

# UTJEČE LI SPUŠTENO STOPALO NA RAVNOTEŽU OSNOVNOŠKOLACA?

---

Lukić, Sven

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:117:197129>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-09**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**

**Sven Lukić**

**UTJEČE LI SPUŠTENO STOPALO NA  
RAVNOTEŽU OSNOVNOŠKOLACA?**

**diplomski rad**

**Zagreb, rujan 2023.**

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

DIPLOMSKI RAD

**Sveučilište u Zagrebu**

**Kineziološki fakultet**

Horvaćanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Hrvatska

**Naziv studija: Kineziologija; smjer: Kineziologija u edukaciji i kineziterapija**

**Vrsta studija: sveučilišni**

**Razina kvalifikacije: integrirani prijediplomski i diplomski studij**

**Studij za stjecanje akademskog naziva: sveučilišni magistar kineziologije u edukaciji i kineziterapiji (univ. mag. cin.)**

**Znanstveno područje: Društvene znanosti**

**Znanstveno polje: Kineziologija**

**Vrsta rada: Znanstveno-istraživački**

**Naziv diplomskog rada:** je prihvaćen od Povjerenstva za diplomске radove Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu u akademskog godini 2022./2023. dana

**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Tatjana Trošt Bobić

**Pomoć pri izradi:** doc. dr. sc. Josipa Radaš

### UTJEČE LI SPUŠTENI STOPALO NA RAVNOTEŽU OSNOVNOŠKOLACA?

Sven Lukić, 0034073341

**Sastav Povjerenstva za ocjenu i obranu diplomskog rada i diplomskog ispita:**

1. izv.prof.dr.sc. Tatjana Trošt Bobić
2. izv. prof. dr. sc. Sanja Šalaj
3. izv. prof. dr. sc. Lidija Petrinović

**Broj etičkog odobrenja:** 18./2022.

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranje u knjižnici Kineziološkog fakulteta,**

**Horvaćanski zavoj 15, Zagreb**

## BASIC DOCUMENTATION CARD

DIPLOMA THESIS

**University of Zagreb**

**Faculty of Kinesiology**

Horvacanski zavoj 15, 10000 Zagreb, Croatia

**Title of study program:** Kinesiology; course Kinesiology in Education and... (for example Swimming)

**Type of program:** University

**Level of qualification:** Integrated undergraduate and graduate

**Acquired title:** University Master of Kinesiology in Education and kineziterapy

**Scientific area:** Social sciences

**Scientific field:** Kinesiology

**Type of thesis:** Scientific-research

**Master thesis:** has been accepted by the Committee for Graduation Theses of the Faculty of Kinesiology of the University of Zagreb in the academic year (e.g. 2022/2023) on (e.g. February 20, 2023).

**Mentor:** Assoc. prof. Tatjana Trošt Bobić, PhD.

**Technical support:** Assist. prof. Josipa Radaš

### DOES FLAT FOOT AFFECT BALANCE OF ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS?

Sven Lukić, 0034073341

#### Thesis defence committee:

1. Assoc. prof. Tatjana Trošt Bobić, PhD
2. Assoc. prof. Sanja Šalaj, PhD
3. Assoc. prof. Lidija Petrinović, PhD

**Ethics approval number:** 18./2022.

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited** in Library of the Faculty of Kinesiology,  
Horvacanski zavoj 15, Zagreb

Ovim potpisima se potvrđuje da je ovo završna verzija diplomskog rada koja je obranjena pred Povjerenstvom, s unesenim korekcijama koje je Povjerenstvo zahtijevalo na obrani te da je ova tiskana verzija istovjetna elektroničkoj verziji predanoj u Knjižnici.

Mentor:

---

izv. prof. dr. sc. Tatjana Trošt Bobić

Student:

---

Sven Lukić

## UTJEČE LI SPUŠTENNO STOPALO NA RAVNOTEŽU OSNOVNOŠKOLACA?

### Sažetak

Ravnoteža je jedna od najvažnijih sposobnosti za izvođene velikog broja elemenata u gimnastici, a posebno važnu ulogu ima kod učenja osnovnih elemenata kod mlađih uzrasta i početnika. Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utječe li spuštено stopalo na ravnotežu osnovnoškolske djece koja treniraju gimnastiku. Ispitanicima su prvo izmjerene osnovne antropološke mjere, tjelesna masa i tjelesna visina. Dominantna noga definirana je kao noga na kojoj ispitanik preferira izvesti gimnastičku vagu. Stupanj spuštenosti stopala dobiven je pomoću elektroničkog uređaja za snimanje otisaka stopala, plantograma. Na temelju plantograma određen je Clarkov kut koji daje uvid u stupanj spuštenosti stopala. Testovi ravnoteže koji su korišteni u istraživanju su Y test dinamičke ravnoteže i pomična platforma u anteriorno posteriornoj ravnini. Utvrđena je čvrsta povezanost između stupnja spuštenosti stopala i rezultata u Y testu na dominantnoj nozi. Također, utvrđena je srednja razina povezanosti stupnja spuštenosti stopala i rezultata u varijablama EA na nedominantnoj nozi i AP-L na nedominantnoj nozi. Zaključno postoji određena povezanost između stupnja spuštenosti stopala mladih gimnastičarki, ali se ona prezentira na različite načine kod dominantne i nedominantne noge.

**Ključne riječi:** deformacija stopala, Clarkov kut, dominantna noga, plantogram, platforma

## **DOES FLAT FOOT AFFECT BALANCE OF ELEMENTARY SCHOOL STUDENTS?**

### **Abstract**

Balance is one of the most important skills for performing a large number of elements in gymnastics, and it plays an especially important role in learning the basic elements for younger ages and beginners. The aim of this research was to determine whether the lowered foot affects the balance of elementary school children who train in gymnastics. The subjects were first measured for basic anthropological measurements, body mass and body height. The dominant leg is defined as the leg on which the subject prefers to perform the gymnastic balance. The degree of foot drop was determined using an electronic device for recording footprints, the plantogram. Based on the plantogram, Clark's angle was determined, which gives insight into the degree of foot drop. The balance tests used in the research are the Y test of dynamic balance and a movable platform in the anterior-posterior plane. A strong correlation between the degree of flat feet and the results in the Y balance test on the dominant leg has been established. Additionally, a moderate level of correlation between the degree of flat feet and the results in the variables EA on the non-dominant leg and AP-L on the non-dominant leg has been identified. In conclusion, there is a certain degree of association between the degree of flat feet in young gymnasts, but it manifests differently in the dominant and non-dominant legs.

**Key words:** foot deformity, Clark's angle, dominant leg, plantogram, platform

## Sadržaj

1. UVOD .....	8
2. CILJ I HIPOTEZE .....	10
3. METODE ISTRAŽIVANJA.....	11
3.1. Uzorak ispitanika.....	11
3.2. Mjerni instrumenti i varijable .....	11
3.3. Organizacija mjerenja/opis protokola.....	13
3.4. Metode obrade podataka.....	14
4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA .....	15
5. RASPRAVA.....	26
6. ZAKLJUČAK .....	28
Popis literature.....	29
Prilozi .....	30



## 1. UVOD

U ovom diplomskom radu istražuje se povezanost između spuštenih stopala i ravnoteže kod osnovnoškolske djece. Spuštena stopala su često prisutna kod djece, ali njihov utjecaj na ravnotežu još uvijek nije u potpunosti istražen. Ravnoteža je ključni element normalnog funkcioniranja ljudskog tijela. Obuhvaća koordinirane aktivnosti osjetilnih, motoričkih i biokemijskih komponenti koje omogućuju stabilnost, kontrolu kretanja i pravilnu raspodjelu težine tijekom svih aktivnosti (Nashner, 2016). Loša ravnoteža može povećati rizik od padova i ozljeđivanja. Postoje određeni poremećaji koji mogu značajno utjecati na ravnotežu, a jedan od njih je spušteno stopalo (Sahin i suradnici, 2022). Spušteno stopalo također poznato kao ravno stopalo ili *pes planus* je stanje u kojem uzdužni svod stopala nije dovoljno razvijen što rezultira kontaktom cijelog tabana s podlogom (Palac, 2022). Ova deformacija stopala može se pojaviti kod djece tijekom njihova razvoja ili se može razviti kasnije u životu. Posebno je važno istražiti utjecaj spuštenog stopala na ravnotežu djece jer je njihov razvojni proces ključan za stjecanje motoričkih vještina i sposobnosti. Bavljenje sportom može pomoći u prevenciji spuštenog stopala (Lutter, 1995). Postoje različite vježbe i sportovi koji mogu značajno ojačati mišiće stopala i poboljšati ravnotežu što može pomoći u prevenciji ili ublažavanju simptoma kod osoba koje već imaju problem (Pećina i suradnici, 2000). Sportska gimnastika jedan je od sportova u kojima sposobnost zadržavanja ravnoteže ima značajnu ulogu (Bressel i suradnici, 2007). S gledišta kineziološke znanosti sportska gimnastika ukratko se može definirati kao grana sporta u kojoj se estetski oblikovane acikličke strukture vrjednuju prema unaprijed propisanoj konvenciji gibanja (Živčić, 2000). Spušteno stopalo može uzrokovati niz popratnih teškoća i simptoma koji mogu utjecati na kvalitetu života. Neke od najčešćih su bol u stopalima i nogama, otežano hodanje, smanjena pokretljivost te problemi s ravnotežom. Poznato je da spušteno stopalo pogoršava ravnotežu kod sedentarne djece. Begon i suradnici (2021) proučavali su utjecaj spuštenog stopala na ravnotežu i kretanje kod djece u dobi od 7 do 12 godina. Rezultati su pokazali da djeca s spuštenim stopalima imaju lošiju ravnotežu i manje efikasno kretanje u odnosu na djecu s fiziološki razvijenim stopalima (Ueki i suradnici, 2019). Iako se ravna stopala smatraju jednim od glavnih uzroka loše ravnoteže, ne postoje jasne smjernice o tome kako spuštena stopala utječu na ravnotežu (Čeprija i suradnici, 2022). Ipak, studije su pokazale da djeca s ravnim stopalima imaju veće poteškoće u održavanju ravnoteže u usporedbi s djecom koja nemaju problema sa stopalima (Ali i suradnici, 2011). Cilj ovog diplomskog rada je istražiti utjecaj spuštenog stopala na ravnotežu djece. S obzirom na

sveprisutnost ravnoteže u svakodnevnim aktivnostima djece ova tema ima veliku važnost za njihov razvoj i funkcionalnost. Svrha je ovog istraživanja utvrditi postoji li povezanost između spuštenih stopala i sposobnosti u održavanju ravnoteže kod osnovnoškolaca te koliko je ta povezanost značajna.

## **2. CILJ I HIPOTEZE**

Cilj ovog istraživanja je utvrditi postoji li povezanost između stupnja spuštenosti stopala i ravnoteže kod osnovnoškolske djece koja se rekreativno bave sportskom gimnastikom.

Temeljem postavljenog cilja određena je glavna hipoteza istraživanja koja glasi:

H1: Razina spuštenosti stopala statistički značajno utječe na sposobnost održavanja ravnoteže osnovnoškolskih učenika koji se rekreativno bave sportskom gimnastikom.

### **3. METODE ISTRAŽIVANJA**

#### **3.1. Uzorak ispitanika**

Istraživanje je obuhvatilo ukupno 18 ispitanica. Ispitanice istraživanja su djevojčice u dobi između pet i deset godina ( $8,9 \pm$  SD). Sve su članice gimnastičkog kluba Bjelovar i treniraju više od godinu dana. Istraživanje je odobrilo Etičko Povjerenstvo Kineziološkog fakulteta pod brojem 18./2022. Sva mjerenja proveo je autor rada i ispitanike osobno uputio u protokol mjerenja i svrhu istraživanja. Roditelji/skrbnici ispitanica dali su pismeni pristanak za sudjelovanje u istraživanju.

#### **3.2. Mjerni instrumenti i varijable**

Sve morfološke karakteristike korištene u provedbi ovog istraživanja mjerene su po Međunarodnom biološkom programu (IBP International Biological Program). Program se sastoji od 39 mjera (Mišigoj-Duraković, 2008), no za potrebe istraživanja korištene su samo dvije, a to su: tjelesna visina (TV) u cm, tjelesna težina (TT) u kg. Na temelju tih podataka izračunat je indeks tjelesne mase (BMI). Otisak stopala ili plantogram dobiven je uz pomoć elektroničkog uređaja Podoskop. Podoskop je specijalizirani uređaj koji se koristi za analizu stopala. Ovaj uređaj omogućuje detaljan pregled stopala i njegove biomehanike pružajući korisne informacije za dijagnostiku, planiranje tretmana i izradu ortopedskih pomagala. Podoskop je sastavljen od ravne površine s ugrađenim svjetlosnim sensorima. Ispitanik stoji na površini uređaja, a svjetlosni senzori ispod površine osvjetljavaju stopalo iz različitih kutova. Omogućuje jasan uvid i mogućnost analize različitih aspekta stopala kao što su lukovi, pritisak, raspodjela opterećenja i oblik stopala. Snimke se mogu koristiti za kasniju analizu i prikazivanje promjena u pokretu, statičkom položaju i raspodjeli opterećenja stopala. Analiza stopala pomoću Podoskopa može pružiti informacije o biomehanici stopala, identificirati strukturne ili funkcionalne probleme, kao što su ravno stopalo, visoki lukovi ili neravnoteža opterećenja. Spušteno stopalo mjereno je primjenom Clarkove metode, na dobivenim otiscima stopala određen je stupanj spuštenosti (SS) pojedinog stopala. U svome radu A. Pavliček (2019) navodi Clarkovu metodu kao način određivanja spuštenosti stopala koja podrazumijeva utvrđivanje najizbočenije točke koja se nalazi u gornjem dijelu stopala i označava se točkom A, zatim u

donjem dijelu stopala označuje se točka B. Te dvije točke se spajaju. Zatim se određuje točka C koja predstavlja najgornji dio koji prelazi u kruškoliki dio stopala. Kada se točke A i C spoje, treba se dobiti kut od 45 stupnjeva, stopalo je spuštено ukoliko je taj kut manji od 45 stupnjeva. Rezultati su zabilježeni za oba stopala i izraženi u stupnjevima.

Ravnoteža je procijenjena pomoću dva testa.

1. Y test ravnoteže alat je za procjenu dinamičke posturalne kontrole. Pokazuje svoju učinkovitost kao valjan i pouzdan test za predviđanje budućih ozljeda i sposobnosti održavanja ravnotežnog položaja (González-Fernández i suradnici 2022). Mjerni instrument za prvi test ravnoteže, Y test, jednostavno je konstruiran na tlu dvorane. Za konstruiranje je zalijepljena samoljepljiva traka u obliku slova Y. Prvi krak nalazi se ispred ispitanika u anteriornoj (ANT) ravnini. Drugi se nalazi u posteromedialnoj ravnini (PM), a treći krak se nalazi u posterolateralnoj (PL) ravnini. Gornja dva kraka zalijepljena su pod kutem od 90 stupnjeva, dok je donji krak pod kutem od 135 stupnjeva u odnosu na druga dva kraka. Sjecište gdje se spajaju sva tri kraka definirano je kao nulta ili početna pozicija. Od sjecišta je na svakom kraku ucrtana mjerna skala u centimetrima (Neves, 2017). Y testom (Y) dobiveni su rezultati dinamičke ravnoteže za pojedinu nogu. Aritmetičkom sredinom dobiven je jedan rezultat na temelju rezultata svih triju krakova.

2. Drugi test, mirno stajanje na jednoj nozi na pomičnoj platformi na kojoj se rotacije odvijaju oko transverzalne osi. Platforma je prigodno konstruirana s pomoću elektroničkog uređaja Gyko Microgate. Gyko Microgate je elektronički uređaj koji se koristi kao mjerni instrument za analizu i praćenje pokreta i ravnoteže. Ovaj uređaj je posebno dizajniran za široki spektar aktivnosti, sportske treninge, biomehanička istraživanja i rehabilitaciju. Omogućuje dobivanje informacija o kinematici bilo kojeg segmenta tijela tijekom pokreta. Gyko sadrži komponente (akcelometar, žiroskop i magnetometar) koje se koriste za točna i ponovljiva mjerenja ubrzanja, kutne brzine i magnetskog polja u tri dimenzije. Iz izmjerenih podataka putem naprednih softverskih algoritama moguće je opisati kinematiku segmenta tijela na koji je Gyko pričvršćen kako bi korisnik dobio sumiranu informaciju o kvaliteti analiziranog pokreta. Za potrebe ovog istraživanja mjerni instrument Gyko je postavljen unutar pomične platforme na kojoj je stajao ispitanik te je bilježio pomake platforme, a koji direktno ovise o pomaku tijela ispitanika. Testom održavanja ravnoteže u anteriorno-posteriornoj ravnini na platformi određeno je više varijabli. Varijabla površina elipse (EA), anteriorno-posterioriorna duljina (AP-L) i anteriorno-posterioriorna prosječna udaljenost (AE-MD).

### 3.3. Organizacija mjerenja

Prije samog postupka mjerenja svim ispitanicima je rečeno i opisano na koji će se način provoditi mjerenja određenih interesnih varijabli. Mjerenje su se izvodila za vrijeme redovnog gimnastičkog treninga tako da je svaka grupa u kojoj se mjerenje provodilo prvo prošla kroz standardno zagrijavanje te neke specifične vježbe u kretanju karakteristične za sportsku gimnastiku. Trening je započeo kratkom igrom kako bi djeca na zabavan način zagrijala tijelo i pripremila za nastavak treninga i mjerenje. Nakon igre sljedilo je kratko razgibavanje. Kruženja dijelovima tijela kako bi se svi zglobovi pripremili za potrebne amplitude i što bolje rezultate prilikom testiranja. Kada je razgibavanje završeno, gimnastičarke su podijeljene u dvije vrste jedna nasuprot druge kako bi odradile specifične vježbe u kretanju. Imitacija kretanja životinja metoda je za specifičnu pripremu lokomotornog sustava i kvalitetnu provedbu gimnastičkog treninga. Nakon što je sve odrađeno pozvane su po dvije ispitanice kako se ne bi stvarala gužva te kako bi im se što preciznije opisalo što je njihov zadatak, a rezultati bili što precizniji. Ispitanicama su najprije izmjerene morfološke karakteristike tjelesna visina (TV) u cm i tjelesna težina (TT) u kg. Nakon toga određena je dominantna noga kojom izvode gimnastičke elemente ravnoteže. Ispitanicama je jednostavno rečeno da naprave gimnastički element vaga te je noga, na kojoj je ispitanica izvodila element, definirana kao dominantna. Otisci stopala su dobiveni pomoću elektroničkog uređaja Podoskop. Ispitanice su trebale mirno stajati s obje noge na staklenoj površini uređaja te bi on napravio preciznu fotografiju otiska stopala. Na temelju dobivenog otisaka stopala, odnosno plantograma, određen je stupanj spuštenosti stopala primjenom Clarkove metode opisane ranije u tekstu. Sposobnost održavanja ravnoteže na jednoj nozi mjerena je pomoću dva testa. Prvi je Y test dinamičke ravnoteže. Kut između stražnja dva kraka iznosi 90 stupnjeva. Svakom od krakova označena je dužina u centimetrima tako da je mjerna jedinica centimetar. Ispitanice su morale održavati ravnotežu na jednoj nozi, drugom nogom dotaknuti svaki od krakova najdalje što mogu bez da izgube ravnotežni položaj ili da nogom stanu na tlo. Isto je ponovljeno na drugoj nozi te je zabilježena udaljenost svakog od tri krakova. Test se ponavljao tri puta na svakoj nozi. Najbolji rezultati od tri ponovljena mjerenja uzeti su kao relevantni. Drugi test, mirno stajanje na jednoj nozi na pomičnoj platformi na kojoj se rotacije odvijaju oko transverzalne osi. Platforma je prigodno konstruirana s pomoću elektroničkog uređaja Gyko Microgate. Uređaj je postavljen unutar platforme te mu je zadano da mjeri odstupanja od početne pozicije u mirovanju. Ravnoteža se mjerila u stajanju na jednoj nozi u trajanju od 40 sekundi. Platforma se mogala pomicati samo

u anteriorno-posteriornoj ravnini. Varijable koje su dobivene su EA površina elipse, AP-L anteriorno-posteriorna duljina i AP-MD anteriorno-posteriorna prosječna udaljenost. Prije mjerenja svakoj ispitanici je demonstrirano na koji način treba izvesti pojedini test. Sve ispitanice su prije službenog mjerenja imale na raspolaganju nekoliko probnih pokušaja sve dok nisu bile u stanju nesmetano izvesti testni zadatak.

### **3.4. Metode obrade podataka**

Prikupljeni podatci su uneseni u Excel tablicu, a obrađeni su u softveru Statistica putem deskriptivne statistike i korelacijske analize (Verzija softvera: 14.0.0.15). Za dobivanje osnovnih statističkih parametara korištena je deskriptivna statistika: aritmetička sredina, standardna devijacija, medijan, mod, minimum i maksimum rezultata ispitanika u pojedinim testovima. Analiza povezanosti rezultata utvrđena je korelacijskom analizom. Razina statističke značajnosti postavljena je na  $p \leq 0,05$ .

#### 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Prosječni rezultati ispitanika u svim interesnim varijablama prikazani su u tablici 1.

Tablica 1. Osnovni deskriptivni statistički pokazatelji

Varijable	Mjerna jedinica	N	Srednja vrijednost	Standardna devijacija	Medijan	Mod	Minimum	Maksimum
BMI	Kg/m <sup>2</sup>	18	30,02	6,49	29,05	-	19,30	40,30
Clarkov kut D	stupnjevi	18	42,08	10,09	43,80	-	14,90	54,10
Clarkov kut N	stupnjevi	18	42,79	11,73	42,25	41,50	13,00	59,20
Y test D	Cm	18	64,15	6,35	63,83	-	48,67	72,00
Y test N	Cm	18	64,33	6,70	63,00	62,00	52,00	77,00
EA_D	mm <sup>2</sup>	18	0,61	0,66	0,41	0,45	0,01	2,08
EA_N	mm <sup>2</sup>	18	1,24	1,73	0,36	-	0,00	6,42
AP-L_D	mm	18	50,08	34,66	36,32	-	17,47	129,08
AP-L_N	mm	18	63,58	48,84	46,66	-	10,14	187,88
AP-MD_D	mm	18	0,36	0,18	0,30	-	0,10	0,60
AP-MD_N	mm	18	0,52	0,37	0,43	0,26	0,04	1,53

Legenda: BMI: Indeks tjelesne mase, Clarkov kut D: Stupanj spušenosti stopala dominantne noge, Clarkov kut N: Stupanj spušenosti stopala nedominantne noge, Y test D: Rezultati Y testa dominantne noge, Y test N: Rezultati Y testa nedominantne noge, EA\_D: Područje elipse dominantne noge, EA\_N: Područje elipse nedominantne noge, AP-L\_D: Anteriorno-posteriorna dužina, dominantna noga, AP-L\_N: Anteriorno-posteriorna dužina, nedominantna noga, AP-MD\_D: Anteriorno-posteriorna srednja udaljenost, dominantna noga, AP-MD\_N: Anteriorno-posteriorna srednja udaljenost nedominantne noge.

U nastavku slijedi korelacijska analiza između Clarkovog kuta i svih provedenih testova ravnoteže. Odabrana je korelacijska analiza zbog toga što ona opisuje jačinu i smjer povezanosti između dvije varijable. Ako su točke na grafikonu raspoređene blizu linije koja se može povući kroz središte tih točaka, moguće je zaključiti da postoji neka vrsta povezanosti između Clarkovog kuta i rezultata u testovima ravnoteže. Ako točke teže rasti u smjeru gore-desno to ukazuje na pozitivnu korelaciju što znači da veći Clarkov kut obično prate veći rezultati u testu ravnoteže. S druge strane ako točke teže padati prema dolje-desno to ukazuje na negativnu korelaciju gdje veći Clarkov kut može značiti manje rezultate u testu. Prve četiri slike prikazuju korelaciju Clarkovog kuta i testova provedenih na dominantnoj nozi, dok ostali prikazuju korelaciju Clarkovog kuta i testova provedenih na nedominantnoj nozi. Promatranje svake noge zasebno omogućuje otkrivanje mogućih asimetrija u ravnoteži između dominantne i nedominantne noge. Moguće je da jedna noga ima bolju ravnotežu i stabilnost od druge, što



može ukazivati na određene slabosti ili disbalans u tjelesnoj strukturi. Dominantna noga također često ima veću funkcionalnost i kontrolu u odnosu na nedominantnu nogu. Stoga, promatranje svake noge zasebno omogućuje procjenu njihove specifične sposobnosti u održavanju ravnoteže.

Tablica 2 prikazuje korelaciju između Clarkovog kuta dominantne noge i rezultata u testovima ravnoteže na dominantnoj nozi.

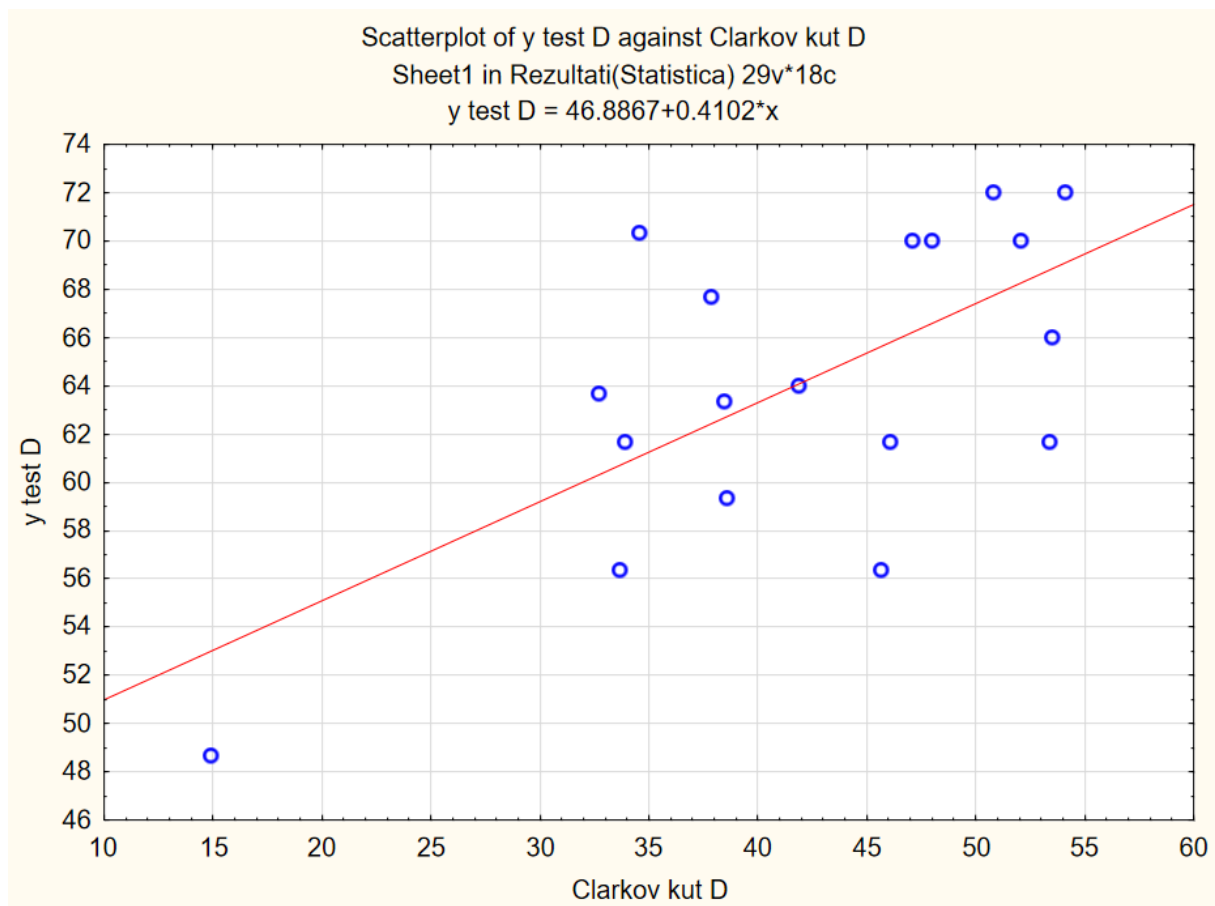
*Tablica 2. Korelacija između Clarkovog kuta dominantne noge i rezultata u svim provedenim testovima ravnoteže na dominantnoj nozi*

VARIJABLE	Clarkov kut D	Y test D	EA-D	AP-L_D	AP-MD_D
Clarkov kut D	1,00	0,65*	-0,34	-0,30	-0,28

Legenda: Clarkov kut D = stupanj spuštenosti stopala dominantne noge, Y test D = Y test dominantna noga, EA-D = površina elipse dominantna noga, AP-L\_D = anteriorno posteriorna duljina dominantna noga, AP-MD\_D = anteriorno posteriorna prosječna udaljenost dominantna noga.

Uvidom u Tablicu 2 vidljivo je kako su najznačajniji rezultati ostvareni u Y testu. Dobivena vrijednost nam govori kako je povezanost čvrsta. Ostali rezultati imaju umjerenu povezanost što govori da korelacija nije značajna. Slijedi uvid u grafički prikaz korelacije koji može otkriti određene detalje i trendove utjecaja stanja stopala na mjerene sposobnosti.

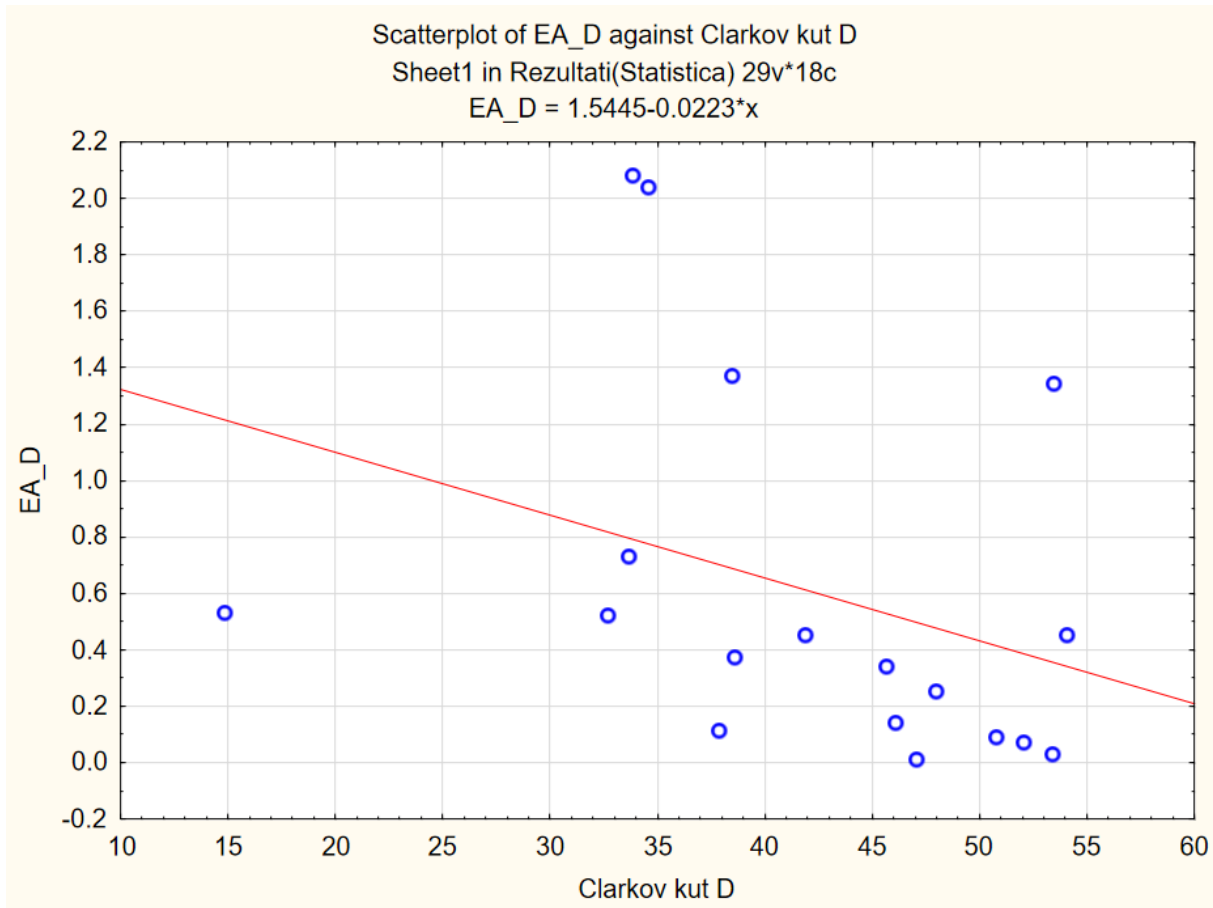
Slika 1. prikazuje jasnu pozitivnu korelaciju između Clarkovog kuta dominantne noge i rezultata u Y testu. Na horizontalnoj osi prikazane su vrijednosti Clarkovog kuta dok su na vertikalnoj osi prikazane vrijednosti y testa. Grafikon prikazuje skup točaka koje su raspoređene duž linije koja raste prema gore i desno. Ova linija ukazuje na sistematičan porast rezultata u Y testu kako se povećava vrijednost Clarkovog kuta dominantne noge. Ovaj trend sugerira da sudionici s većim Clarkovim kutem dominantne noge obično ostvaruju bolje rezultate u Y testu.



*Slika 1. grafički prikaz korelacije Clarkovog kuta dominantne noge i rezultata u Y testu dominantne noge*

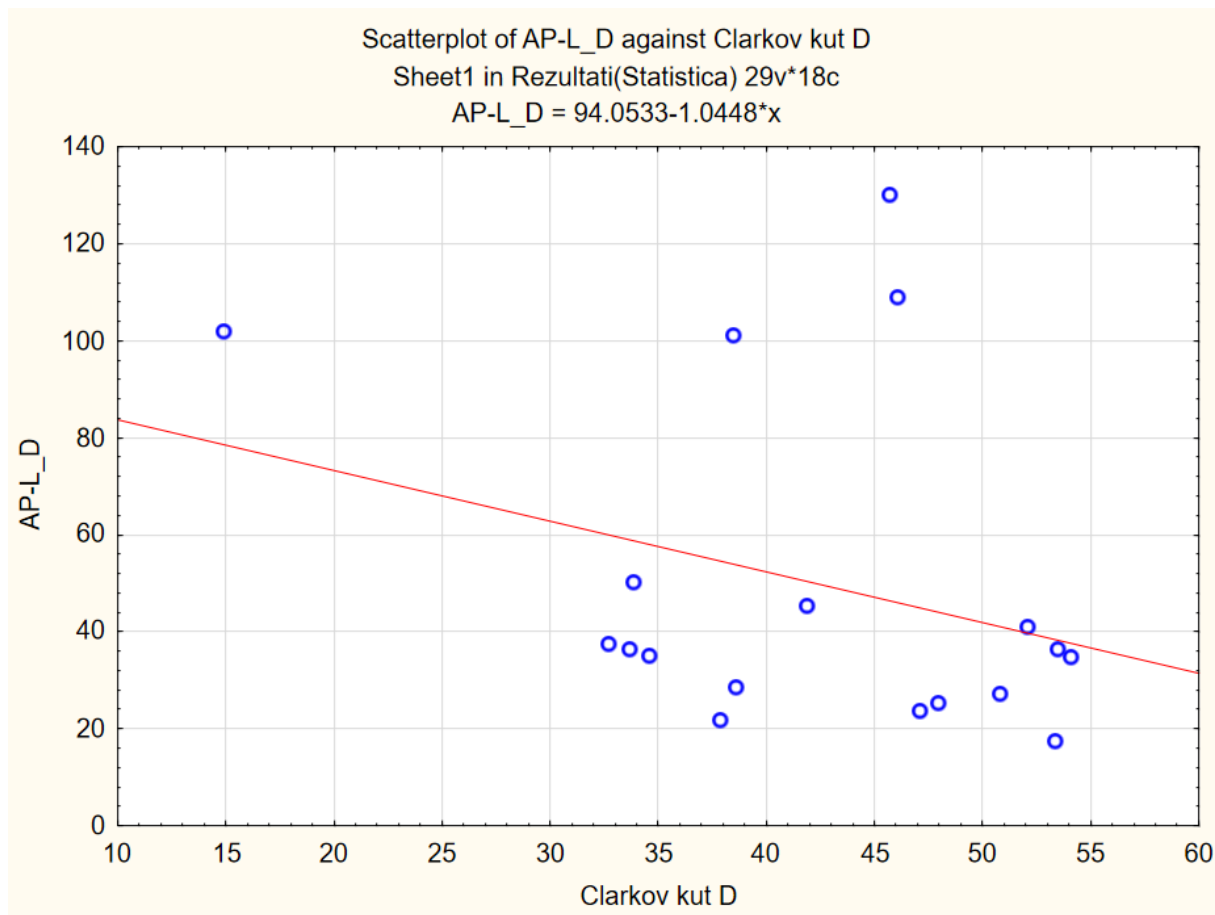
Slika 2. prikazuje korelaciju između Clarkovog kuta dominantne noge i rezultata u testu mirno stajanje na pomičnoj platformi, varijabla EA\_D, područje elipse dominantna noga. Moguće je primijetiti da većina rezultata prati krivulju što sugerira da postoji neki oblik povezanosti između Clarkovog kuta dominantne noge i rezultata testa stabilnosti na pomičnoj platformi. Međutim, postoje neki ekstremni rezultati koji značajno odstupaju od ove krivulje. To ukazuje na prisutnost nekoliko izuzetaka ili specifičnih rezultata u kojima visoka povezanost možda ne

vrijedi. Varijabla EA područje elipse je obrnuto proporcionalna, što znači da se niže vrijednosti rezultata smatraju boljima.



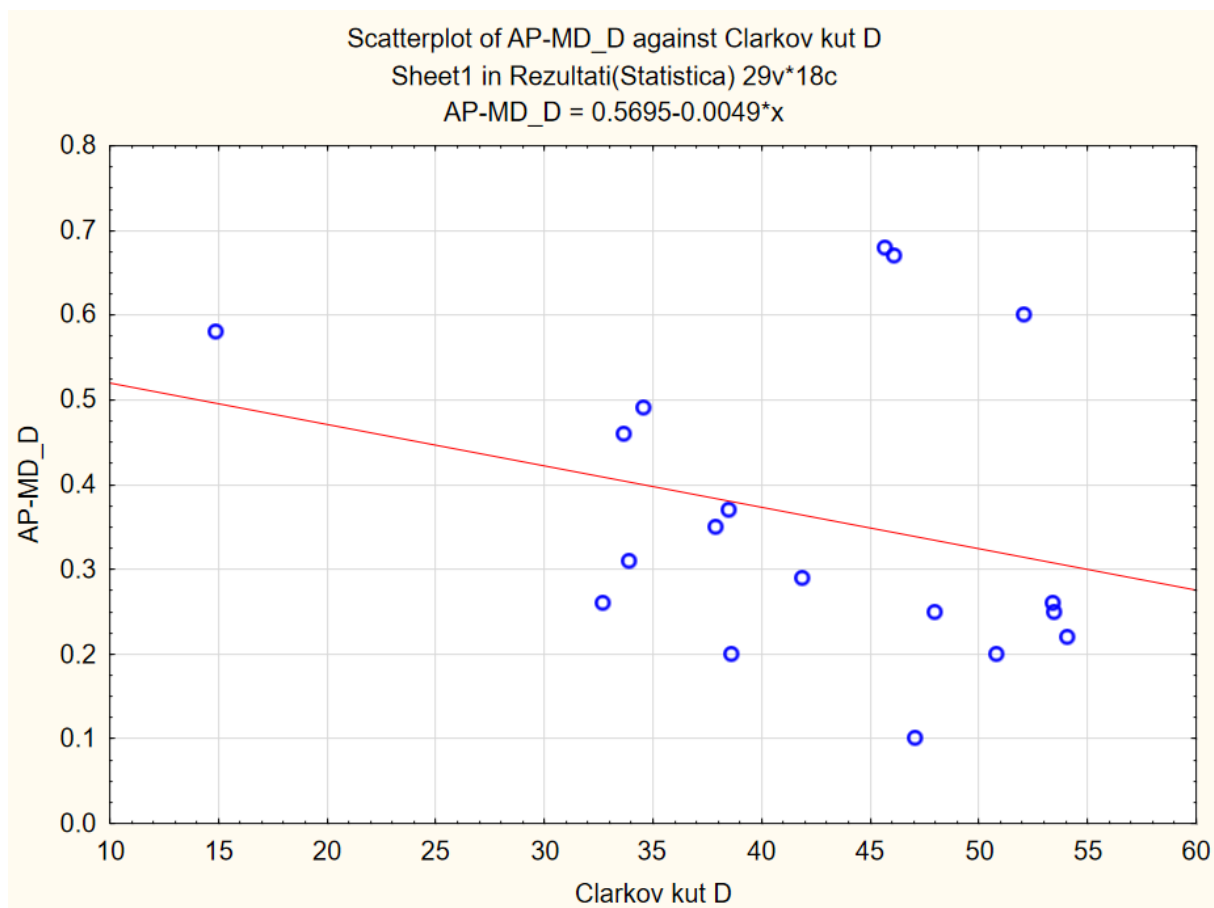
Slika 2. grafički prikaz korelacije između Clarkovog kuta dominantne noge i varijable EA\_D

Slika 3. prikazuje korelaciju Clarkovog kuta dominantne noge i rezultata u testu mirno stajanje na pomičnoj platformi, varijabla AP-L\_D anteriorno-posteriorna dužina, dominantna noga. Na grafikonu se može primijetiti raspodjela točaka koja ukazuje djelomično pravilnu povezanost između Clarkovog kuta dominantne noge i rezultata testa stabilnosti. Varijabla AP-L je obrnuto proporcionalna tako ovise jedna o drugoj na način da koliko se puta poveća jedna veličina, toliko se puta smanji druga veličina i obratno.



*Slika 3. grafički prikaz korelacije između Clarkovog kuta D i varijable AP-L\_D*

Slika 4. prikazuje negativnu korelaciju Clarkovog kuta dominantne noge i AP-MD\_D anteriorno-posteriorne srednje udaljenosti dominantne noge. Na horizontalnoj osi prikazane su vrijednosti Clarkovog kuta dok su na vertikalnoj osi prikazane vrijednosti varijable anteriorno-posteriorna srednja udaljenost. Grafikon prikazuje skup točaka koje su raspoređene duž linije koja pada prema dolje i desno. Ova linija ukazuje na sistematičan pad rezultata u testu ravnoteže kako se povećava vrijednost Clarkovog kuta dominantne noge. Ovaj trend sugerira da sudionici s većim Clarkovim kutem dominantne noge obično ostvaruju bolje rezultate u testu ravnoteže. Potrebno je napomenuti kako visoke vrijednosti Clarkovog kuta mogu rezultirati lošijim rezultatima kao što je slučaj s nižim vrijednostima Clarkovog kuta.



Slika 4. grafički prikaz korelacije između Clarkovog kuta i AP-MD\_D

Tablica 3. Korelacija između Clarkovog kuta nedominantne noge i svih rezultata u testovima ravnoteže na nedominantnoj nozi.

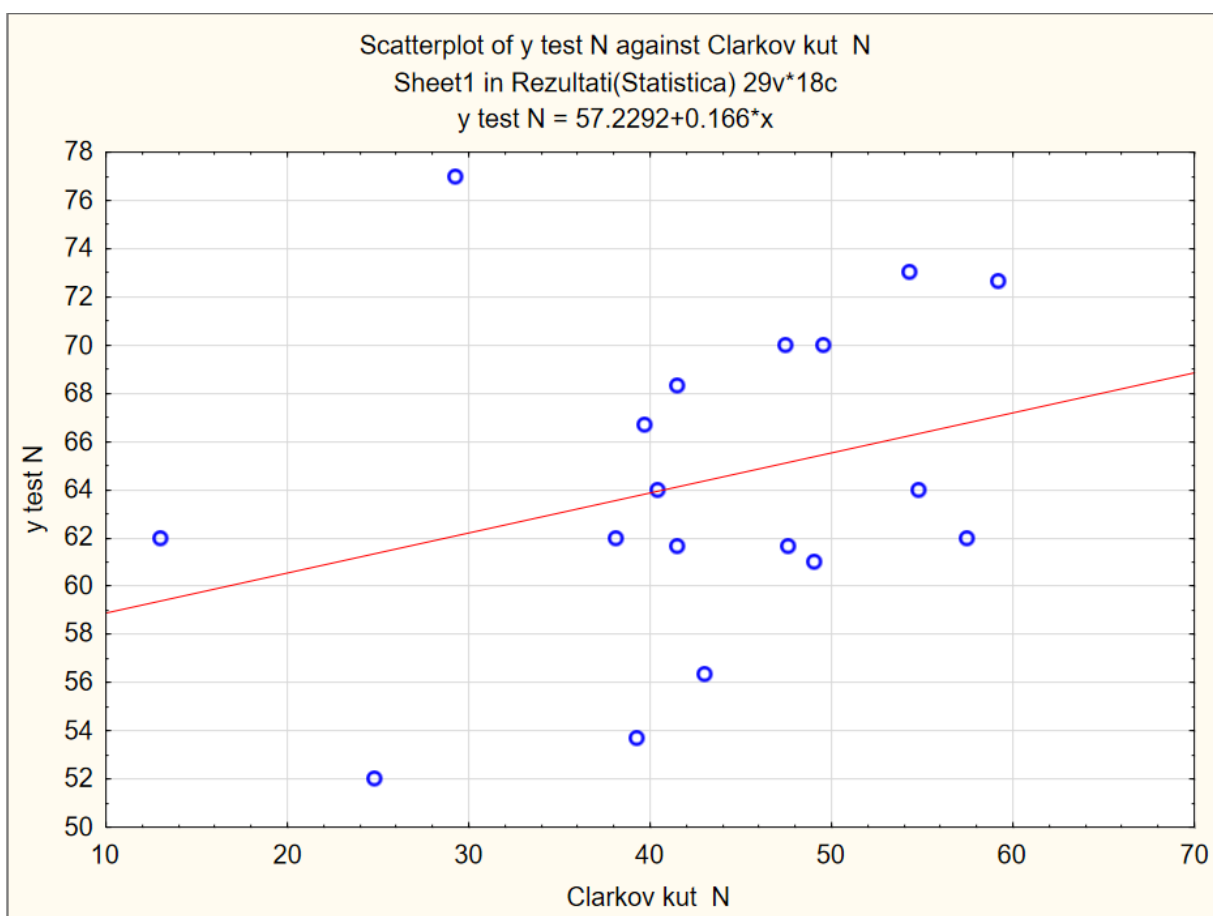
VARIJABLE	Clarkov kut N	Y test N	EA-N	AP-L_N	AP-MD_N
Clarkov kut N	1,00	0,29	-0,52*	-0,52*	-0,38

Legenda: Clarkov kut N = stupanj spuštenosti stopala nedominantne noge, Y test N = Y test nedominantna noga, EA-N = površina elipse nedominantna noga, AP-L\_N = anteriorno posteriorna duljina nedominantna noga, AP-MD\_N = anteriorno posteriorna prosječna udaljenost nedominantna noga.

Uvidom u Tablicu 3 vidljivo je kako su rezultati u Y testu lošiji nego što je slučaj kod rezultata na dominantnoj nozi. Tako Y test ima slabu i pozitivnu povezanost s Clarkovim kutem. Varijabla EA-N ima umjereni stupanj povezanosti isto kao i varijabla AP-L\_N. Također,

umjerenu razinu povezanosti dali su rezultati u varijabli AP-MD\_N. Slijedi uvid u grafički prikaz korelacija koje mogu otkriti određene detalje i trendove utjecaja stanja stopala na mjerene sposobnosti.

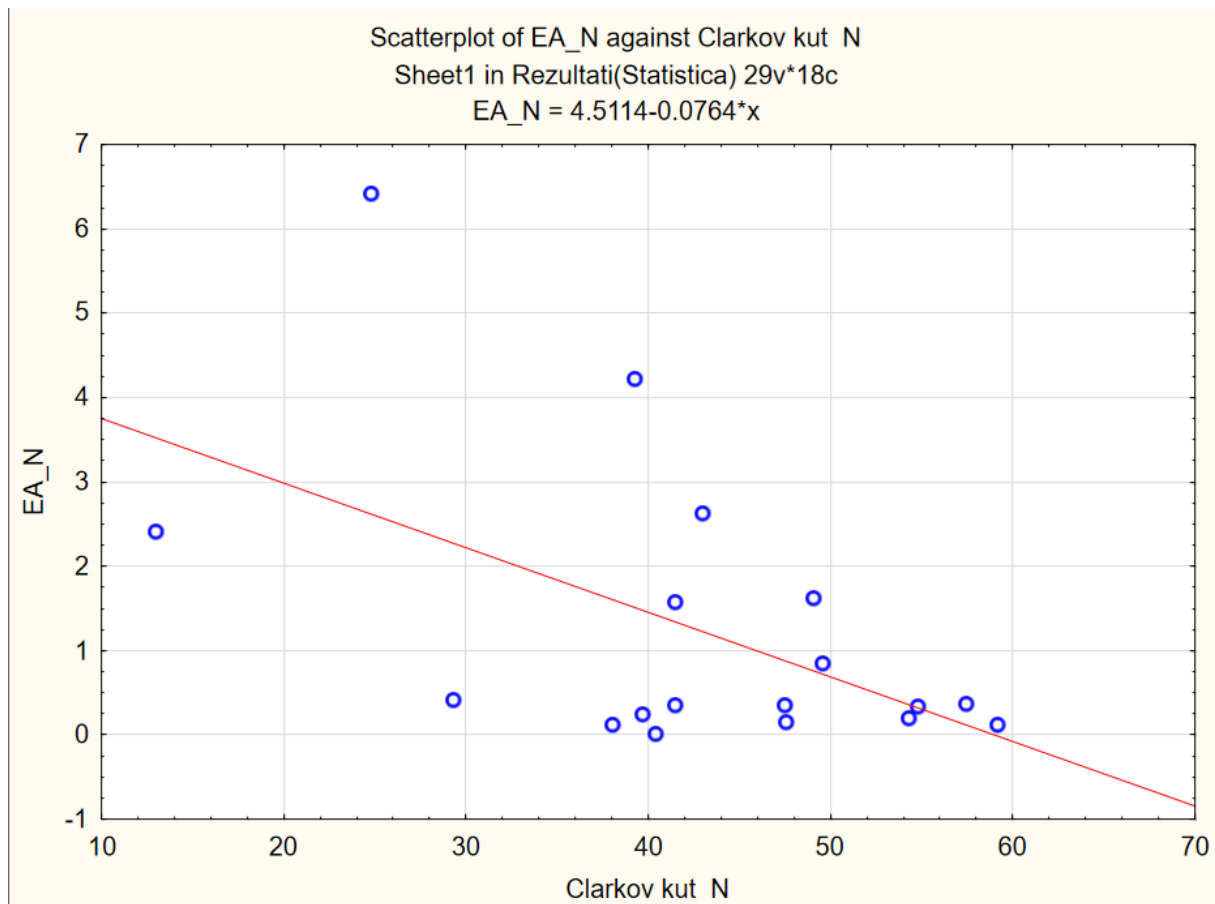
Slika 5. prikazuje korelaciju Clarkovog kuta nedominantne noge i rezultata u Y testu. Na horizontalnoj osi nalazi se varijabla koja predstavlja Clarkov kut nedominantne noge dok se na vertikalnoj osi nalaze rezultati Y testa. Svaka točka na grafikonu predstavlja jednog ispitanika i njihovu kombinaciju Clarkovog kuta nedominantne noge i rezultata u Y testu. Premda točke naginju prema gornjem desnom dijelu grafikona ukazuju na pozitivnu korelaciju što znači da veći Clarkov kut nedominantne noge prati veće rezultate u Y testu. Odnosno, što je svod stopala spušteniji, rezultati u Y testu su lošiji. Međutim, postoje i rezultati s visokim vrijednostima Clarkovog kuta koji imaju lošiji rezultat u Y testu. To ukazuje kako visoki svod stopa također može negativno utjecati na ravnotežu.



Slika 5. grafički prikaz korelacije Clarkovog kuta i varijable Y test nedominantna noga.

Slika 6. prikazuje korelaciju Clarkovog kuta nedominantne noge i rezultata u testu mirno stajanje na pomičnoj platformi, varijabla EA\_N područje elipse nedominantna noga. Kao što je vidljivo u grafikonu većina rezultata prati krivulju što ukazuje na visoki stupanj povezanosti. Međutim, vidljivi su i neki ekstremni rezultati koji značajno odstupaju od krivulje. Zaključno,

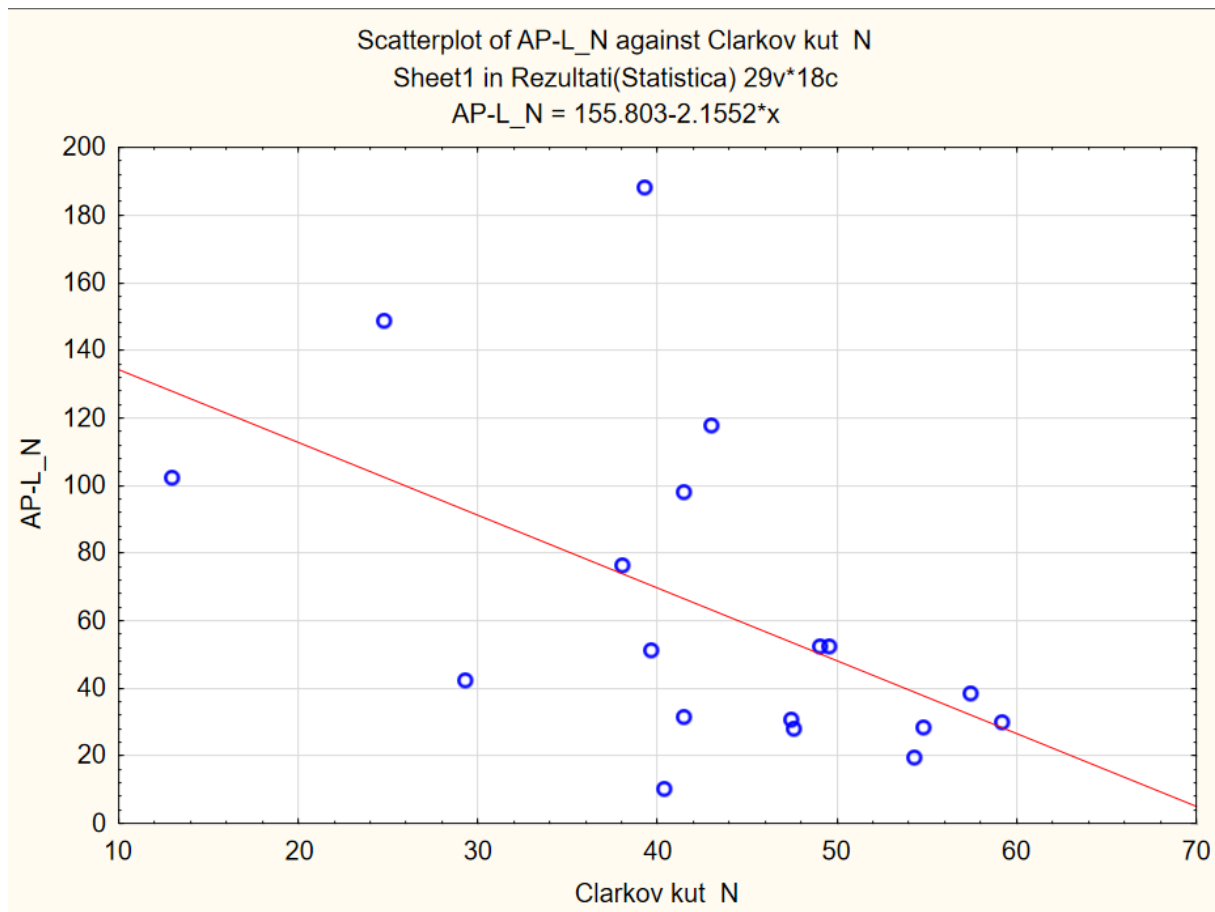
vrijednosti Clarkovog kuta između 40 i 60 stupnjeva ostvarili su najbolje rezultate. Varijabla EA-N obrnuto je proporcionalna.



Slika 6. grafički prikaz Clarkovog kuta nedominantne noge i varijable EA\_N

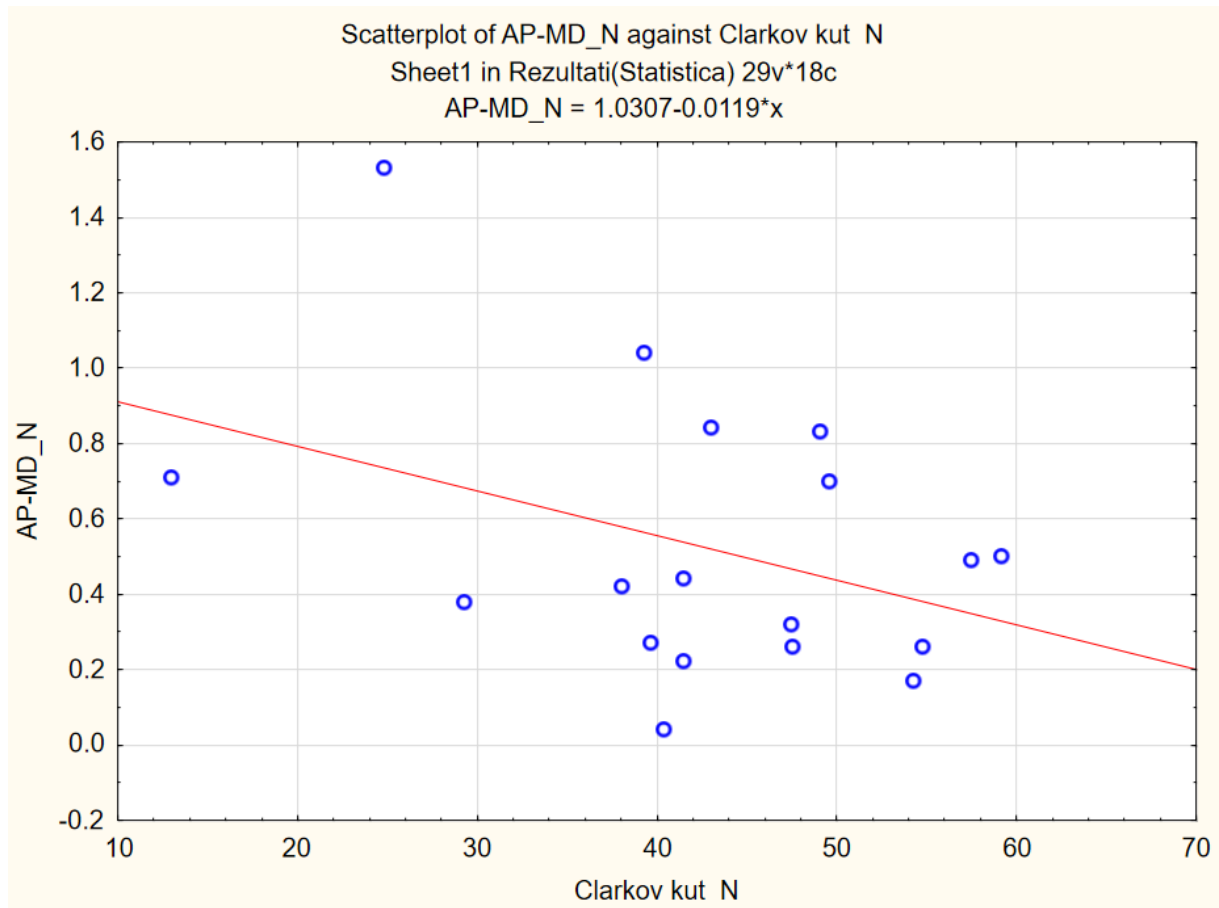
Slika 7. prikazuje korelaciju Clarkovog kuta nedominantne noge i rezultata u testu mirno stajanje na pomičnoj platformi, varijabla AP-L\_N anteriorno-posteriorna dužina, nedominantna noga. Na horizontalnoj osi nalazi se varijabla Clarkov kut nedominantna noga, a na vertikalnoj varijabla AP-L\_N anteriorno-posteriorna dužina nedominantna noga. Vidljivo je da postoji trend nižih rezultata s većim vrijednostima Clarkovog kuta, ali postoje i pojedinačne vrijednosti koje odstupaju od ovog obrazca. Varijabla AP-L\_ obrnuto je proporcionalna.





*Slika 7. grafički prikaz korelacije Clarkovog kuta nedominantne noge i varijable AP-L\_N anteriorno-posteriorna dužina, nedominantna noga.*

Slika 8. prikazuje korelaciju Clarkovog kuta nedominantne noge i rezultata u varijabli AP-MD\_N anteriorno-posteriorna srednja udaljenost nedominantna noga. Većina rezultata je raštrkana i daje uvid u značajnu povezanost, ali nije vidljiva tendencija praćenja krivulje. AP-MD\_N obrnuto je proporcionalna varijabla.



*Slika 8. grafički prikaz korelacije Clarkovog kuta i rezultata varijable AP-MD\_N*

## 5. RASPRAVA

Cilj ovog rada bio je utvrditi postoji li povezanost između stupnja spuštenosti stopala (Clarkov kut) i rezultata u testovima ravnoteže. Utvrđena je čvrsta povezanost između stupnja spuštenosti stopala i rezultata u Y testu na dominantnoj nozi. Također, utvrđena je srednja razina povezanosti stupnja spuštenosti stopala i rezultata u varijablama EA na nedominantnoj nozi i AP-L na nedominantnoj nozi. Osnovna razlika između testova ravnoteže je da se kod Y testa stoji na čvrstoj podlozi dok je drugi test proveden na pomičnoj platformi u anteriorno-posteriornoj ravnini (naprije-natrag). Uz pomoć testa mirnog stajanja na jednoj nozi važno je definirati koja je noga dominantna jer se u dosadašnjim istraživanjima dominantna noga definirala kroz testove preciznost udarca ili odrazna noga. Valja istaknuti da Clarkov kut određuje stanje medijalnog svoda stopala (Vedi i suradnici, 2019). Postoji mogućnost da bi rezultati bili drugačiji kada bi se platforma pomicala u smjeru lijevo-desno odnosno u medio-lateralnom smjeru. Tako bi rezultati bili značajno drugačiji da se platforma pomiče i lijevo i desno. Na temelju toga moguće je pretpostaviti kako su za izvedbu testova korištene različite strategije održavanja ravnoteže. Koeficijent korelacije visoke povezanosti opisuje da Clarkov kut između 30 i 40° daje najbolje rezultate u Y testu. Temeljem dobivenih rezultata postavljenu hipotezu „Razina spuštenosti stopala statistički utječe na sposobnost održavanja ravnoteže osnovnoškolskih učenika koji se rekreativno bave sportskom gimnastikom“ moguće je djelomično prihvatiti.

Rezultati koji su dobiveni u testovima provedenim na dominantnoj nozi pokazuju da većina ispitanica ima dobru sposobnost održavanja ravnoteže u Y testu. Rezultati prikazuju visoki stupanj korelacije između Clarkovog kuta i Y testa. Putem testa mirno stajanje na pomičnoj platformi dobivene su tri varijable. Rezultati niti jedne od njih nisu dali visoki stupanj povezanosti. Negativna korelacija se pojavljuje u testovima na pomičnoj platformi, gdje niži rezultati predstavljali bolju sposobnost održavanja ravnoteže. Na temelju svih dobivenih rezultata moguće je pretpostaviti kako spušteno stopalo ima negativan utjecaj na ravnotežu kod ispitivane djece.

Valja napomenuti kako visoki svod stopala, odnosno veliki Clarkov kut, rezultira smanjenim opsegom pokreta u gležnju što posljedično ima utjecaj na lošije rezultate u testovima. Visoki svod stopala, odnosno veliki Clarkov kut rezultira manjim amplitudama kod varijable prosječna udaljenost upravo zato što podignuto stopalo smanjuje amplitudu pokreta gležnja, odnosno

opseg pokreta. Dakle, ekstremni rezultati većeg ili manjeg kuta nepovoljno djeluju na rezultate Y testa. Kada je medijalni svod stopala podignut, odnosno Clarkov kut veći, dolazi do ograničenja pokreta u gležnju (Burns i suradnici, 2007). Odnosno, ograničeni su pokreti plantarna i dorzalna fleksija.

Zaključno, već tradicijski spominjani utjecaj stanja stopala na održavanje posture (Sung i suradnici, 2017), ravnotežu (Sahin i suradnici, 2023), sportsku izvedbu (Contarli i suradnici, 2022) je rezultatima ovog istraživanja moguće samo djelomično potvrditi, barem kada je riječ o mlađim sportašicama. Postoji određena povezanost između stupnja spuštenosti stopala mladih gimnastičarki, ali se ona prezentira na različite načine kod dominantne i nedominantne noge. Najvjerojatnije ovako heterogena slika utjecaja stanja stopala na sposobnost održavanja ravnoteže s dominantnom i nedominantnom nogom je posljedica višefaktorske prirode ravnoteže (u čijoj pozadini leže brojni živčano-mišićni mehanizmi), ali i spuštenosti stopala kod ovako mladih pojedinaca gdje je stopalo još uvijek u fazi formiranja, a rast i razvoj nisu kompletirani. Heterogenost rezultata moguće je objasniti i kroz specifičnost održavanja ravnoteže u uvjetima čvrste i pomične podloge. Kada je podloga čvrsta utjecaj stopala na ravnotežu je izoliran. Kontrakcija mišića stopala djeluje na stabilnost dok je opseg pokreta u gležnju vrlo ograničen. S druge strane kada osoba stoji na pomičnoj platformi, tada je održavanje ravnoteže postignuto i kroz korekcijske pokrete na razini gležnja. Stoga se strategije održavanja ravnoteže na čvrstoj i pomičnoj podlozi razlikuju. Također, s obzirom da je riječ o djeci rast i razvoj još nije gotov, a faza biološkog rasta se možda razlikuje između ispitanica.

## 6. ZAKLJUČAK

Spušteno stopalo jedan je od najčešćih deformiteta stopala. Kod djece se spuštena stopala najčešće javljaju asimptomatski. Neki od uzroka sve češće pojave spuštenog stopala kod djece je nedovoljna tjelesna aktivnost, hodanje po ravnim podlogama i neadekvatna obuća. Djeca sve rjeđe hodaju bosa po neravnim podlogama koje potiču ječanje mišića stopala i njegovu stabilnost. Prilikom provedbe ovog istraživanja glavna je zadaća bila istražiti postoji li povezanost između stupnja spuštenosti stopala i sposobnosti održavanja ravnoteže na jednoj nozi. Testiranje je provedeno na 30 ispitanica, međutim došlo je do značajnog osipanja ispitanica radi odsutnosti s treninga. Istraživanje je na kraju obuhvatilo rezultate ukupno 18 gimnastičarki u rasponu od 6 do 10 godina starosti. Bateriju testova činili su Y test i test na pomičnoj platformi. Unutar testa na pomičnoj platformi dobivene su tri varijable koje su se koristile u istraživanju. Analizom rezultata mjerenja uočena je statistički značajna povezanost kod nekih varijabli. Utvrđena je čvrsta povezanost između stupnja spuštenosti stopala i rezultata u Y testu na dominantnoj nozi. Također, utvrđena je srednja razina povezanosti stupnja spuštenosti stopala i rezultata u varijablama EA na nedominantnoj nozi i AP-L na nedominantnoj nozi. Uzimajući u obzir da je ravnoteža jedna od najvažnijih sposobnosti u izvođenju gimnastičkih elemenata, spuštena stopala mogu imati velik utjecaj na pravilnu izvedbu. Postavljena hipoteza može se djelomično potvrditi. Kako bi se mogli donositi značajniji zaključci potrebno je provesti dodatna istraživanja. Veći uzorci ispitanika mogu dati bolji uvid i kvalitetnije zaključke nego istraživanja s malim brojem sudionika.

## Popis literature:

1. Ali, M. M. I., Mohamed, M. S. E. (2011). Dynamic postural balance in subjects with and without flat foot. *Bulletin of Faculty of Physical Therapy, Cairo University*, 16(1), 7-10.
2. Begon M, Monnet T, Lacouture P, et al. (2021). Influence of flat feet on balance and gait in children aged 7-12 years. *Gait & Posture*, 84, 168-173.
3. Bressel, E., Yonker, J. C., Kras, J., Heath, E. M. (2007). Comparison of static and dynamic balance in female collegiate soccer, basketball, and gymnastics athletes. *Journal of athletic training*, 42(1), 42–46.
4. Burns, J., Landorf, K. B., Ryan, M. M., Crosbie, J., Ouvrier, R. A. (2007). Interventions for the prevention and treatment of pes cavus. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (4), CD006154. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006154.pub2>
5. Contarlı, N. Çankaya, T. (2022). Effect of the Pes Planus on Vertical Jump Height and Lower Extremity Muscle Activation in Gymnasts . *Turkish Journal of Sport and Exercise* , 24 (1) , 81-89 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/tsed/issue/69792/1041290>
6. González-Fernández, F. T., Martínez-Aranda, L. M., Falces-Prieto, M., Nobari, H., Clemente, F. M. (2022). Exploring the Y-Balance-Test scores and inter-limb asymmetry in soccer players: differences between competitive level and field positions. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 14, 45.
7. Lutter, L. D. (1995). Pediatric Problems. U Baxter D. E. (ur.), *The Foot and Ankle in Sports* (str. 329). St. Louis: Mosby
8. Mišigoj-Duraković, M. (2008). Kinantropologija: biološki aspekti tjelesnog vježbanja [Kinanthropology: biological aspects of physical exercise]. Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
9. Nashner, L. M. (2016). *Practical Biomechanics and Physiology of Balance*. University of Chicago Press.
10. Neves, L. F., i autori, (2017). The Y Balance Test – How and Why to Do it? *International Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 2(4), 58. <https://doi.org/10.15406/ipmrj.2017.02.00058>
11. Palac, M. (2022). Spuštena stopala u predškolskoj dobi [Flat feet in preschool age]. Sažeci diplomskih radova, Sveučilište u Zagrebu, Učiteljski fakultet. URN:NBN urn:nbn:hr:147:844923

12. Pavliček, A. (2019). Primjena vježbi iz atletike u prevenciji i terapiji spušenog stopala. Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu: Kineziološki fakultet.
13. Pećina, M., suradnici. (2019). Sportska medicina. Zagreb: Medicinska naklada.
14. Rota Čepnija, A., Parlov, M., Kuzmičić, S., Bilandžić, V., Rota, M., Čepnija, T. (n.d.). Ravno stopalo u djeci. Hrvatska časopis za zdravstvenu zaštitu, 2(1). <https://doi.org/10.48188/hczz.2.1.5>
15. Şahan, T. Y., Uğurlu, K., Önal, B., Sertel, M. (2023). The effect of pes planus on the biomechanics of the lower extremity, balance, fall risk, and performance. *Physiotherapy Quarterly*, 31(1), 46-50. <https://doi.org/10.5114/pq.2023.119864>
16. Şahin, F. N., Ceylan, L., Küçük, H., Ceylan, T., Arıkan, G., Yiğit, S., Sarşık, D. Ç., Güler, Ö. (2022). Examining the Relationship between Pes Planus Degree, Balance and Jump Performances in Athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(18), 11602. <https://doi.org/10.3390/ijerph191811602>
17. Sung, P. S., Zipple, J. T., Andraka, J. M., Danial, P. (2017). The kinetic and kinematic stability measures in healthy adult subjects with and without flat foot. *The Foot*, 30, 21-26. <https://doi.org/10.1016/j.foot.2017.01.010>
18. Ueki, Y., Sakuma, E., Wada, I. (2019). Pathology and management of flexible flat foot in children. *Journal of orthopaedic science : official journal of the Japanese Orthopaedic Association*, 24(1), 9–13. <https://doi.org/10.1016/j.jos.2018.09.018>
19. Vedi, N., Dulloo, P., Gandotra, A. (2019). Footprint: An insight for medial longitudinal arch. *Indian Journal of Clinical Anatomy and Physiology*, 6(2), 241-246.
20. Živčić Marković K. (2016). Osnove sportske gimnastike. U K. Živčić Marković (ur.) *Uvod u osnove sportske gimnastike* (str. 9-20) Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu