visine 153 cm, te prosječne težine 44 kg, dok su gimnastičari u prosjeku visoki 169 cm, prosječne težine 67 kg (Louer, Elferink-Gemser, i Visscher, 2012). Rezultati gore navedenog istraživanja su slični dobivenima ali za gimnastičare, dok su za gimnastičarke rezultati manji, ipak su za 10 cm više i za 10,72 kg teže u odnosu na istraživanje iz 2012. Antropološki gledano, gimnastičari, specijalizanti preskoka su niži i lakši od ostalih disciplina, i imaju kraće udove te je zbog zahtjevnosti izvedbe rotacija oko uzdužne i poprečne osi, takve elemente lakše izvesti s manjim tjelesnim dimenzijama (Amigo i sur., 2009; Možnik, Hraski i Hraski, 2013). Takav profil gimnastičara je poželjan općenito za gimnastiku a osobito za višeboj, dok specijalizanti svake druge sprave posjeduju zasebne karakteristike. Nelson, Gross, i Street, (1985) proučavali su profil gimnastičarki na preskoku na Olimpijskim igrama 1984., a rezultati su pokazali da su prosječno visoke 1,53 m, a teške 44,0 kg, u usporedbi s prijašnjim istraživanjima su 2,7 cm niže i 1,5 kg lakše. Gimnastičarke iz ovog istraživanja na preskoku su z 10 cm više i za 7,72 kg teže u odnosu na gore navedeno istraživanje. Niže gimnastičarke s većim omjerom jakosti u odnosu na masu tijela imaju veći potencijal za izvedbu elemenata s rotacijama, dok veće gimnastičarke mogu proizvesti više snage i veći kutni moment ali nemaju istu izvedbu kao i niže gimnastičarke (Ackland, Elliott i Richards, 2003). Rezultati s Olimpijskih igara 2012. godine (London), ukazuju na to da „moderne“ gimnastičarke sada imaju prosječnu visinu  $155,3 \pm 6,4$  cm (Peeters i Claessens, 2013). Dobiveni rezultati s Olimpijskih igara 2012., uzeli su u obzir natjecateljice sa svih sprava pa se ovdje ne može govoriti zasebno za preskok.

U morfološkim karakteristikama postoje statistički značajne razlike između spolova. Postotak masnog tkiva (BF) manji je u gimnastičara za 4% u odnosu na gimnastičarke. Isto tako dobivene su statistički značajne razlike za varijablu ukupna mišićna masa (TMM), gdje gimnastičari imaju 12,1 kg više mišićne mase u odnosu na gimnastičarke. Dobiveni rezultati su i bili za

očekivati s obzirom na osnovne općenite razlike u sastavu tijela između spolova. Od Olimpijskih igara u Meksiku 1968. do Svjetskog prvenstva 1987. godine došlo je do smanjenja endomorfne komponente somatotipa u gimnastičara (Carter, 1981, 1984; Claessens i sur., 1991; Massidda i sur., 2013). 90.-ih godina u gimnastičarki je dominantna komponenta somatotipa bila ektomorfija više nego endomorfija, s naznakama mezomorfije dok je u gimnastičara dominirao uravnoteženi mezomorfni somatotip s većim mezomorfim vrijednostima od onih zabilježenih u gimnastičarki (Carter i Honeyman Heath, 1990). Od sredine 90.-ih do 2008. došlo je do povećanja visine, mase, sastava tijela u američkih gimnastičara (Sands i sur., 2012). Za razliku od gimnastičara prije 20 godina talijanski gimnastičari i gimnastičarke su više mezomorfni a gimnastičarke imaju niže vrijednosti endomorfije (Massidda i sur., 2013). Novija su istraživanja pokazala promjene u sastavu tijela. U gimnastičarki (Brazil) u svim dobnim kategorijama prisutna je mezomorfija s povećanjem endomorfije te je primijećeno smanjenje ektomorfije praćeno kroz dobne kategorije (Bacciotti i sur., 2018). 90% vrhunskih španjolskih gimnastičara pripada u kategoriju ekto-mezomorfnog somatotipa (Iruiria Amigo i sur., 2009). Ta razlika je posljedica promjena u Pravilniku, gdje se od gimnastičara očekuje izvedba elemenata sa sve više rotacija oko uzdužne i poprečne osi tijela što zahtijeva generiranje veće mišićne sile (Massidda i sur., 2013). Takvi zahtjevi vježbi zahvatili su i žensku gimnastiku te su prethodna istraživanja zabilježila promjene u sastavu tijela. U konačnici, kako se sport mijenjao više se naglasak stavljalo na razvoj eksplozivnosti i a poželjan somatotip je mezomorfija (Sands i sur., 2012). Bester i Coetzee, (2010) su pronašli razlike između uspješnih i manje uspješnih gimnastičara na preskoku u četiri opsega (opuštene i kontrahirane ruke, zapešća i gležnja) i mezomorfiji. Postoje razlike u somatotipu i u dobnim kategorijama, osobito u gimnastičara. Talijanski gimnastičari i gimnastičarke su pretežno karakterizirani ekto-mezomorfim somatotipom prema mezomorfnom somatotipu osobito u starijih dobnih kategorija (Massidda i sur., 2013). U juniorskoj i seniorskoj kategoriji gimnastičarke su ekto-mezomorfnog, a gimnastičari mezomorfnog somatotipa (Ferreira João i Filho, 2015). Seniori su pokazali veću mezomorfiju, veće vrijednosti u testovima jakosti i snage donjih ekstremiteta nego juniori, dok su specijalizanti preskoka i tla karakterizirani većom mezomorfijom i nižom ektomorfijom (Sterkowicz i sur., 2019). Kroz godine i dobne kategorije mijenjao se sastav tijela, a sve uslijed promjena zahtjeva izvedbe po pojedinim spravama. Fiziološki gledano kontrakcijske karakteristike mišićnih vlakna u muškaraca su puno brža i imaju veću maksimalnu snagu nego u žena čija su mišićna vlakana otpornija na umor kod uzastopnih kontrakcija te se brže oporavljaju zbog uloge estrogena (Glenmark i sur., 2004). To je i glavni razlog većih vrijednosti horizontalne i vertikalne brzine odraza i odriava u gimnastičara.

Širina ramena i zdjelice uspoređena je u gimnastičara 1933. i 2000. godine te je dobiveno da su gimnastičari 2000. godine imali šira ramena i užu zdjelicu što se može objasniti povećanjem težinskih vrijednosti vježbi (Louer i sur., 2012).

## 7. ZAKLJUČAK

Dobiveni rezultati su odbacili postavljene hipoteze, s obzirom na statističku značajnost razlika između spolova. Dakle pokazali su da postoje sličnosti u kinematičkim parametrima između gimnastičarki i gimnastičara u varijablama: duljina zadnjeg koraka koja se razlikuje u spolova svega 4 cm i nije se kao takva pokazala značajnom, isto se dogodilo i u kutu centra težišta tijela u odnosu na podlogu u trenutku zadnjeg kontakta stopala s odraznom daskom gdje su gimnastičarke imale za  $6^\circ$  veći kut. S obzirom na navedeno hipoteza H1 se može odbaciti i takve razlike smatrati zanemarivima. Udaljenost između dlanova u prvom kontaktu sa spravom je veća za 9,56 cm u gimnastičara ali nije značajna dok je vrijeme trajanja odriva jednako u oba spola, pa se stoga hipoteza H2 odbacuje. Hipoteza H3 se također može odbaciti jer nisu dobivene statistički značajne razlike u kutovima lijevog i desnog ramena u prvom i zadnjem kontaktu dlanova sa spravom.

Statistički značajne razlike u većini varijabli dobivene su u fazi drugog leta i fazi odriva. Razlike dobivene u kutu zgloba lijevog kuka u prvom kontaktu s odraznom daskom su statistički značajne. Gimnastičarke su dolazile na dasku tako što su imale manje grčene noge u odnosu na gimnastičare. Gimnastičari su tim manjim kutom imali drugačiju tehniku prvog leta gdje su ranije dolazili na spravu nego gimnastičarke, pa je i odraz trajao kraće. Statistički značajna razlika dobivena je u kutu centra težišta tijela u odnosu na os sprave u prvom kontaktu dlanova sa spravom koji je veći u gimnastičarki, a proizlazi iz prijašnjih varijabli poput visine centra težišta tijela u prvom kontaktu dlanova sa spravom ali i kuta u kukovima u prvom kontaktu stopala s odraznom daskom. Kut u zglobu lijevog lakta u prvom kontaktu dlanova sa spravom se pokazao statistički značajnim. Taj kut ukazuje na to da su gimnastičari pri prvom kontaktu dlana lijeve ruke sa spravom manje grčili lakat od gimnastičarki, ali je primijećeno da je grčenje lakta u gimnastičara započelo kasnije nego u gimnastičarki i to kada je druga ruka (desna) došla u kontakt sa spravom.

Iz rezultata drugog leta vidljiva je statistički značajna razlika između gimnastičara i gimnastičarki u čak četiri varijable, najviše razlika u odnosu na analizirane faze preskoka. Visina centra težišta tijela u odnosu na os sprave do maksimalne visine leta je statistički značajna varijabla gdje su gimnastičari imali veću visinu. Za kut centra težišta tijela u odnosu na podlogu pri prvom kontaktu stopala s podlogom zabilježena je statistički značajna razlika između gimnastičara i gimnastičarki i to za  $69,8^\circ$  veća u gimnastičara. Također postoji statistički značajna razlika u varijablama kut u zglobu lijevog i desnog koljena pri prvom

kontakta stopala sa strunjačom koji je veći u gimnastičarki te lijevog i desnog kuka pri prvom kontaktu stopala sa strunjačom koji je veći u gimnastičara.

Gledajući analizirane segmente kroz faze preskoka vidljivo je da je kut u kukovima u gimnastičara bio manji nego u gimnastičarki u fazi naskoka na odraznu dasku da bi se povećao prilikom kontakta dlanova sa spravom što će ukazati na to da su gimnastičari opružili tijelo, a gimnastičarke izvele pretklon trupa. Nadalje kut u kukovima se u prvom kontaktu stopala sa strunjačom u gimnastičara nije smanjivao kroz fazu leta, te je u gimnastičarki ostao manji što je i vidljivo zbog pretklona trupa u doskoku. Kut u koljenima u prvom kontakatu stopala s odraznom daskom je manji u gimnastičara, a veći u gimnastičarki, da bi u prvom kontaktu stopala sa strunjačom bio isto tako manji u gimnastičara. Kut u ramenu je u trenutku zadnjeg kontakta stopala s odraznom daskom u gimnastičara bio veći u odnosu na gimnastičarke te ostao također veći u gimnastičara od trenutku prvog kontakta dlanova sa spravom pa sve do zadnjeg kontakta dlanova sa spravom gdje je ostao veći u gimnastičara za lijevo rame, ali za desno rame je u gimnastičarki bio veći. Kut u laktovima u prvom kontaktu dlanova sa spravom je veći u gimnastičara za lijevi lakat, dok je za desni situacija obrnuta. Kutovi centra težišta tijela u pojedinim fazama su veći u gimnastičarki. Horizontalne brzine centra težišta tijela ukazuju na to da su gimnastičari bili brži, dok je za vertikalne brzine centra težišta tijela situacija jednaka, gimnastičari su brži u odnosu na suprotan spol. Vrijeme trajanja odraza je kraće u gimnastičara, i tu su gimnastičarke sporije, da bi odziv sa sprave bio jednakog trajanja u oba spola, nema razlika, iako su gimnastičari dlan desne ruke ranije i dalje postavljali na spravu u odnosu na lijevu ruku.

Gledajući varijable kroz faze preskoka može se zaključiti da su gimnastičari u ključnim varijablama koje su se pokazale statistički značajnim različiti od gimnastičarki što je i rezultiralo s većim stupnjem rotacija koje su uspjeli izvesti u drugom letu. Ovo istraživanje pokazalo je da su se kroz promjene pravila, tehnologije treninga gimnastičarke počele približavati elementima koje izvode gimnastičari. Napretkom sporta kao takvoga i kontinuiranim promjenama izvedbom novih elemenata navedeno govori da se promjenom zahtjeva gimnastika mijenja i sa antropološkog i morfološkog gledišta.

Iako postoje razlike u nekim varijablama u korist gimnastičarima ali nisu statistički značajne ne mogu se kao takve uzeti u obzir. Iako je uzorak ispitanika specifičan i mali s obzirom na učestalost izvođenja skokova iz skupine *Tsukahara* u gimnastičarki i izvedbu u natjecateljskim uvjetima može se smatrati bitnim za daljnji napredak i veću zastupljenost

*Tsukahara* skokova u gimnastičarki. Rezultati govore u prilog tomu da su gimnastičarke u vrijednostima istih kinematičkih varijabli svoju izvedbu *Tsukahara* naskoka na spravu približili gimnastičarima, premda se smatra da bi mogle ukoliko se više vremena uloži u napredak poboljšati i ostale parametre u kojima se razlikuju. Dobivenim spoznajama otkrivene su razlike ali i sličnosti između tehnike izvedbe skokova i smatra se da gimnastičarke imaju prostora za napredak i daljnju nadogradnju skokova. Utvrđivanjem spolnih razlika gimnastičke tehnike može se smatrati značajnima za primjenu u daljnjem razvoju novih i težih gimnastičkih elemenata ali se isto tako otvaraju nova pitanja za daljnja istraživanja tehnike i u ostalim gimnastičkim disciplinama.



## 8. LITERATURA

- Abdel-Aziz, Y.I. i Karara, H. (1971). Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in Close-range photogrammetry. In *ASP Symposium on Close Range Photogrammetry*. Fals Church, Va.: American Society of Photogrammetry.
- Ackland, T., Elliott, B. i Richards, J. (2003). Gymnastics: Growth in body size affects rotational performance in women's gymnastics. *Sports Biomechanics*, 2(2), 163–176. <https://doi.org/10.1080/14763140308522815>
- Anić, V. (2004). Hrvatski enciklopedijski rječnik. In *Hrvatski enciklopedijski rječnik – Doh-Gra*. Zagreb: Novi Liber.
- Antonov, L. (1975). *Preskoci za žene*. Moskva: Fiskultura i sport.
- APAS. (2016). Ariel Performance Analysis System User's Manual. Ariel Dynamics, inc.
- Atiković, A., Delaš Kalinski, S., Kremnický, J.T.M. i Samardžija Pavletič, M. (2014). Characteristics and trend of judging scores in the European, World Championships and Olympic games in the female's artistic gymnastics from 2006 to 2010 year. In *Book of abstracts and proceedings of 1st International Scientific Congress Organized by the Slovenian Gymnastics Federation, Portorož* (pp. 65–73). Potrož: Slovenian Gymnastics Federation.
- Atiković, A. (2012). New regression models to evaluate the relationship between biomechanics of gymnastic vault and initial vault difficulty values. *Journal of Human Kinetics*, 35(1), 119–126. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0085-6>
- Atiković, A. i Delaš Kalinski, S. (2018). *Osnove učenja gimnastičkih elemenata na preskoku*. (Almir Atiković i S. Delaš Kalinski, Eds.). Tuzla: Udruženje građana Gimnastički klub Tuzla.
- Atiković, A., Delaš Kalinski, S., Bijelić, S. i Avdibašić Vukadinović, N. (2012). Analysis results judging world championships in men's artistic gymnastics in the London 2009 year. *Sportlogia*, 7(2), 93–100. <https://doi.org/10.5550/sgia.110702.se.093a>
- Atiković, A., Delaš Kalinski, S. i Čuk, I. (2017). Change the Gymnastics Minimum Age Requirements and the Changes That Have Occurred in Major Competitions in Women'S Artistic Gymnastics. *Acta Kinesiologica*, 11(June), 80–88.
- Atiković, A., Delaš Kalinski, S. i Čuk, I. (2017). Age trends in artistic gymnastic across world championships and the olympic games from 2003 to 2016. *Science of Gymnastics Journal*,

9(3), 251–263.

Atiković, A. i Smajlović, N. (2011). Relation Between Vault Difficulty Values and Biomechanical Parameters in Men's Artistic Gymnastics. *Science of Gymnastics Journal (ScGYM®) Online*, 3(3), 91–105.

Atiković, A., Tabaković, M., Hmjelovjec, I., Delaš Kalinski, S. i Stoicescu, M. (2009a). Differences between vaults during the qualification C. 1 Aarhus 2006-39th Men's i 30th Women's artistic gymnastics World Championships. *Discobolul–Revista Anefs de Cultură, Educație, Sport Și Kinetotereapie*, 4(18), 81–90.

Atiković, A., Tabaković, M., Hmjelovjec, I., Delaš Kalinski, S. i Stoicescu, M. (2009b). Differences between vaults during the qualification c.1 aarhus 2006 - 39. *Discobolul–Revista Anefs de Cultură, Educație, Sport Și Kinetotereapie*, 4(18), 81–90.

Bacciotti, S., Baxter-Jones, A., Gaya, A. i Maia, J. (2017). The Physique of Elite Female Artistic Gymnasts: A Systematic Review. *Journal of Human Kinetics*, 58(1), 247–259. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0075>

Bacciotti, S., Baxter-Jones, A., Gaya, A. i Maia, J. (2018). Body physique and proportionality of Brazilian female artistic gymnasts. *Journal of Sports Sciences*, 36(7), 749–756. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1340655>

Bajin, B. (1979). Goniometric analysis of the push-off phase during 1-1/2 somersault in men's gymnastic vaulting. In J. Terauds i D. B. Daniels (Eds.), *Science in Gymnastics* (pp. 1–8). Del Mar: Academic Publishers.

Bale, P. i Goodway, J. (1990). Performance Variables Associated with the Competitive Gymnast. *Sports Medicine*, 10(3), 139–145. <https://doi.org/10.2165/00007256-199010030-00001>

Bento, Marcia Francine, Yamauchi, M.S., Carrara, P., Santiago Tupiniquim, C. i Mochizuki, L. (2007). Análise biomecânica do salto sobre a mesa: relação entre o tipo de salto e seus parâmetros cinemáticos. In Á. de S. Pedro (Ed.), *XII Congresso Brasileiro de Biomecânica*. Rio Claro; UNESP.

Bento, M.F., Yamauchi, M.S., Carrara, P., Tupiniquim, C.S. i Mochizuki, L. (2007). Análise Biomecânica Do Salto Sobre a Mesa : Relação Entre O Tipo De Salto E Seus Parâmetros Cinemáticos. In R. C. Águas de São Pedro (Ed.), *XII Congresso Brasileiro de Biomecânica*. UNESP.

- Bester, A. i Coetzee, B. (2010). The anthropometric vault item performance determinants of young female gymnasts. *South African Journal for Research in Sport Physical Education and Recreation*, 32(1), 11–27.
- Bradshaw, E. (2004). Gymnastics: Target-directed running in gymnastics: A preliminary exploration of vaulting. *Sports Biomechanics*, 3(1), 125–144. <https://doi.org/10.1080/14763140408522834>
- Bradshaw, E., Hume, P., Calton, M. i Aisbett, B. (2010). Reliability and variability of day-to-day vault training measures in artistic gymnastics. *Sports Biomechanics*, 9(2), 79–97. <https://doi.org/10.1080/14763141.2010.488298>
- Bradshaw, E.J. i le Rossignol, P. (2004). Gymnastics: Anthropometric and biomechanical field measures of floor and vault ability in 8 to 14 year old talent-selected Gymnasts. *Sports Biomechanics*, 3(2), 249–262. <https://doi.org/10.1080/14763140408522844>
- Brehmer, S. i Naundorf, F. (2011). Age-Related Development of Run-Up Velocity on Vault. *Science of Gymnastics Journal*, 3(3), 19–27.
- Brehmer, S., i Naundorf, F. (2014). Key parameters of the 2nd flightphase of the Tsukahara with salto backward piked. In K. Sato, W. A. Sands, i S. Mizuguchi (Eds.), 32 *International Conference of Biomechanics in Sport, July 12 – July 16, 2014* (pp. 509–512). Johnson City, TN, USA.
- Carter, J.E.L. (1981). Somatotypes of Female Athletes. In J. Borms, M. Hebbelinck, i A. Venerando (Eds.), *A Socio-Psychological and Kinanthropometric Approach International Congress on Women and Sport, Rome, July 1980*. (pp. 85–116). Med Sport Sci. Basel, Karger,.
- Carter, J.E.L. (1984). Physical structure of Olympic athletes. In J. E. L. Carter (Ed.), *Kinanthropometry of Olympic athletes*. Karger Ag.
- Carter, J.E.L., Honeyman Heath, B. (1990). *Somatotyping: Development and applications*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Claessens, A.L., Lefevre, J., Beunen, G. i Malina, R.M. (1999). The contribution of anthropometric characteristics to performance scores in elite female gymnasts. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 39(4), 355.
- Claessens, A.L., Veer, F.M., Stijnen, V., Lefevre, J., Maes, H., Steens, G. i Beunen, G. (1991). Anthropometric characteristics of outstanding male and female gymnasts. *Journal of*

- Sports Sciences*, 9(1), 53–74. <https://doi.org/10.1080/02640419108729855>
- Coventry, E., Sands, W.A. i Smith, S.L. (2006). Hitting the vault board: Implications for vaulting take-off - a preliminary investigation. *Sports Biomechanics*, 5(1), 63–75. <https://doi.org/10.1080/14763141.2006.9628225>
- Crețu, M., Mihăilă, I. i Potop, V. (2012). Study of Biomechanics Characteristics of Tsukahara Vault in Women's Artistic Gymnastics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46(October), 3742–3746. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.139>
- Čuk, I. i Atiković, A. (2009). Are disciplines in All-around men's artistic gymnastics equal? *Sport Scientific i Practical Aspects*, 6(1/2), 8–13.
- Čuk, I. i Ferkolj, S.M. (2008). Changes in technique of handspring double salto forward tucked performed on horse and vaulting table. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis*, 13(Figure 1), 20. <https://doi.org/10.12697/akut.2008.13.02>
- Čuk, I. i Karacsony, I. (2004). *Vault: Methods, Ideas, Curiosities, History*. Ljubljana: ŠTD Sangvinčki.
- Čuk, I. i Šibanc, K. (2018). How successful are men all-around Olympic medalists on apparatus events at Olympic games from 1924. to 2016. *Science of Gymnastics Journal (ScGYM®)*, 10(3), 369–380.
- Dainis, A. (1979). Cinematographic analysis of the handspring vault. *Research Quarterly of the American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance*, 50(3), 341–349. <https://doi.org/10.1080/00345377.1979.10615620>
- Dainis, A. (1981). A model for gymnastic vaulting. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 13(1), 34–43.
- Delaš Kalinski, S., Atiković, A. i Jelaska, I. (2017). Challenges of female vault finals for the 2008–2016 period. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 9(4), 55–65. <https://doi.org/10.29359/bjhpa.09.4.05>
- Delaš Kalinski, S., Atiković, A., Jelaska, I. i Milić, M. (2016). Performance analysis of female gymnasts' vault in elite competitions from 2008 to 2015. *Science of Gymnastics Journal*, 8(2), 109–123.
- Delaš Kalinski, S., Jelaska, I. i Knezević, N. (2017). Age effects among elite male gymnasts. *Acta Kinesiologica*, 11(2), 84–89. Retrieved from

<https://www.sposci.com/PDFS/BR08S2/SVEE/04 CL 12 KO.pdf>

- Delaš Kalinski, S., Jelaska, P.M. i Atiković, A. (2018). Relative age effect among olympian gymnasts. *Science of Gymnastics Journal*, 10(3), 493–507.
- Dillman, C.J., Cheetham, P.J. i Smith, S.L. (1985). A kinematic analysis of men's Olympic long horse vaulting. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1, 96–110.
- Dimitrova, B., Tankusheva, N. i Petrova, M. (2015). Velocity gradient-basic methodological classification of vault. *Research in Kinesiology*, 43(1), 66–70.
- Eden, L. (2015). *Biomechanical variables of the Yurchenko Vault*. University of Chester.
- Elliott, B. i Mitchell, J. (1991). A biomechanical comparison of the Yurchenko vault and two associated teaching drills. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 7, 91–107.
- Enciklopedija. (2019). Hrvatska Enciklopedija, mrežno izdanje. Retrieved June 26, 2019, from <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=59860>
- Farana, R., Uchytíl, J., Jandacka, D., Zahradník, D. i Vaverka, F. (2012). Comparison of the key kinematic parameters of difficult handspring and Tsukahara vaults performed by elite male gymnasts. In *30th Annual Conference of Biomechanics in Sports – Melbourne 2012* (pp. 280–283). Melbourne.
- Farana, R., Uchytíl, J., Zahradnik, D., Jandacka, D. i Vaverka, F. (2014). Differences in the key kinematic parameters of difficult handspring and Tsukahara vaults performed by elite male gymnasts. *Science of Gymnastics Journal (ScGYM®)*, 6(2), 53–61.
- Ferkolj, M. (2010). A kinematic analysis of the handspring double salto forward tucked on a new style of vaulting table. *Science of Gymnastics Journal*, 2(1), 35–48.
- Fernandes, S.M.B., Carrara, P., Serrao, J.C., Amadio, A.C. i Mochizuki, L. (2016). Kinematic variables of table vault on artistic gymnastics. *Revista Brasileira de Educação Física e Esporte*, 30(1), 97–107. <https://doi.org/10.1590/1807-55092016000100097>
- Ferreira João, A. i Filho, J.F. (2015). Somatotype and body composition of elite Brazilian gymnasts. *Science of Gymnastics Journal*, 7(2), 45–54.
- FIG. (2017a). 2017-2020 Code of Points, Men's Artistic Gymnastics.
- FIG. (2017b). 2017-2020 Code of Points, Women's Artistic Gymnastics.
- FIG. (2018). Fédération Internationale de Gymnastique - Apparatus Norms.

- FIG. (2019). Fédération Internationale de Gymnastique. Retrieved from <https://www.gymnastics.sport/site/about.php>
- Gervais, P. (1994). A prediction of an optimal performance of the handspring 1 1/2 front salto longhorse vault. *Journal of Biomechanics*, 27(I), 67–75.
- Glenmark, B., Nilsson, M., Gao, H., Gustafsson, J.Å., Dahlman-Wright, K. i Westerblad, H. (2004). Difference in skeletal muscle function in males vs. females: role of estrogen receptor- $\beta$ . *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 287(6), E1125–E1131. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00098.2004>
- Gogean Groza, G. (2009). Study Regarding the Importance of Applying the Didactic Strategies in Learning and Perfecting Process of Women Vault Yurchenko -Round Off Flic Flac 1 1/2 Salto Backward Stretched Off. *Journal of Physical Education and Sport Citius Altius Fortius – Journal of Physical Education and Sport*, 22(1), 1–7. Retrieved from [www.efsupit.ro](http://www.efsupit.ro)
- Greenwood, M. i Newton, J. W. (1996). Direct force measurement of the vault take off in gymnastics. In *ISBS-Conference Proceedings Archive* (pp. 332–335).
- Grossfeld, A. (2014). Changes during the 110 years of the world artistic gymnastics championships. *Science of Gymnastics Journal (ScGYM®)*, 6(2), 5–27.
- Hedbávný, P. i Kalichová, M. (2015). Optimization of velocity characteristics of the yurchenko vault. *Science of Gymnastics Journal*, 7(1), 37–49.
- Heinen, T., Jeraj, D., Thoeren, M. i Vinken, P.M. (2011). Target-directed running in gymnastics: The role of the springboard position as an informational source to regulate handsprings on vault. *Biology of Sport*, 28(4), 215–221. <https://doi.org/10.5604/965480>
- Henry, F.M. i Trafton, I.R. (1951). The velocity curve of sprint running with some observations on the muscle viscosity factor. *Research Quarterly*, 22(4), 409–422.
- Hiley, M.J., Jackson, M.I. i Yeadon, M.R. (2015). Optimal technique for maximal forward rotating vaults in men's gymnastics. *Human Movement Science*, 41, 1730–1735.
- Irurtia Amigo, A., Busquets Faciabén, A., Marina Evrard, M., Galilea Ballarini, P.A. i Carrasco Marginet, M. (2009). Height , weight , somatotype and body composition in elite Spanish gymnasts from childhood to adulthood. *Apunts Med Esports.*, 161(January), 18–28.
- Irwin, G. i Kerwin, D. G. (2009). The influence of the vaulting table on the handspring front

- somersault. *Sports Biomechanics*, 8(2), 114–128.  
<https://doi.org/10.1080/14763140902745027>
- Jackson, M.I., Hiley, M.J. i Yeadon, M.R. (2011). A comparison of Coulomb and pseudo-Coulomb friction implementations: Application to the table contact phase of gymnastics vaulting. *Journal of Biomechanics*, 44(15), 2706–2711.  
<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.07.022>
- Jajčević, Z. (2010). *Povijest športa i tjelovježbe*. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Jelaska, I., Delaš Kalinski, S. i Crnjak, T. (2017). Chronological age among olympic women's artistic gymnastics. Does it really matter? *Acta Kinesiologica*, 11(2), 108–116.
- Kerwin, D.G., Harwood, M.J. i Yeadon, M.R. (1993). Hand placement techniques in long horse vaulting. *Journal of Sports Sciences*, 11(4), 329–335.  
<https://doi.org/10.1080/02640419308730002>
- Knudson, D. (2007). Qualitative biomechanical principles for application in coaching. *Sports Biomechanics*, 6(1), 109–118. <https://doi.org/10.1080/14763140601062567>
- Kochanowicz, A., Kochanowicz, K., Niespodziński, B., Mieszkowski, J., Aschenbrenner, P., Bielec, G. i Szark-Eckardt, M. (2016). Maximal Power of the Lower Limbs of Youth Gymnasts and Biomechanical Indicators of the Forward Handspring Vault Versus the Sports Result. *Journal of Human Kinetics*, 53(1), 33–40. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0008>
- Koh, M. i Jennings, L. (2007). Strategies in preflight for an optimal Yurchenko layout vault. *Journal of Biomechanics*, 40(6), 1256–1261.  
<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2006.05.027>
- Koh, M., Jennings, L., Elliott, B. i Lloyd, D. (2001). Prediction of an optimum technique for the women's Yurchenko layout vault. In *Biomechanics Symposia 2001 / University of San Francisco* (pp. 319–322).
- Koh, M., Jennings, L., Elliott, B. i Lloyd, D. (2003). A predicted optimal performance of the Yurchenko layout vault in women's artistic gymnastics. *Journal of Applied Biomechanics*, 19(3), 187–204. <https://doi.org/10.1123/jab.19.3.187>
- Krug, J., Knoll, K., Kothe, T. i Zocher, H.D. (1998). Running approach velocity and energy transformation in difficult vaults in gymnastics. In H.J. Riehle i M. M. Vieten (Eds.), *ISBS*

- '98 XVI International symposium on biomechanics in sports (pp. 16–163). UVK – Universitätsverlag, Germany.
- Kwon, Y.H. (1996). Effects of the method of body segment parameter estimation on airborne angular momentum. *Journal of Applied Biomechanics*, 12(413–430).
- Kwon, Y.H., Fortney, V.L. i Shin, I.S. (1990). 3-D Analysis of Yurchenko Vaults Performed by Female Gymnasts During the 1988 Seoul Olympic Games. *International Journal of Sport Biomechanics*, 6(2), 157–176. <https://doi.org/10.1123/ijsb.6.2.157>
- Lee, S. (1998). Main technical analyses of the motion trajectory influencing the horse- vaulting movement. In Hartmut J. Riehle i M. M. Vieten (Eds.), *Proceedings of XVI International Symposium on Biomechanics in Sports* (pp. 171–174). UVK- Universitätsverlag Konstanz, Germany.
- Lim, K.C. (2004). Biomechanical analysis of Tsukahara vault with double salto backward piked. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 14(3), 135–147.
- Louer, L.E., Elferink-Gemser, M.T. i Visscher, C. (2012). The Perfect Elite Gymnast, Does He Exist? A Systematic Review. *Annals of Research in Sport and Physical Activity*, 3, 1–23.
- Marina, M. i Rodríguez, F.A. (2014). Physiological demands of young women's competitive gymnastic routines. *Biology of Sport*, 31(3), 217–222. <https://doi.org/10.5604/20831862.1111849>
- Massidda, M., Toselli, S., Brasili, P. i Calò, C. (2013). Somatotype of elite Italian gymnasts. *Collegium Antropologicum*, 37(3), 853–857.
- McLaughlin, T.M., Dillman, C.J. i Lardner, T.J. (1977). Biomechanical analysis with cubic spline functions. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 48(3), 569–582.
- McNitt-Gray, J., Mathiyakom, W., Requejo, P. i Costam, K. (2000). Position of Gymnast Relative to the Vaulting Horse During Postflight.
- McNitt-Gray, J., Costa, K., Mathiyakom, W. i Requejo, P. (2001). Gender Differences in Vault Landing Location During the Artistic Gymnastics Competition of the 2000 Olympic Games: Implications for Improved Gymnast / Mat Interaction. Retrieved from [http://coachesinfo.com/index.php?option=com\\_contentiview=articleiid=177:gymnastics-gendericcatid=159:generalinjuryingymnasticsiItemid=280](http://coachesinfo.com/index.php?option=com_contentiview=articleiid=177:gymnastics-gendericcatid=159:generalinjuryingymnasticsiItemid=280)
- Mills, C. (2005). *Computer simulation of gymnastics vault landings*. Loughborough University.



- Motoshima, J. i Maeda, A. (2015). Kasamatsu versus Tsukahara vault. *Science of Gymnastics Journal*, 7(2), 15–23.
- Možnik, M., Hraski, Ž. i Hraski, M. (2013). Height, weight and age of male top-level gymnasts in year 2007 and 2011. *Hrvatski Športskomedicinski Vijesnik*, 28(1), 14–23.
- Naundorf, F., Brehmer, S., Knoll, K., Bronst, A. i Wagner, R. (2008). Development of the velocity for vault runs in artistic gymnastics for the last decade. *Proceedings of the XXVI*, (July), 481–484.
- Naundorf, Falk, Brehmer, S., Knoll, K., Bronst, A. i Wagner, R. (2008). Development of the velocity for vault runs in artistic gymnastics for the last decade. In *26th Conference of Biomechanics in Sports* (pp. 481–484). Seoul.
- Nelson, R.C., Gross, T.S. i Street, G.M. (1985). Vaults Performed by Female Olympic Gymnasts: A Biomechanical Profile. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1(2), 111–121. <https://doi.org/10.1123/ijsb.1.2.111>
- Papadopoulos, G., Mameletzi, D., Kellis, S., Siatras, T. i Gerodimos, V. (2016). Static and Dynamic Acute Stretching Effect on Gymnasts' Speed in Vaulting. *Pediatric Exercise Science*, 15(4), 383–391. <https://doi.org/10.1123/pes.15.4.383>
- Peeters, M.W. i Claessens, A.L. (2013). Digit ratio (2D:4D) and competition level in world-class female gymnasts. *Journal of Sports Sciences*, 31(12), 1302–1311. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.779741>
- Penitente, G. (2014). Performance analysis of the female yurchenko layout on the table vault. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(1), 84–97. <https://doi.org/10.1080/24748668.2014.11868705>
- Penitente, G. i Sands, W.A. (2015). Exploratory Investigation of Impact Loads During the Forward Handspring Vault. *Journal of Human Kinetics*, 46(1), 59–68. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0034>
- Potop, V. (2013). E-learning by computer video analysis the key elements of sports technique of Yurchenko vault in women's artistic gymnastics. In I. Roceanu, B. Logofatu, M. Stancesu, M. Blaga, i A. Colibaba (Eds.), *The International Scientific Conference eLearning and Software for Education* (pp. 151–158). Bucharest: Carol I. Preuzeto s [https://www.researchgate.net/profile/Marius\\_Jordanescu/publication/268218775\\_branchr elated\\_terms\\_for\\_textile\\_professionals\\_in\\_business\\_and\\_trade/links/54c20ef10cf25b4b8](https://www.researchgate.net/profile/Marius_Jordanescu/publication/268218775_branchr elated_terms_for_textile_professionals_in_business_and_trade/links/54c20ef10cf25b4b8)

- Potop, V., Mihailă, J.M. i Urichianu, A.I. (2015). Using e-training in mathematics modeling of the biomechanical characteristics of yurchenko vault. In *The 11th International Scientific Conference eLearning and Software for Education Bucharest, April 23-24, 2015* (p. 298).
- Potop, V. i Timnea, O. (2012). Comparative biomechanical analysis of key elements in stretched salto backward yurchenko vault. *Journal of Physical Education and Sport*, 12(4), 521–525. <https://doi.org/10.7752/jpes.2012.04075>
- Potop, V., Viorel, D. i Valeriu, J. (2017). Improvement of Sports Technique Based on Biomechanical Indicators of Yurchenko Handspring Vault in Women's Artistic Gymnastics. *European Journal of Interdisciplinary Studies*, 7(1), 42. <https://doi.org/10.26417/ejis.v7i1.p42-52>
- Prassas, S. i Gianikellis, K. (2002). Vaulting Mechanics. In *Applied Proceedings of the of XX International Symposium on Biomechanics in Sports-Gymnastics* (pp. 1–11).
- Prassas, S., Kwon, Y.H. i Sands, W.A. (2006). Biomechanical research in artistic gymnastics: A review. *Sports Biomechanics*, 5(2), 261–291. <https://doi.org/10.1080/14763140608522878>
- Sands, B. i McNeal, J.R. (1999). Body size and sprinting characteristics of 1998 National TOP's athletes. *Technique*, 19(5), 34–35.
- Sands, W.A. (1984). *Coaching women's gymnastics*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Sands, W.A. i McNeal, J.R. (2002). Some guidelines on the transition from the old horse to the new table. *Technique*, 22(1), 1–5. <https://doi.org/10.1057/9780230248359>
- Sands, W.A., Murray, S.R., McNeal, J.R., Slater, C., i Stone, M.H. (2018). Historical changes in height, mass and age of USA women's olympic gymnastics team: an update. *Science of Gymnastics Journal (ScGYM®)*, 10(3), 391–399.
- Sands, W.A. (2000). Vault run speeds. *Technique*, 4–7. Retrieved from <https://usagym.org/pages/home/publications/technique/2000/4/vaultrunspeeds.pdf>
- Sands, W. i McNeal, J. (1999). Enhancing flexibility in gymnasts. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 20(5), 562–569.
- Sands, W.A. i Cheltham, P. (1986). Velocity of the vault run: junior elite female gymnasts. *Technique*, 6(August), 10–14.

- Sands, W.A. i Mcneal, J.R. (1995). The relationship of vault run speeds and flight duration to score. *Technique*, 24(3), 8–10.
- Sands, W.A., Slater, C., McNeal, J.R., Murray, S.R. i Stone, M.H. (2012). Historical trends in the size of US Olympic female artistic gymnasts. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(4), 350–356. <https://doi.org/10.1123/ijsp.7.4.350>
- Sands, W.A, McNeal, J.R. i Jemni, M. (2001). Anaerobic power profile. *Technique*, 221, 5–9.
- Sano, S., Ikegami, Y., Nunome, H., Apriantono, T. i Sakurai, S. (2007). The continuous measurement of the springboard reaction force in gymnastic vaulting. *Journal of Sports Sciences*, 25(4), 381–391. <https://doi.org/10.1080/02640410600702768>
- Sattar Jasm, R.A., Waheeb Mahdi, A.M.B., i Mahdi, M.W. (2015). The effect of using exercises plyometric to develop explosive power of the arms and legs artistic gymnastics. *The Swedish Journal of Scientific Research*, 2(2), 79–84. <https://doi.org/10.1080/02701367.2013.762300>
- Schärer, C., Lehmann, T., Naundorf, F., Taube, W. i Hübner, K. (2019). The faster, the better? Relationships between run-up speed, the degree of difficulty (D-score), height and length of flight on vault in artistic gymnastics. *PLoS ONE*, 14(3), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213310>
- Seeley, M.K. i Bressel, E. (2005). A comparison of upper-extremity reaction forces between the Yurchenko vault and floor exercise. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4(2), 85–94.
- Semenov, L.P. (1987). *Opornie prižki*. (J. K. Gaverdovskij, Ed.). Moskva: Fiskultura i sport.
- Šibanc, K., Kalichová, M., Hedbávný, P., Čuk, I. i Pajek, M.B. (2017). Comparison of Morphological Characteristics of Top Level Male Gymnasts Between the Years of 2000 and 2015. *Science of Gymnastics Journal*, 9(2), 201-211,219. Preuzeto s [https://www.lib.uwo.ca/cgi-bin/ezpauthn.cgi?url=http://search.proquest.com/docview/1917333042?accountid=15115%0Ahttp://vr2pk9sx9w.search.serialssolutions.com?ctx\\_ver=Z39.88-2004&ctx\\_enc=info:ofi/enc:UTF8&id=info:sid/ProQ%3Aphysicaleducation&irft\\_val\\_f](https://www.lib.uwo.ca/cgi-bin/ezpauthn.cgi?url=http://search.proquest.com/docview/1917333042?accountid=15115%0Ahttp://vr2pk9sx9w.search.serialssolutions.com?ctx_ver=Z39.88-2004&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF8&id=info:sid/ProQ%3Aphysicaleducation&irft_val_f)
- Silva, M.R.G., Santos-Rocha, R., Barata, P. i Saavedra, F. (2017). Gender inequalities in Portuguese gymnasts between 2012 and 2016. *Science of Gymnastics Journal*, 9(2), 191–200.

- Sterkowicz, S., Biskup, L., Kryst, Ł., Sterkowicz-Przybycień, K., Żarów, R. i Ozimek, M. (2019). Somatotype, body composition, and physical fitness in artistic gymnasts depending on age and preferred event. *Plos One*, *14*(2), e0211533. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211533>
- Takei, Y, Blucker, E.P., Dunn, J.H., Myers, S.A. i Fortney, V.L. (1996). A three-dimensional analysis of the men's compulsory vault performed at the 1992 Olympic Games. *Journal of Applied Biomechanics*, *12*(2), 237–257.
- Takei, Y. (1988). Techniques Used in Performing Handspring and Salto Forward Tucked in Gymnastic Vaulting. *International Journal of Sport Biomechanics*, *4*(3), 260–281. <https://doi.org/10.1123/ijsb.4.3.260>
- Takei, Y. (1989). Techniques Used by Male Gymnasts Performing the Handspring Vault at the 1987 Pan American Games. *International Journal of Sport Biomechanics*, *5*, 1–25. <https://doi.org/10.1123/ijsb.6.1.29>
- Takei, Y. (1990). Techniques used by elite women gymnasts performing the handspring vault at the 1987 Pan American Games. *International Journal of Sport Biomechanics*, *6*, 29–55.
- Takei, Y. (1991a). A Comparison of Techniques Used in Performing the Men's Compulsory Gymnastic Vault at the 1988 Olympics. *International Journal of Sport Biomechanics*, *7*(1), 54–75. <https://doi.org/10.1123/ijsb.7.1.54>
- Takei, Y. (1991b). Comparison of blocking and post-flight techniques of male gymnasts performing the 1988 Olympic compulsory vault. *International Journal of Sport Biomechanics*, *7*, 371–391.
- Takei, Y. (1992). Blocking and Postflight Techniques of Male Gymnasts Performing the Compulsory Vault at the 1988 Olympics. *International Journal of Sport Biomechanics*, *8*(2), 87–110. <https://doi.org/10.1123/ijsb.8.2.87>
- Takei, Y. (1998). Three-dimensional analysis of handspring with full turn vault: Deterministic model, coaches' beliefs, and judges' scores. *Journal of Applied Biomechanics*, *14*(2), 190–210. <https://doi.org/10.1123/jab.14.2.190>
- Takei, Y. (2007). The roche vault performed by elite gymnasts: Somersaulting technique, deterministic model, and judges' scores. *Journal of Applied Biomechanics*, *23*(1), 1–11. <https://doi.org/10.1123/jab.23.1.1>
- Takei, Y., Blucker, E.P., Dunn, J.H., Myers, S.A. i Fortney, V.L. (1996). A three-dimensional

- analysis of the men's compulsory vault performed at the 1992 Olympic Games. *Journal of Applied Biomechanics*, 12(2), 237–257.
- Takei, Y., Dunn, H.J. i Blucker, E.P. (2007). Somersaulting techniques used in high-scoring and low-scoring Roche vaults performed by male olympic gymnasts. *Journal of Sports Sciences*, 25(6), 673–685. <https://doi.org/10.1080/02640410600818309>
- Takei, Y., Dunn, J.H. i Blucker, E. (2003). Gymnastics: Techniques used in high-scoring and low-scoring 'roche' vaults performed by elite male gymnasts. *Sports Biomechanics*, 2(2), 141–162. <https://doi.org/10.1080/14763140308522814>
- Takei, Y. i Kim, E.J. (1990). Techniques Used in Performing the Handspring and Salto Forward Tucked Vault at the 1988 Olympic Games. *International Journal of Sport Biomechanics*, 6(2), 111–138. <https://doi.org/10.1123/ijsb.6.2.111>
- Uzunov, V. (2010). Qualitative Description of the Ideal Yurchenko Layout Vault Technique. *Gym Coach*, 4, 1–6. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1412.2728>
- Van Der Eb, J., Filius, M., Rougoor, G., Van Niel, C., de Water, J., Coolen, B. i de Koning, H. (2012). Optimal Velocity Profiles for Vault. In *30th Annual Conference of Biomechanics in Sports – Melbourne 2012* (pp. 71–75).
- Vazzas, J. (1975). Gimnastika. In *Enciklopedija fizičke kulture 1, A-O*. Zagreb: Jugoslavenski leksikografski zavod.
- Veličković, S., Petković, D. i Petković, E. (2011). a Case Study About Differences in Characteristics of the Run-Up Approach on the Vault Between Top-Class and Middle-Class Gymnasts. *Science of Gymnastics Journal*, 3(1), 25–34. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&idb=s3hiAN=58518137&site=ehost-live&scope=site>
- Yeadon, M.R., Jackson, M.I. i Hiley, M.J. (2014). The influence of touchdown conditions and contact phase technique on post-flight height in the straight handspring somersault vault. *Journal of Biomechanics*, 47(12), 3143–3148. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2014.06.020>
- Zaciorski, V.M., Aurin, A.S. i Selujanov, V.N. (1981). *Biomehanika dvigitelnoga aparata čeloveka*. Moskva: Fizkultura i sport.
- Živčić Marković, K. i Krističević, T. (2016). *Osnove Sportske Gimnastike*. (K. Živčić Marković, Ed.) (1st ed.). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

## ŽIVOTOPIS AUTORA

**LUCIJA MILČIĆ, mag.cin.** Rođena je 12. prosinca 1989. godine u Zagrebu. Osnovnu i srednju školu završila je u Sisku. Godine 2013. diplomirala je na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, diplomski rad na temu – „Kriteriji ocjenjivanja gimnastičkih elemenata na gredi „C-programa“ ženske Sportske gimnastike“. Tijekom studiranja od 2011. do 2013. godine, demonstrator je na predmetu Sportska gimnastika – studentice. U razdoblju od 2013. do 2014. radi s djecom predškolske dobi u sportskim vrtićima. Od 2014. do 2015. polaznica je stručnog osposobljavanja za rad u OŠ Savski Gaj Zagreb, a 2015. polaže državni stručni ispit. Od 2015. do 2019. godine, radi u Gimnastičkom klubu „Trešnjevka“. 2013. postaje regionalna, a 2014., te 2017. nacionalna sutkinja ženske sportske gimnastike pri Hrvatskom gimnastičkom svezu. Aktivno se bavila sportskom gimnastikom u razdoblju od 1997. do 2008. u ŠGK „Sokol“ Sisak, gdje bilježi uspješne rezultate. Kao juniorka u „A“ programu osvaja drugo mjesto na pojedinačnom prvenstvu regije zapad, dok 2004., kao seniorka „B“ programa u višeboju osvaja treće mjesto na državnom prvenstvu 2007. godine. Na 6. Međunarodnom studentskom natjecanju 2010. godine osvaja drugo mjesto u višeboju. Vanjski je suradnik na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu na predmetu Sportska gimnastika od 2013. godine na integriranom preddiplomskom i diplomskom sveučilišnom studiju kineziologije. Godine 2015. upisuje poslijediplomski doktorski studij kineziologije za stjecanje akademskog stupnja doktora znanosti na Kineziološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. 2017. godine izabrana je u naslovno nastavno zvanje predavača za predmet Sportska gimnastika. Aktivno se koristi engleskim jezikom. Ukupno je objavila 26 znanstvenih i stručnih radova, te aktivno sudjelovala na domaćim i međunarodnim znanstvenim i stručnim skupovima.

## POPIS RADOVA

- Aleksić-Veljković, A., Živčić Marković, K., Milčić, L. (2019). The relationship between chosen kinematic parameters of the aerial cartwheel on the balance beam during skill learning. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 11(1), 18-23.
- Aleksić-Veljković, A., Živčić Marković, K., Milčić, L., Herodek, K. (2017). Perception of coaches' behavior in male adolescence athletes. S. Pantelić, (Ur.), *XX Scientific Conference „FIS COMMUNICATIONS 2017“ in physical education, sport and recreation* (pp. 98-101). Niš: Faculty of sport and physical education, University of Niš.
- Aleksić-Veljković, A., Živčić Marković, K., Milčić, L., Herodek, K., Mitić, P. (2017). The relationship between perfectionism and perception of coaches' behavior in male athletes. S. Pantelić, (Ur.), *XX Scientific Conference „FIS COMMUNICATIONS 2017“ in physical education, sport and recreation* (pp. 112-115). Niš: Faculty of sport and physical education, University of Niš.
- Aleksić-Veljković, A., Živčić Marković, K., Milčić, L., Veljković, M., Možnik, M. (2017). The influence of anthropometry on the balance beam performance of young gymnasts. Grgantov, Zoran; Paušić, Jelena; Čular Dražen; Erceg, Marko; Kezić, Ana; Milić, Mirjana (Ur.), *6<sup>th</sup> International Scientific Conference: Contemporary Kinesiology: Proceedings book* (pp. 104-114). Split: Faculty of Kinesiology, University of Split, Croatia.
- Krističević, T., Milčić, L., Šolja, S. Možnik, M., Živčić Marković, K. (2016). Primjer vježbi fleksibilnosti i snage u sportskoj gimnastici. V. Findak, (Ur.), *25. Ljetna škola kineziologa Republike Hrvatske: Zbornik radova* (pp. 637-641). Poreč: Hrvatski kineziološki savez.
- Krističević, T., Možnik, M., Milčić, L., Živčić Marković, K., Lanc, D. (2017). Countries efficiency on World Championships in artistic gymnastics. M. Zvonař, (Ur.), *11<sup>th</sup> International Conference on Kinanthropology: Book of Abstract* (pp. 155-155). Brno: Masaryk University.
- Krističević, T., Živčić Marković, K., Fišter, M., Milčić, L. (2015). Učenje visova i upora na penjalicama – dječjim igralištima. Findak, Vladimir (Ur.), *24. ljetna škola kineziologa Republike Hrvatske* (pp. 251-258). Zagreb: Hrvatski kineziološki savez.

- Milčić, L., Aleksić-Veljković A., Možnik, M. (2016). Pravila ocjenjivanja. U K. Živčić Marković, (Ur.), *Osnove sportske gimnastike*. (pp. 355-397). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Milčić, L., Fišter, M., Krističević, T., Možnik, M., Živčić Marković, K. (2016). Utjecaj različitih motoričkih sposobnosti na izvedbu stoja na rukama. U V. Findak, (Ur.), *25. ljetna škola kineziologa Republike Hrvatske: Zbornik radova* (pp. 241-246). Poreč: Hrvatski kineziološki savez.
- Milčić, L., Fišter, M., Živčić Marković, K. (2015). The influence of dynamic balance on evaluation exercise on balance beam on the female university students. U M. Zvonař, Z. Sajdlová (Ur.), *Proceedings of the "10<sup>th</sup> International conference on kinanthropology"* (pp. 209-214). Brno: Masaryk University.
- Milčić, L., Živčić Marković, K., Aleksić-Veljković, A. (2017). One way proceeding of learning basic gymnastic elements. M. Zvonař, Z. Sajdlová, (Ur.), *Proceedings of the 11<sup>th</sup> Conference on Kinanthropology* (pp. 848-859). Brno: Masarykova univerzita.
- Milčić, L., Živčić, K., Krističević, T. (2019). Differences in vault run-up velocity in elite gymnasts. *Science of Gymnastics Journal*, 11(2), 201-207.
- Milčić, L., Živčić Marković, K. Lanc, D. (2017). Influence of dismount from balance beam on difficulty value of routine in senior category on European Championship in Bern 2016. U D. Milanović; G. Sporiš; S. Šalaj; D. Škegro (Ur.), *8th International Scientific Conference on Kinesiology-" 20th Anniversary"* (pp. 388-391). Zagreb: Faculty of Kinesiology.
- Možnik, M., Krističević, T., Milčić, L., Živčić Marković, K., Lanc, D. (2017). Odličja hrvatskih gimnastičara na najvećim svjetskim natjecanjima od 1991. do 2017. godine. U V. Findak (Ur.), *25. ljetna škola kineziologa Republike Hrvatske* (pp. 474-479). Poreč: Hrvatski kineziološki savez.
- Možnik, M., Krističević, T., Milčić, L., Živčić Marković, K., Šolja, S. (2017). The knowledge and opinion of the Faculty of Kinesiology students on artistic gymnastics. U D. Milanović; G. Sporiš; S. Šalaj; D. Škegro (Ur.) *International Scientific Conference on Kinesiology "20th Anniversary"* (pp. 230-232). Zagreb: Faculty of Kinesiology.
- Možnik, M., Milčić, L., Živčić Marković, K. (2017). Motor knowledge and process of learning basic gymnastic elements in students of Faculty of Kinesiology. U Z. Grgantov; J.



- Paušić; D. Čular; M. Erceg; A. Kezić; M. Milić (Ur.), *6<sup>th</sup> International Scientific Conference: Contemporary Kinesiology: Proceedings book* (pp. 167-177). Split: Faculty of Kinesiology, University of Split, Croatia.
- Šalaj, S., Milčić, L., Šimunović, I. (2019). Differences in motor skills of selected and nonselected group of children in artistic gymnastics in the context of their motor development. *Kinesiology*, 51(1), 133-140.
- Živčić Marković, K., Krističević, T., Aleksić-Veljković, A., Milčić, L., Fišter, M. (2015). Model poučavanja temeljnog gimnastičkog elementa – stoja na rukama. *Kondicijski trening: stručni časopis za teoriju i metodiku kondicijske pripreme*, 13(1), 14-19.
- Živčić Marković, K., Krističević, T., Milčić, L., Fišter, M. (2015). Od koluta do stoja na rukama. U V. Findak, (Ur.), *24. ljetna škola kineziologa Republike Hrvatske* (pp. 481-488). Zagreb: Hrvatski kineziološki savez.
- Živčić Marković, K., Milčić, L., Fišter, M. (2016). Utjecaj snage na kvalitetu izvedbe gimnastičkog uzmaha kod djevojčica i dječaka početnika. U N. Breslauer (Ur.), *Zbornik radova 4. međunarodne konferencije Inovacije, tehnologije, edukacija i menadžment* (pp. 309-313). Čakovec: Međimursko veleučilište u Čakovcu.
- Živčić Marković, K., Milčić, L., Krističević, T., Aleksić-Veljković, A., Lagančić, T. (2018). Kinematical differences of handstand technique. U D. Bjelica; S. Popović; S. Akpinar (Ur.), *15<sup>th</sup> International Scientific Conference on Transformation Process in Sport "Sport Performance": Book of Abstracts* (pp. 16-17). Nikšić: Montenegrin Sports Academy.
- Živčić Marković, K., Milčić, L., Krističević, T., Breslauer, N., Lanc, D. (2018). Properties of some kinematic parameters in handstand technique in artistic gymnastics. U M. Baić; W. Starosta; P. Drid; J.M. Konarski; T. Krističević; N. Maksimović (Ur.), *14<sup>th</sup> International Scientific Conference of Sport Kinetics 2018, "Movement in Human Life and Health": proceedings* (pp. 154-160). Zagreb; Novi Sad: Faculty of Kinesiology, University of Zagreb; Faculty of Sport and Physical Education, University of Novi Sad.
- Živčić Marković, K., Milčić, L., Krističević, T., Fišter, M., Šolja, S. (2018). "Gimnastika za sve" - "Gymnastics for all". U V. Babić, (Ur.), *27. Ljetna škola kineziologa Republike Hrvatske, Poreč, 2018 Primjeri dobre prakse u područjima edukacije, sporta, sportske rekreacije i kineziterapije* (pp. 661-667). Zagreb: Hrvatski kineziološki savez.

- Živčić Marković, K., Milčić, L., Fišter, M. (2015). Skokovi na velikom trampolinu kao dopuna kondicijske pripreme djece i mladih sportaša. U I. Jukić; C. Gregov; S. Šalaj; L. Milanović; V. Wertheimer (Ur.), *Kondicijska priprema sportaša 2015* (pp. 125-129). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu; UKTH.
- Živčić Marković, K., Milčić, L., Fišter, M. (2014). Prirodni oblici kretanja - osnove učenja bazičnih gimnastičkih elemenata. U V. Findak (Ur.), *23. Ljetna škola kineziologa Republike Hrvatske* (pp. 490-496). Zagreb: Hrvatski kineziološki savez.
- Živčić Marković, K., Milčić, L., Lanc, D. (2014). Analysis of the quality children's playgrounds to be used for learning basic gymnastic content. U D. Milanović; G. Sporiš (Ur.), *7<sup>th</sup> International Scientific Conference on Kinesiology* (pp. 322-326). Zagreb: Faculty of Kinesiology, University of Zagreb, Croatia.