

# Analiza inicijalnog kontakta stopala tijekom hoda uz stepenice u osoba mlađe životne dobi

---

**Petančić, Bruno**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Health Studies / Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:780546>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-07**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Health Studies - FHSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ  
FIZIOTERAPIJA

Bruno Petančić

ANALIZA INICIJALNOG KONTAKTA STOPALA TIJEKOM HODA  
UZ STEPENICE U OSOBA MLAĐE ŽIVOTNE DOBI: rad s istraživanjem

Završni rad

Rijeka, 2024.

UNIVERSITY OF RIJEKA  
FACULTY OF HEALTH STUDIES  
UNDERGRADUATE PROFESSIONAL STUDY  
OF PHYSIOTHERAPY

Bruno Petančić

ANALYSIS OF INITIAL FOOT CONTACT DURING WALKING UP  
STAIRS IN YOUNG PEOPLE: research

Final thesis

Rijeka, 2024.

Mentor rada: Izv. prof. dr. sc. Juraj Arbanas, dr. med.

Komentor rada: Izv. prof. dr. sc. Marina Nikolić, dr. med.

Završni rad obranjen je dana \_\_\_\_\_ na Fakultetu zdravstvenih  
studija Sveučilišta u Rijeci, pred povjerenstvom u sastavu:

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

## Izvješće o provedenoj provjeri izvornosti studentskog rada

Opći podatci o studentu:

Sastavnica	Fakultet zdravstvenih studija
Studij	Preddiplomski stručni studij fizioterapija
Vrsta studentskog rada	Završni rad
Ime i prezime studenta	Bruno Petančić
JMBAG	0351011367

Podatci o radu studenta:

Naslov rada	Analiza inicijalnog kontakta stopala tijekom hoda uz stepenice u osoba mlađe životne dobi
Ime i prezime mentora	Juraj Arbanas
Datum predaje rada	05.03.2024
Identifikacijski br. podneska	2312249537
Datum provjere rada	05.03.2024
Ime datoteke	STOPALA_TIJEKOM_HODA_UZ_STEPENICE_U_OSOBA_MLA_E_IVOTNE_DOBI.docx
Veličina datoteke	1,08M
Broj znakova	42417
Broj riječi	7163
Broj stranica	39

Podudarnost studentskog rada:

Podudarnost (%)	7%
-----------------	----

Izjava mentora o izvornosti studentskog rada

Mišljenje mentora	
Datum izdavanja mišljenja	05.03.2024
Rad zadovoljava uvjete izvornosti	<input checked="" type="checkbox"/>
Rad ne zadovoljava uvjete izvornosti	<input type="checkbox"/>
Obrazloženje mentora (po potrebi dodati zasebno)	

Datum

05.03.2024

Potpis mentora



## SADRŽAJ:

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>1.1. ZGLOBOVI</b> .....	2
<i>1.1.1. Zglob kuka</i> .....	2
<i>1.1.2. Koljeni zglob</i> .....	3
<i>1.1.3. Gornji nožni zglob</i> .....	5
<b>1.2. MIŠIĆI</b> .....	7
<b>1.3. HOD PO RAVNOM</b> .....	11
<b>1.4. HOD PO STEPENICAMA</b> .....	12
<i>1.4.1. Hod uz stepenice</i> .....	13
<i>1.4.2. Hod niz stepenice</i> .....	14
<b>1.5. HOD PO STEPENICAMA UZ OTPOR</b> .....	15
<b>2. CILJEVI I HIPOTEZE</b> .....	16
<b>3. ISPITANICI I METODE</b> .....	17
<i>3.1. Ispitanici</i> .....	17
<i>3.2. Postupak i instrumentarij</i> .....	17
<i>3.3. Statistička obrada podataka</i> .....	17
<i>3.4. Etički aspekti istraživanja</i> .....	18
<b>4. REZULTATI</b> .....	19
<b>5. RASPRAVA</b> .....	25
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	27
<b>LITERATURA</b> .....	28
<b>PRIVITCI</b> .....	30
<b>KRATAK ŽIVOTOPIS PRISTUPNIKA</b> .....	32

## SAŽETAK

**Uvod:** Hod je aktivno kretanje tijela naizmjeničnim pokretima donjih udova, što obično rezultira prenošenjem tijela s jednoga mjesta na drugo. Hodanje po stepenicama predstavlja fizički zahtjevniju aktivnost u usporedbi s hodažnjem po ravnoj površini. Naime, tijekom te aktivnosti, mišićni sustav donjih ekstremiteta mora uložiti dodatnu snagu kako bi se prevladale promjenjive visine i dubine svake stepenice.

**Cilj istraživanja:** Cilj ovog istraživanja bio je ispitati inicijalni kontakt (prstima ili punim stopalom) tijekom hoda uz stepenice bez i s opterećenjem te identificirati najčešće korištene vrste inicijalnog kontakta stopala sa stepenicom u uzorku sudionika.

**Ispitanici i metode:** U istraživanju je sudjelovalo 30 ispitanika u dobi između 19 i 23 godine. Podatci su se prikupljali snimanjem pomoću mobilnog telefona te se zatim uveli u biomehanički program Kinovea. Dobiveni rezultati obrađeni su u programu Excel. Analiza podataka uključuje deskriptivnu statistiku te hi-kvadrat test za zavisne uzorke na razini značajnosti  $p < 0,05$ .

**Rezultati:** Pri hodu uz stepenice bez otpora, veći broj ispitanika imao je inicijalni kontakt prstima, dok je pri hodu uz stepenice s otporom, jednak broj ispitanika imao inicijalni kontakt prstima kako i punim stopalom. Rezultati su pokazali da su vrste inicijalnih kontakata sa stepenicom pri hodu uz stepenice u mlađih osoba u približnim brojkama, kako bez, tako i s opterećenjem. Također, pri hodu uz stepenice s opterećenjem, dodatni otpor kod sportaša nije imao nikakav utjecaj, već samo kod nesportaša.

**Zaključak:** Otpor svakako utječe na položaj stopala prilikom inicijalnog kontakta sa stepenicom, ali u nekoj mjeri.

**Ključne riječi:** hod uz stepenice, inicijalni kontakt, opterećenje, osobe mlađe životne dobi

## **SUMMARY**

**Introduction:** Walking is the active movement of the body with alternating motions of the lower limbs, usually resulting in transferring the body from one place to another. Walking on stairs represents a physically more demanding activity compared to walking on a flat surface. Specifically, during this activity, the muscle system of the lower extremities must exert additional force to overcome the variable heights and depths of each step.

**Objectives:** The aim of this research was to examine the initial contact (with fingers or full foot) during stair ascent both without and with a load, and to identify the most commonly used types of initial foot contact with the step in the participants' sample.

**Subjects and methods:** The study involved 30 participants aged between 19 and 23 years. Data was collected by recording using a mobile phone and then imported into the biomechanical software Kinovea. The obtained results were analyzed using Excel. Data analysis included descriptive statistics and a chi-square test for dependent samples at a significance level of  $p < 0.05$ .

**Results:** During stair ascent without resistance, a greater number of participants had initial contact with their toes, while during stair ascent with resistance, an equal number of participants had initial contact with their toes and the full foot. The results indicated that the types of initial contacts with the step during stair ascent in younger individuals were approximately the same, both with and without a load. Additionally, during stair ascent with a load, additional resistance did not have any impact on athletes but only affected non-athletes.

**Conclusion:** Resistance certainly affects the position of the foot during the initial contact with the step, but to some extent.

**Key words:** initial contact, load, walking up the stairs, young people



## 1. UVOD

Hod je aktivno kretanje tijela naizmjeničnim pokretima donjih udova, što obično rezultira prenošenjem tijela s jednoga mjesta na drugo (1). Ciklus hodanja opisuje ciklički uzorak pokreta koji se događa tijekom hodanja. Jedan ciklus hodanja počinje kada peta jedne noge udari o tlo, a završava kada ista peta dodirne tlo ponovno. Hodanje zahtijeva zdravo funkcioniranje nekoliko tjelesnih sustava, uključujući mišićno-koštani, živčani, kardiovaskularni i respiratorni sustav. Ti sustavi pružaju ravnotežu, pokretljivost i stabilnost, kao i višu kognitivnu funkciju i izvršnu kontrolu. Gubitak zdrave funkcije hodanja može dovesti do pada, ozljeda, gubitka pokretljivosti i osobne slobode, te značajnog smanjenja kvalitete života (2).

Hodanje po stepenicama predstavlja fizički zahtjevniju aktivnost u usporedbi s hodanjem po ravnoj površini. Naime, tijekom te aktivnosti, mišićni sustav donjih ekstremiteta mora uložiti dodatnu snagu kako bi se prevladale promjenjive visine i dubine svake stepenice. Mišići kvadricepsa, gluteusa, te mišići potkoljenice igraju ključnu ulogu u fleksiji i ekstenziji kuka, koljena i stopala tijekom ovog procesa. Osim povećane potrebe za mišićnom snagom, hodanje po stepenicama zahtijeva i pojačanu ravnotežu i koordinaciju. Uključenost gornjeg tijela, osobito mišića trupa i ruku, također je bitna za održavanje stabilnosti tijekom ove aktivnosti. Kao rezultat toga, hodanje po stepenicama uključuje više mišića i zahtijeva kompleksnije ravnotežne i koordinacijske vještine u usporedbi s hodanjem po ravnom terenu (3).

U skladu s istraživanjem koje su proveli Ghor i Luckwill, nošenje tereta tijekom hodanja po ravnoj površini rezultira pojačanom aktivnošću mišića nogu, produženom elektromiografskom aktivnošću te promjenama u načinu hoda. Nošenje tereta mijenja centar ravnoteže tijela, što utječe na stabilnost tijekom hodanja. Kako bi se održala ravnoteža, dolazi do promjena u obrascima hodanja (4).

## 1.1. ZGLOBOVI

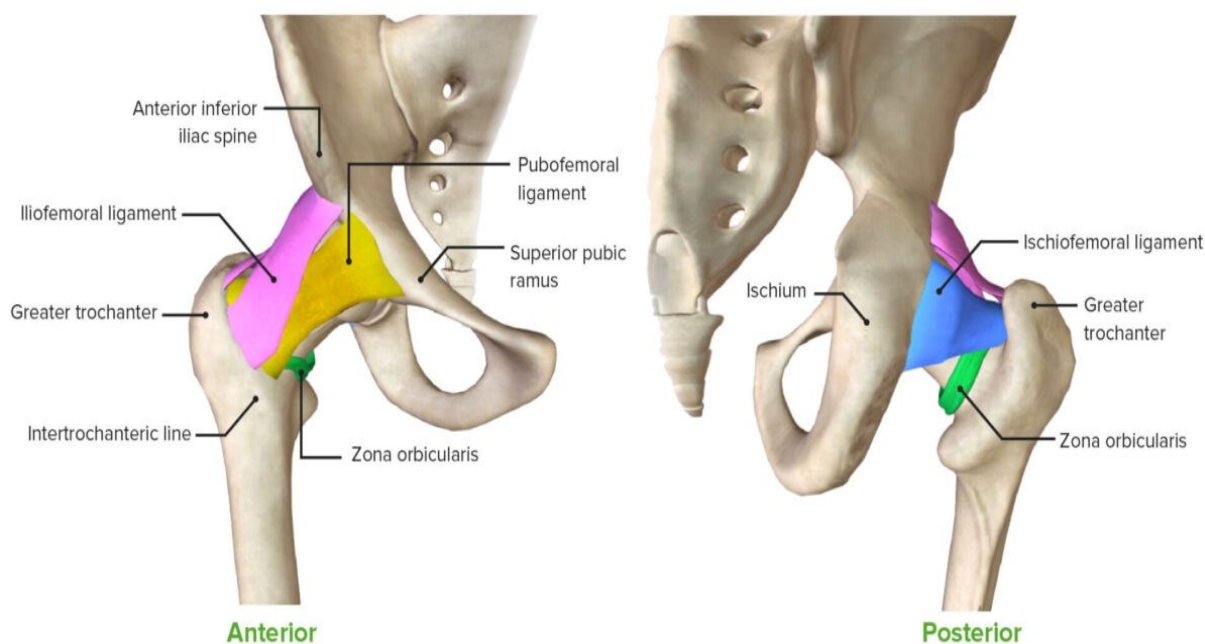
### 1.1.1. Zglob kuka

Zglob kuka, *art. coxae*, označava spoj bedrene kosti sa zdjeličnom kosti. Na zdjeličnoj kosti nalazi se konkavno zglobno tijelo - *acetabulum* koji ima oblik šuplje polukugle te je usmjeren prema dolje, lateralno i naprijed. Samo je *facies lunata* prekrivena zglobnom hrskavicom dok zglobnu ploštinu na rubu acetabula povećava *labrum acetabulare* - usna građena od vezivne hrskavice. *Caput femoris* je konveksno zglobno tijelo. Svojim oblikom odgovara dvjema trećinama kugle, a usmjeren je prema gore i medijalno (5,6,7).

Zglobna čahura ima čvrstu građu i tipične inzercije. Vanjski sloj čahure, *membrana fibrosa*, hvata se na zdjelici neposredno uz *labrum*, a na *femuru* se hvata nešto dalje od zglobne hrskavice. Fibrozni sloj također ima tri zadebljanja u obliku ligamenata te jedno u obliku prstena:

1. *Lig. iliofemorale* smješten je s prednje strane zgloba te predstavlja najjaču vezu u ljudskom tijelu. Njegova vlakna u obliku lepeze pružaju se prema dolje i to u tri dijela: medijalni, lateralni i srednji. Tako medijalni ograničava retrofleksiju *femura*, a lateralni adukciju i vanjsku rotaciju.
2. *Lig. pubofemorale* nalazi se na donjoj strani zgloba. Pruža se prema lateralno i dolje te se spaja s medijalnim dijelom iliofemoralnog ligamenta. Njegova je funkcija ograničavanje abdukcije *femura*.
3. *Lig. ischiofemorale* pozicioniran je na stražnjoj strani čahure. Pruža se gore i koso prema hvatištu lateralnog dijela iliofemoralnog ligamenta, a ograničava unutarnju rotaciju.
4. *Zona orbicularis* prstenasta je tvorba koja okružuje vrat *femura*, a funkcija joj je da podupire *caput femoris* u *acetabulumu*.

*Membrana synovialis* također polazi s vanjskog ruba zglobne usne, a vrat *femura* oblaže sve do ruba zglobne hrskavice (5,6,7).



**Slika 1.** Zglob kuka

Izvor: <https://www.lecturio.de/artikel/medizin/anatomie-des-huftgelenks-articulatio-coxae/>

Ovaj zglob je *enarthrosis sphaeroidea* što je podvrsta sferoidne artikulacije. *Acetabulum* predstavlja vrlo duboku jamu koja prekriva velik dio površine na glavi *femura*. Zbog toga su kretnje ograničene. Međutim, kretnje su moguće u svim smjerovima i u različitim ravninama. Oko poprečne osi izvodi se fleksija ( $80^{\circ}/130^{\circ}$ ) i ekstenzija ( $13^{\circ}$ ), oko sagitalne osi abdukcija ( $40^{\circ}$ ) i adukcija ( $10^{\circ}$ ) te oko uzdužne osi unutarnja rotacija ili pronacija ( $36^{\circ}$ ) i vanjska rotacija ili supinacija ( $13^{\circ}$ ). Također je moguća i cirkumdukcija (6).

### 1.1.2. Koljeni zglob

Koljeni zglob, *art. genus*, čine *femur* i *tibia* kao jača kost potkoljenice. U taj spoj uključena je i *patela* koja se nalazi s prednje strane i oslonjena je na distalni kraj *femura*. Koljeno je najveći i najsloženiji zglob u ljudskom tijelu. *Femur* i *tibia* za uzgobljavanje koriste svoje kondile, a u ovom slučaju su kondili *femura* konveksno zglobno tijelo. Zajednička obilježja kondila *femura* su sagitalni i poprečni konveksitet. Zakrivljenost u sagitalnom smjeru nije jednolika što znači da se radijusi zakrivljenosti skraćuju idući od sprijeda prema natrag te je zbog toga prednji dio slabije zakrivljen, a stražnji jače. Spajanjem svih tih centara u jednu

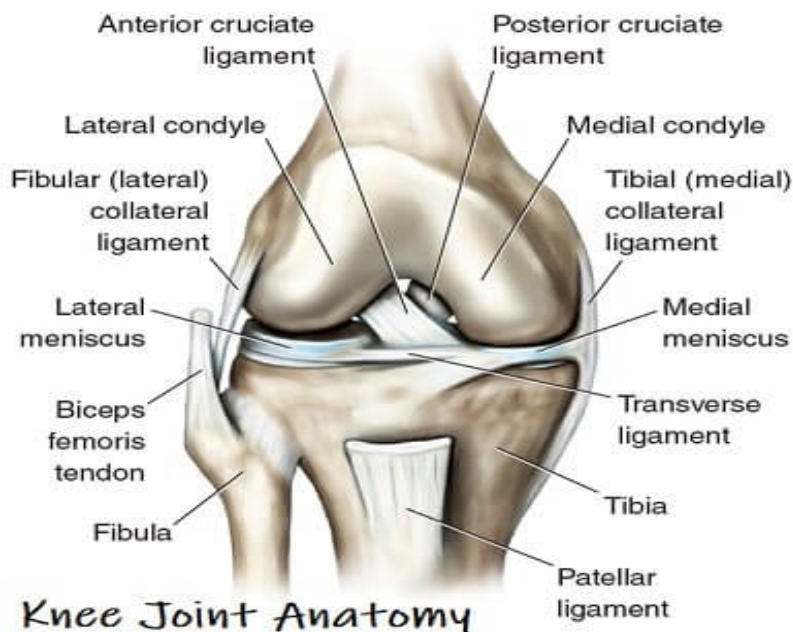
liniju dobiva se krivulja evoluta dok sagitalnom zavoju same zglobne ploštine odgovara krivulja evolventa (5,6,7).

Zglobne ploštine na kondilima *tibiae* koje su u kontaktu s kondilima *femura* nazivaju se *facies articulares superiores*. Medijalna ploština slabo je konkavna i ovalnog je oblika s duljom osi postavljenom sagitalno, a lateralna ploština je uglavnom ravna i donekle trokutastog oblika (6).

Samim opisom izgleda zglobnih ploština možemo zaključiti kako one nisu kongruentne. Zato se zglobne ploštine *tibiae* i *femura* dodiruju izravno samo središnjim dijelom, a periferno su između njih postavljene vezivnohrskavične pločice - menisci. *Meniscus medialis* je oblika otvorenog slova C. Njegova hvatišta su dosta udaljena, a samim time je i pokretljivost smanjena. *Meniscus lateralis* oblika je zatvorenog slova C. Njegova su hvatišta postavljena dosta bliže pa je zato i pokretniji. Menisci su na prednjoj strani spojeni s *ligamentum transversum genu*, a sa stražnje strane, od lateralnog meniskusa do medijalnog kondila *femura*, koso i gore pruža se *lig. meniscofemorale post* (5,6,7).

Neizostavni dio koljena je i *patela*. Za njeno uzgobljavanje na *femuru* se nalazi *facies patellaris* koji ima veći lateralni i manji medijalni dio. U smjeru plitke brazde koja ih dijeli, ova zglobna ploština je konveksna. Na *pateli* se na stražnjoj strani nalazi *facies articularis*. Ova ploština ima vertikalni hrbat koji kliže po brazdi na *femuru* pri pokretima u koljenu (6).

Koljeno ima nekoliko vrlo bitnih ligamenata. *Lig. collaterale tibiale* je medijalna kolateralna veza koja je srasla s fibroznim slojem čahure, a također se drži i na medijalnom meniskusu. Druga postranična veza je *lig. collaterale fibulare*. Na prednjoj strani nalazi se *lig. patellae* koji predstavlja dio tetive *m. quadriceps* koja se proteže od *patele* do *tuberositas tibiae*. Stražnji dio čahure pojačava *lig. popliteum*. Prednja ukrižena veza, *lig. cruciatum anterius*, pruža se koso prema dolje, naprijed i medijalno, od unutarnje strane lateralnog kondila *femura* do *area intercondylaris ant.* na goljenici. *Lig. cruciatum posterius* proteže se od unutarnje strane medijalnog kondila *femura* prema dolje, natrag i lateralno do *area intercondylaris post* (5,6,7).



Slika 2. Koljeni zglob

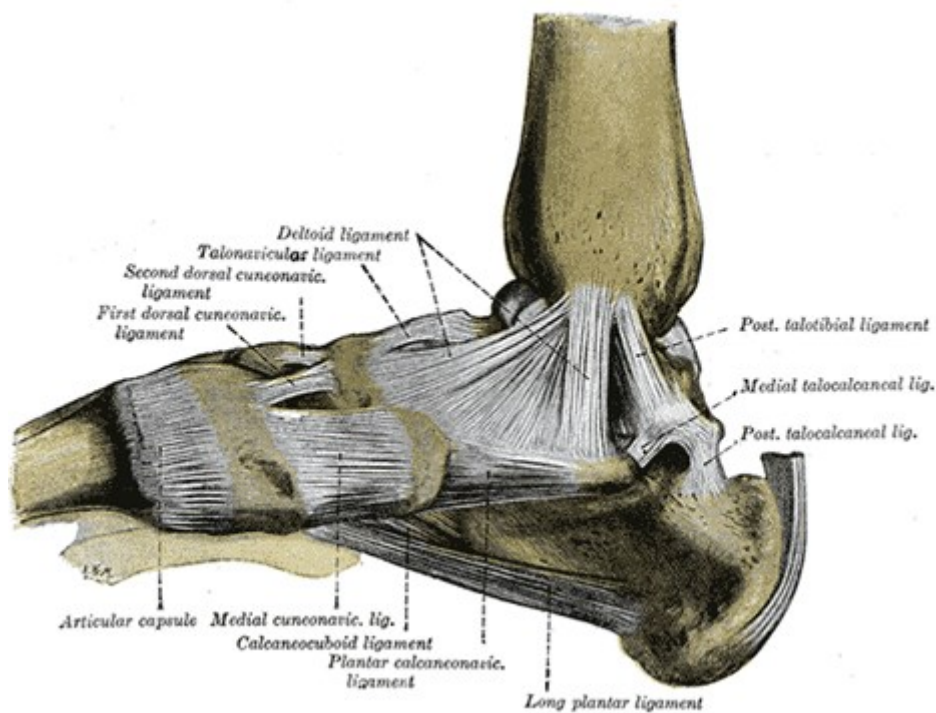
Izvor: <https://www.knee-pain-explained.com/knee-joint-anatomy.html>

Koljeni zglob funkcionalno je *trochoginglymus*. Oko poprečne osi moguća je fleksija ( $120^\circ$ ) i ekstenzija. Oko uzdužne osi *tibiae* moguća je i pronacija ( $10^\circ$ ) te supinacija ( $40^\circ$ ). Kretnje rotacije nisu moguće dok je koljeno u potpunoj ekstenziji jer su tada *ligg. collateralia* zategnuti. Pri flektiranom koljenu između inercija ovih ligamenata na *femuru* i *tibiji* nalaze se stražnji dijelovi kondila *femura* kojima je radijus zakrivljenosti kraći. Zbog toga se hvatišta kolateralnih ligamenata približavaju i opuštaju te je tada moguća rotacija u koljenu (6).

### 1.1.3. Gornji nožni zglob

Gornji nožni zglob, *art. talocruralis*, spoj je između kostiju potkoljenice i stopala. Konkavno zglobno tijelo čine ploštine na kostima potkoljenice, njih 3: *facies articularis malleoli* na *fibuli* te *facies articularis inferior* i *facies articularis malleoli* na *tibiji*. *Ligg. tibiofibularia, anterius et posterius* upotpunjuju ovo konkavno zglobno tijelo. Konveksno zglobno tijelo je *trochlea tali* koja ima 3 ploštine – gornju, medijalnu i lateralnu. Gornja ploha je kongruentna s *facies articularis inferior* na *tibiji*, a bočne plohe uzglobljavaju se s *facies articularis malleoli* koji se nalaze na obje potkoljene kosti. *Trochlea* svojim oblikom odgovara valjku koji stoji poprečno. Njezina gornja ploha sprijeđa ima veću širinu u odnosu na stražnji dio što pridonosi stabilnosti u uspravnom stavu (5,6,7).

*Lig. deltoideum* je medijalna kolateralna veza čija vlakna kreću od medijalnog maleola i pružaju se u obliku lepeze. Pa tako *pars tibionavicularis* završava na čunastoj kosti, *pars tibiocalcanea* na *sustentaculumu tali* petne kosti, a *pars tibiotalaris* na talusu ispod medijalne plohe zglobne ploštine. Lateralnu kolateralnu vezu, za razliku od medijalne, predstavljaju 3 zasebna ligamenta. Svi polaze s lateralnog maleola. *Lig. talofibulare anterius* pruža se naprijed i završava na lateralnom dijelu vrata talusa. *Lig talofibulare posterius* spaja fibularni maleol i lateralnu kvržicu na *processus posterior tali* te *lig. calcaneofibulare* koji se hvata na lateralnoj površini petne kosti (5,6,7).



Slika 3. Donji nožni zglob

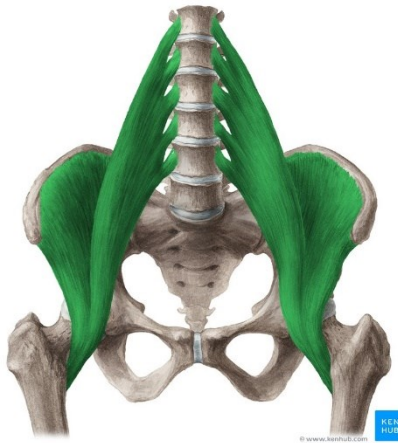
Izvor: [https://theodora.com/anatomy/talocrural\\_articulation\\_or\\_ankle\\_joint.html](https://theodora.com/anatomy/talocrural_articulation_or_ankle_joint.html)

Gornji nožni zglob je *ginglymus* što znači da su moguće kretnje dorzalna fleksija (25°) i plantarna ekstenzija (50°). Os gibanja leži poprečno te prolazi kroz oba maleola. Pri fleksiji stopala, prednji dio *trochleae* koji je širi nalazi se između maleola što znači da je *talus* stiješnjen između maleola. Obratno, prilikom ekstenzije stopala, između maleola nalazi se uži dio *trochleae tali* te je stopalo tada slobodnije (6).

## 1.2. MIŠIĆI

Uz zglobove, najbitnije tvorbe pri kretanju su mišići bez kojih kretanje ne bi bilo moguće. Pri kretanju po stepenicama do izražaja dolaze neki bitniji mišići: *m. iliopsoas*, *m. gluteus maximus*, *m. quadriceps femoris*, *hamstrings*, *m. triceps surae* te *m. tibialis anterior* uz razne sinergiste i stabilizatore (8).

*M. iliopsoas* spada pod unutrašnje mišiće kuka. Sastoji se od dva mišića: *m. psoas major* i *m. iliacus*. *M. psoas major* polazi s lumbalnih kralježaka dok *m. iliacus* polazi s *fossae iliacae*, a zajedničko im je hvatište na *trochanter minoru* natkoljene kosti. Njihova funkcija je fleksija i supinacija natkoljenice te kod zamjene hvatišta funkcija je fleksija zdjelice i trupa prema naprijed. Inervirani su od strane *n. femoralisa* i *plexus lumbalis* (5,6,7).



Slika 4. *M. iliopsoas*

Izvor: <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/iliopsoas-muscle>

*M. gluteus maximus* vanjski je mišić kuka i najveći od triju glutealnih mišića. Polazište mu je sa stražnje strane bočne kosti, trtične kosti i *sacruma*, a hvata se na *tuberositas glutea* na *femuru* i preko *tractus iliotibialis* na tibiju. Funkcija ovog velikog mišića je ekstenzija i supinacija natkoljenice te ekstenzija potkoljenice. Inervira ga *n. gluteus inferior* (5,6,7).



Slika 5. M. gluteus maximus

Izvor: <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/gluteus-maximus-muscle>

*M. quadriceps femoris* veliki je mišić prednje skupine natkoljenice koji ima četiri glave, odnosno, sastoji se od 4 mišića: *m. rectus femoris*, *m. vastus medialis*, *m. vastus lateralis* i *m. vastus intermedius*. *M. rectus femoris* polazi sa *spinae iliaca anterior inferior*, *m. vastus medialis* s *labium mediale lineae asperae*, *m. vastus lateralis* s *labium laterale lineae asperae* te *m. vastus intermedius* s prednje strane *femura*. Sve glave se ujedinjuju i zajedno hvataju na *tuberositas tibiae*. Funkcija ovog mišića je fleksija natkoljenice u kojoj sudjeluje samo *m. rectus femoris* te ekstenzija potkoljenice u kojoj sudjeluju svi mišići *quadricepsa*. Inerviran je od strane *n. femoralis* (5,6,7).

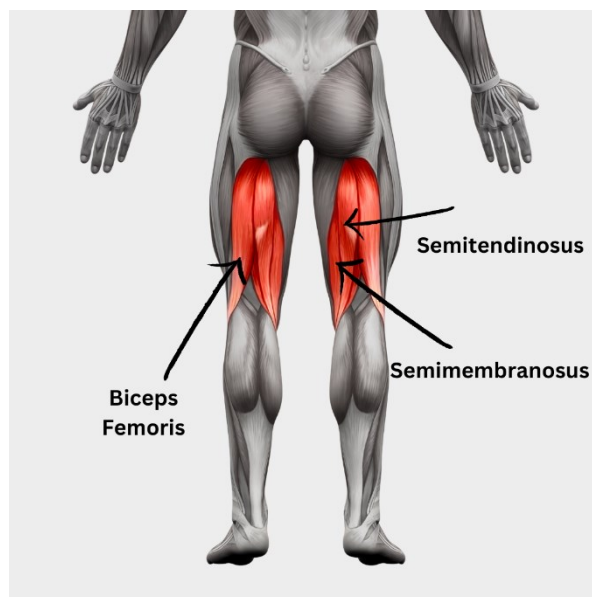


Slika 6. M. quadriceps femoris

Izvor: <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/the-quadriceps-femoris-muscle>



*Hamstrings* je naziv za mišiće stražnje skupine natkoljenice, a sastoji se od *m. semitendinosusa*, *m. semimembranosusa* te *m. biceps femorisa* koji ima dvije glave: *caput longum* et *caput breve*. *M. semitendinosus* i *m. semimembranosus* zajedno polaze s *tuber ischiadicuma*, jednako kao i duga glava *biceps femorisa*, dok *caput breve* polazi s *labium laterale lineae asperae*. *M. semitendinosus* hvata se na *pes anserinus* tibije, *m. semimembranosus* na medijalni kondil *tibiae* te obje glave *bicepsa femorisa* završavaju na glavi *fibulae*. Zajedničke funkcije ovih mišića su ekstenzija natkoljenice te fleksija potkoljenice. Uz to, *m. semitendinosus* et *semimembranosus* proniraju potkoljenicu dok je *m. biceps femoris* supinator potkoljenice. Sva 3 mišića inervirana su od strane *n. ischiadicusa* (5,6,7).



Slika 7. Hamstrings

Izvor: <https://maximisephysio.com/physio-blog/a-guide-to-hamstring-strains>

*M. triceps surae* troglavi je mišić stražnje skupine potkoljenice koji se sastoji od 2 mišića: *m. gastrocnemius* i *m. soleus*. *M. gastrocnemius* polazi s medijalnog i lateralnog kondila *femura*, a *m. soleus* sa stražnje plohe *tibiae* i *fibulae*. Zajedno se hvataju na *tuber calcanei*. Zajednička im je funkcija ekstenzija i supinacija stopala, a pošto *m. gastrocnemius* prelazi i preko koljenog zgloba, izvodi i fleksiju potkoljenice. *M. triceps surae*, oba njegova mišića, inervira *n. tibialis* (5,6,7).



**Slika 8.** M. triceps surae

Izvor: <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/triceps-surae-muscle>

*M. tibialis anterior* mišić je prednje skupine potkoljenice. Polazi s lateralne površine *tibiae* i *membranae interossee*, a hvata se na bazu 1. metatarzalne kosti. Njegova funkcija je dorzalna fleksija i supinacija stopala. Inervira ga *n. peroneus profundus* (5,6,7).



**Slika 9.** M. tibialis anterior

Izvor: <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/tibialis-anterior-muscle>

### 1.3. HOD PO RAVNOM

Ciklus hoda je vrijeme od kada peta jednog stopala dotakne tlo do trenutka kada ista peta ponovno dotakne tlo. Ciklus hoda podijeljen je u dvije faze- faza oslonca (60% ciklusa hoda) i faza njihanja koje se dalje dijele na podfaze: inicijalni kontakt, reakcija na opterećenje, srednje stajanje, završno stajanje, predzamac te početni, srednji i završni zamah (9).

Hodanje pripada skupini cikličkih gibanja te svaki taj ciklus predstavlja niz povezanih bilateralnih gibanja koja se ponavljaju naizmjenice koristeći tvrdu podlogu. Osnovna značajka hodanja je ponavljanje gibanja u jednakim prostornim i vremenskim intervalima. Prostorne i vremenske odrednice hoda izražene su nizom povezanih gibanja gdje se opaža odupiranje objema nogama pa zatim samo jednom nogom. U prijevodu je to niz koraka koji slijede jedan za drugim. Kao što je već navedeno, hodanje se dijeli na dva perioda:

- 1) period oslonca objema nogama;
- 2) period oslonca jednom nogom.

Prvi period, ako se gibanje ubrzava, traje kratko dok drugi period traje duže. Takva tvrdnja je i logična uzevši u obzir da je u drugom periodu težina tijela u potpunosti na jednoj nozi dok druga slobodna prolazi kroz zrak. Prilikom perioda na dvije noge, dok još okomica težišta tijela pada između dvije noge, stražnje se stopalo naglo ekstendira koncentričnom kontrakcijom *m. triceps surae* gurajući nogu prema gore i naprijed kako bi prešla u njihanje. Kako se noga pomiče tako se i tijelo pomiče prema gore i naprijed te se pod utjecajem inercije tako pomiče i težište. Tada kreće period oslonca na jednoj nozi. Stražnja je noga tako njišuća sve dok petom ne dotakne podlogu ispred noge koja je nosila težinu tijela. Noge su zamijenile pozicije, a težište tijela je pomaknuto za duljinu koraka (10).

Prilikom oslonca na dvije noge, stražnje stopalo oslonjeno je na prste i prednji dio stopala, a prednje stopalo na petu te poslije vanjski rub stopala. U tom periodu u prednjoj nozi aktivni su mišići ekstenzori prstiju te *m. tibialis anterior*. Aktivan je i *m. quadriceps femoris* koji sprečava fleksiju koljena svojim malim kontrakcijama, a *m. gluteus maximus* sprečava padanje zdjelice i trupa prema naprijed. Istovremeno u stražnjoj nozi aktivan je *m. triceps surae* koji održava plantarnu ekstenziju stopala. Sada je i u stražnjoj nozi aktivan *m. quadriceps femoris* koji kontrolira pasivnu fleksiju za koju je zaslužna gravitacija. *Hamstringsi* uz pomoć *m. gluteus maximusa* održavaju kuk u ekstenziji (10).

Zbog kontrakcije mišića i inercije tijelo se pomiče prema naprijed, a *m. triceps surae* ima glavnu funkciju: otiskuje stopalo od podloge i podiže petu uz pomoć *m. peroneus longus et brevis* i *m. tibialis posterior*. Noga koja se odiže postaje njišuća te se izvodi fleksija koljena i natkoljenice. U fazi njihanja glavni mišići su *m. tibialis anterior* i *m. extensor hallucis* koji dorzalno flektiraju stopalo, a *hamstringsi* flektiraju potkoljenu. Također i *m. rectus femoris* te *m. iliopsoas* flektiraju nogu u kuku. Nakon toga se *m. quadriceps femoris* naglo kontrahira kako bi zadnja noga postala prednja te ubrzo kontrakcija prestaje, a inercijom potkoljenica nastavlja ekstenziju (10).

U trenutku kontakta s površinom potkoljenica je gotovo sasvim opružena, stopalo je u maloj supinaciji i kontakt s površinom je ostvaren preko stražnje vanjske strane pete.

Važno je još spomenuti kako trup i rameni pojas izvode gibanje s rotacijom u suprotnu stranu u odnosu na zdjelicu. Ruke se također kreću slično ramenom pojasu u odnosu na zdjelicu, tj. gibanje ruku i ramenog pojasa poklapa se po vremenu i pravcu (10).

#### **1.4. HOD PO STEPENICAMA**

Hod po stepenicama uobičajena je aktivnost svakodnevnog života i nužna za održavanje neovisnosti u kućnom i zajedničkom okruženju. Međutim, takav hod može biti biomehanički zahtjevniji od hodanja po ravnoj površini (11).

Hodanje po stepenicama uključuje i faze zamaha i oslonca u kojima se napredak tijela ostvaruje alternativnim pokretima donjih ekstremiteta. Donje ekstremitete treba uravnotežiti i uskladiti s glavom, rukama i trupom, slično hodanju po ravnom terenu (3).

Stupnjevanje hodanja po stepenicama je podijeljeno na:

A. Fazu oslonca

B. Fazu koraka.

Faza oslonca podijeljena je na: a) prihvaćanje tjelesne težine, b) povlačenje prema gore i c) nastavak prema naprijed. Faza koraka podijeljena je na a) podizanje stopala i b) postavljanje stopala (3).

Trenuci oslonca tijekom uspinjanja stepenicama, spuštanja stepenicama i hodanja po ravnoj podlozi pokazuju približno iste uzorke, ali je veličina momenata veća u hod

stepenicama. Stoga je tijekom hodanja stepenicama potrebna veća snaga mišića. Također, silazak niz stepenice uključuje apsorpciju energije i postiže se ekscentričnom aktivnošću istih mišića koji su koncentričnim kontrakcijama vodili tijelo uz stepenice (3).

#### 1.4.1. Hod uz stepenice

Hodanje uz stepenice u biomehaničkom smislu uključuje kompleksnu interakciju između ljudskog tijela i okoline kako bi se savladala visinska razlika stepenica. Za razliku od hodanja po ravnoj površini gdje se centar mase uglavnom gura horizontalno, uzlazak stepenicama zahtijeva da osoba gura centar mase i horizontalno i značajno više vertikalno, istovremeno kontrolirajući mediolateralno kretanje (pomicanje tijela s jedne noge na drugu, tj. prebacivanje težišta, kretanje kukova i ramena te kretanje ruku) i zamah nogu. Pravilan zamah nogu važan je kako bi se izbjegao kontakt s međustepenicom i kako bi se olakšalo pravilno postavljanje stopala. Neki radovi su pokazali da je dinamičku ravnotežu teže održavati prilikom hoda uz stepenice nego prilikom hoda po ravnoj površini što znači da je potreban veći doprinos mišića (11).

Početak ciklusa hoda uz stepenice uključuje podizanje stopala s donje stepenice. Započinje se nogom koja je čovjeku dominantnija te se prvo flektira u velikim zglobovima. Ovaj korak zahtijeva aktivaciju *m. rectus femorisa*, *m. iliopsoasa*, ali i *m. tibialis anteriora* kako bi se stopalo podignulo dovoljno visoko da se postavi na sljedeću stepenicu. Posljedično je flektirano i koljeno u kojem je sada gravitacija vertikalizirala potkoljenicu te je stopalo iznad gornje stepenice. Noga se zatim punim stopalom spušta na gornju stepenicu što je posljedica djelovanja gravitacije. Tu kretanju kontrolira ekscentrična kontrakcija fleksora zgloba kuka. Oslonac je time na dvije noge dok je težina na stražnjoj nozi. Trup se nakon toga naginje prema naprijed (opet dozvoljavamo gravitaciji) kako bi se težina prebacila nad gornjom prednjom nogom, a to ekscentričnom kontrakcijom kontroliraju ekstenzori trupa u zglobu kuka. Prebacivanje težine na prednju nogu ekscentričnom kontrakcijom kontroliraju *m. gluteus maximus*, *m. quadriceps femoris* i *m. soleus*. Zatim se podiže peta druge noge kontrakcijom *m. triceps surae* koja tijelo gura naprijed i u vis te se time težina u potpunosti prebacila nad prednju nogu. Čim se težina prebacila, *m. quadriceps femoris* ekscentrično kontrolira fleksiju potkoljenice. Zatim koncentrična kontrakcija *m. quadriceps femorisa* izvodi ekstenziju potkoljenice te se tako tijelo podiže na gornju stepenicu. Istovremeno se događa i ekstenzija natkoljenice koju koncentrično izvodi *m. gluteus maximus* što rezultira potpunim izravnanjem stražnje noge, ali i cijelog tijela. Također se u isto vrijeme i gornji nožni zglob mora pravilno

postaviti, a u tom sudjeluje *m. soleus* koji izravna potkoljenu u odnosu na stopalo te su sada i oslonac i težina na prednjoj nozi (12).

Cijeli ciklus se ponavlja kako bi se postupno savladavala visinska razlika stepenica. Svaki korak uključuje kontinuirane aktivacije mišića različitih dijelova tijela, uključujući mišić nogu i stopala, ali i trbušne mišiće. Hodanje uz stepenice zahtijeva preciznu koordinaciju mišića i ravnotežu kako bi se osigurala stabilnost tijekom cijelog procesa. Tijelo se prilagođava promjenama visine stepenica i kontinuirano održava ravnotežu kako bi se izbjegle ozljede (13).

#### 1.4.2. Hod niz stepenice

Hod niz stepenice zahtijeva visoke momente zglobova donjih udova, ali umjesto skraćivanja radi pomoći u kretanju, kao što je slučaj kod hoda po ravnom i hoda po stepenicama, aktivni mišići se izdužuju radi apsorpcije kinetičke energije koja se stvara prilikom silaska sa stepenice. Hodanje niz stepenice uključuje kinetički lanac u kojem se energija generira i prenosi kroz tijelo kako bismo se uspješno kretali. Sila stvarana pri silaženju mora biti kontrolirana, a mišići djeluju kao kočnice kako bi se smanjila opterećenja na zglobove (14).

Pri pristupu stepenicama, osoba prilazi rubu prve stepenice i usklađuje svoj korak s visinom i dubinom stepenica. Pogledom unaprijed procjenjuje visinu svake stepenice kako bi pravilno prilagodila korake (15).

Hod niz stepenice isto tako kreće dominantnijom nogom. Koncentričnom kontrakcijom *m. iliopsoas* i *m. rectus femoris* izvodi se fleksija natkoljenice u zglobu kuka prednje noge, a težina i oslonac su na stražnjoj nozi. Koncentričnom kontrakcijom *m. quadriceps femoris* prednje noge ekstendira se potkoljenica te se istovremenom koncentričnom kontrakcijom *m. tibialis anteriora* izvodi pokret dorzalne fleksije stopala. Dozvoljavamo gravitaciji da flektira velike zglobove donjeg ekstremiteta koji nosi težinu, a te pokrete kontroliraju *m. gluteus maximus*, *m. quadriceps femoris* te *m. soleus* ekscentričnim kontrakcijama. Tijelo se tako spušta dok prednja noga petom ne dotakne stepenicu na koju se spuštamo te je tada oslonac na dvije noge dok je težina i dalje na stražnjoj nozi. Zatim se koncentričnom kontrakcijom *m. soleusa* stražnje noge prebacuje težina sa stražnje na prednju nogu i to odizanjem pete i guranjem tijela prema naprijed. Posljedično se cijelo stopalo spušta na stepenicu. Time je oslonac na dvije noge, a težina na prednjoj nozi. Zatim se u stražnjoj nozi započinje fleksija u kuku, koljenu i gornjem nožnom zglobu čime se kreće u novi korak (12).

Cijeli ciklus postavljanja stopala na sljedeću stepenicu, prenošenja težine i kontroliranog spuštanja ponavlja se za svaku stepenicu dok se osoba spušta niz stepenice. Hodanje niz stepenice zahtijeva dobru ravnotežu zbog promjene visina koraka i promjene smjera kretanja. Održavanje stabilnosti zahtijeva koordinaciju mišića, propriocepciju (svijest o položaju tijela) te vizualnu percepciju okoline. Mišići trupa igraju ključnu ulogu u održavanju ravnoteže tijekom ovog procesa. Također, ruke mogu biti uključene za dodatnu ravnotežu (3).

## 1.5. HOD PO STEPENICAMA UZ OTPOR

Prema Ghoriju i Luckwillu, aktivnost mišića nogu se povećava, a elektromiografska aktivnost koja je u tijeku produljuje se tijekom ravnog hodanja s opterećenjem. Osim toga, držanjem tereta podiže se težište tijela i hodanje postaje nestabilnije. Kao rezultat toga, radi održavanja stabilnosti hoda, dolazi do promjena hoda kao što je smanjenje vremena zamaha ili povećanje vremena dvostrukog oslonca. (4) Iz gore navedenog, pretpostavlja se da uspon i silazak stepenicama s teretom stvara veće promjene u hodu nego ravno hodanje i da rezultira većom nestabilnošću (16).

Potrošnja energije i aktivnost mišića *m. erector spinae* i *m. gastrocnemiusa* povećavaju se prilikom hodanja s opterećenjem. Hodanje s opterećenjem često dovodi do promjena u ravnoteži tijela pa tako *m. erector spinae* koji pomažu u održavanju uspravnog položaja kralježnice, radi intenzivnije kako bi kompenzirao dodatnu težinu i održao stabilnost tijekom hodanja. Dodatni teret povećava opterećenje na tijelo uz silu gravitacije koja djeluje na tijelo. *M. gastrocnemius* mora stvarati veći potisak prema dolje kako bi se podiglo tijelo i teret, što rezultira većom aktivacijom ovog mišića. Stoga se zaključuje da hodanje s opterećenjem stavlja veliki teret na donje udove. Ghor i Luckwill izvijestili su da se tjelesni centar gravitacije podiže pri držanju teških tereta i da hodanje postaje nestabilno (4).

Faza oslonca i faza dvostrukog oslonca povećava se s opterećenjem tijekom hodanja po ravnoj površini i tijekom penjanja i spuštanja po stepenicama. Penjanje i spuštanje po stepenicama je nestabilnije u usporedbi s hodanjem po ravnoj površini bez obzira na težinu opterećenja (17). Osim toga, utjecaj opterećenja na hodu postaje očit kod opterećenja većeg od 60% tjelesne mase tijekom hodanja po ravnoj površini i dok se penjemo i spuštamo po stepenicama (4).

## 2. CILJEVI I HIPOTEZE

C1: ispitati kontakt stopala s podlogom (prstima ili punim stopalom) tijekom hoda uz stepenice te identificirati najčešći obrazac inicijalnog kontakta stopala sa stepenicom u uzorku sudionika

C2: ispitati kontakt stopala s podlogom (prstima ili punim stopalom) tijekom hoda uz stepenice s opterećenjem te identificirati najčešći obrazac inicijalnog kontakta stopala sa stepenicom u uzorku sudionika

C3: utvrditi postoji li značajna razlika u poziciji stopala prilikom inicijalnog kontakta sa stepenicama tijekom hoda uz stepenice s i bez opterećenja

Na temelju navedenih ciljeva, definirane su sljedeće hipoteze:

H1: tijekom hoda uz stepenice bez opterećenja, najčešći obrazac inicijalnog kontakta stopala sa stepenicom je prstima

H2: tijekom hoda uz stepenice s opterećenjem, najčešći obrazac inicijalnog kontakta stopala sa stepenicom je punim stopalom

H3: postoji značajna razlika u poziciji stopala prilikom inicijalnog kontakta sa stepenicama tijekom hoda uz stepenice s i bez opterećenja



### 3. ISPITANICI I METODE

#### 3.1. Ispitanici

Istraživanje se provelo na 30 ispitanika mlađe životne dobi. Kriteriji uključenja bili su: muški i ženski spol, dob od 19 do 23 godine, mogućnost hoda po stepenicama bez pomagala. Kriteriji isključenja: korištenje pomagala za hod, prijašnje ozljede koje onemogućuju normalan hod. Uzorak je prigodni, osobe mlađe životne dobi iz uže okoline.

#### 3.2. Postupak i instrumentarij

Podatci su se prikupljali snimanjem pomoću mobilnog telefona te se zatim uvodili u biomehanički program Kinovea. Kinovea je organizirana oko četiri temeljne misije vezane uz proučavanje ljudskog kretanja: hvatanje, promatranje, bilježenje i mjerenje. Vrijeme u Kinovea programu može se prikazati u različitim jedinicama poput broja sličica u sekundi, ukupnih milisekundi od početka ili klasičnog formata vremenskog koda. Za videozapise koji su već u usporenom snimku jer su snimljeni kamerom velike brzine, skala vremena može se prilagoditi broju sličica u sekundi snimanja i sva vremena u programu odražavat će vrijednosti u stvarnom vremenu. Pomoću takve tehnologije moguće je preciznije odrediti inicijalni kontakt prstima ili punim stopalom odnosno varijablu pozicija stopala.

Prikupljanje podataka bilo je individualno, a svaki ispitanik dobio je jednostavnu i jasnu uputu da hoda uz stepenice kako i inače hoda u svakodnevnom životu.

Za ispitivanje 2. i 3. hipoteze, kod hoda uz stepenice s dodatnim otporom, koristila su se 2 utega od 5 kg koji su se nosili bilateralno.

#### 3.3. Statistička obrada podataka

Varijabla pozicija stopala javlja se u sve 3 hipoteze, izražena je na nominalnoj ljestvici, a opisana je postotcima i apsolutnim frekvencijama.

Za istraživanje distribucije vrsta kontakta stopala tijekom penjanja stepenicama (H1 i H2) koristila se deskriptivna statistika. Koristeći izračunate postotke, rezultati su prikazani dijagramom kako bi se vidjelo koliko se često pojavljuje svaka vrsta inicijalnog kontakta stopala sa stepenicom.

Za testiranje H3 koristio se hi-kvadrat test za zavisne uzorke na razini značajnosti  $p < 0,05$ .

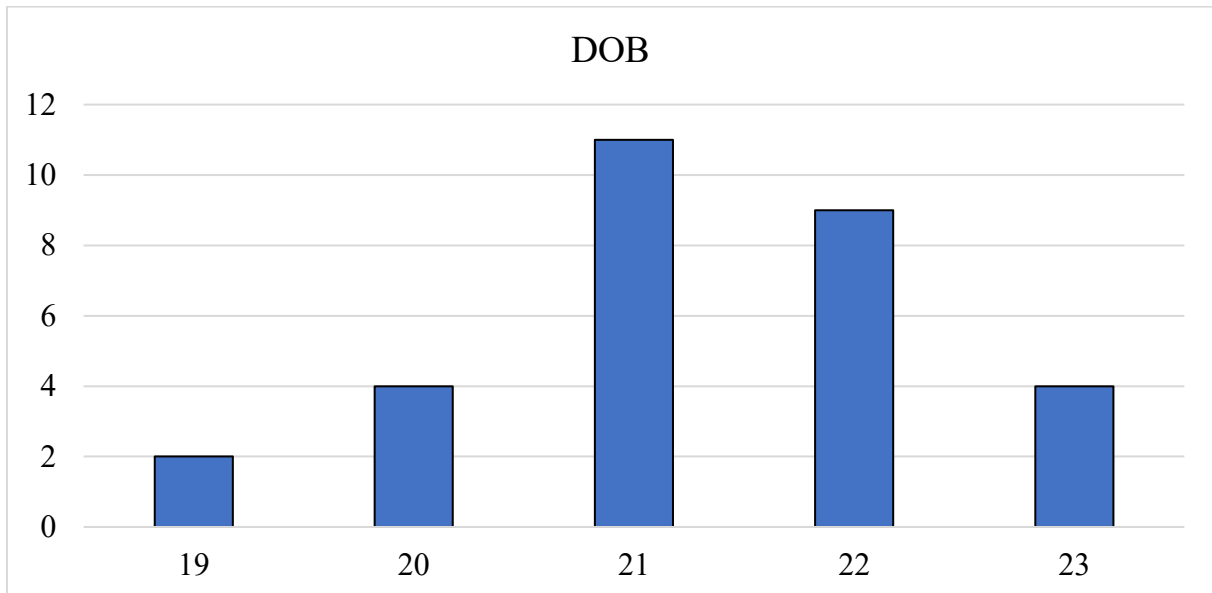
Za statističku obradu podataka koristio se program Excel.

### *3.4. Etički aspekti istraživanja*

Ispitanicima se prije samog testiranja dao na potpisivanje informirani pristanak kako bi potvrdili suglasnost za sudjelovanje u istraživanju, ali i za samo snimanje. Prikupljeni podaci (videozapisi) vidljivi su jedino ispitivaču, ujedno i autoru rada, a sami rezultati su vidljivi jedino u statističkom obliku te nisu otkriveni identiteti ispitanika. Istraživanje je niskog rizika te je za to potpisana suglasnost od strane mentora.

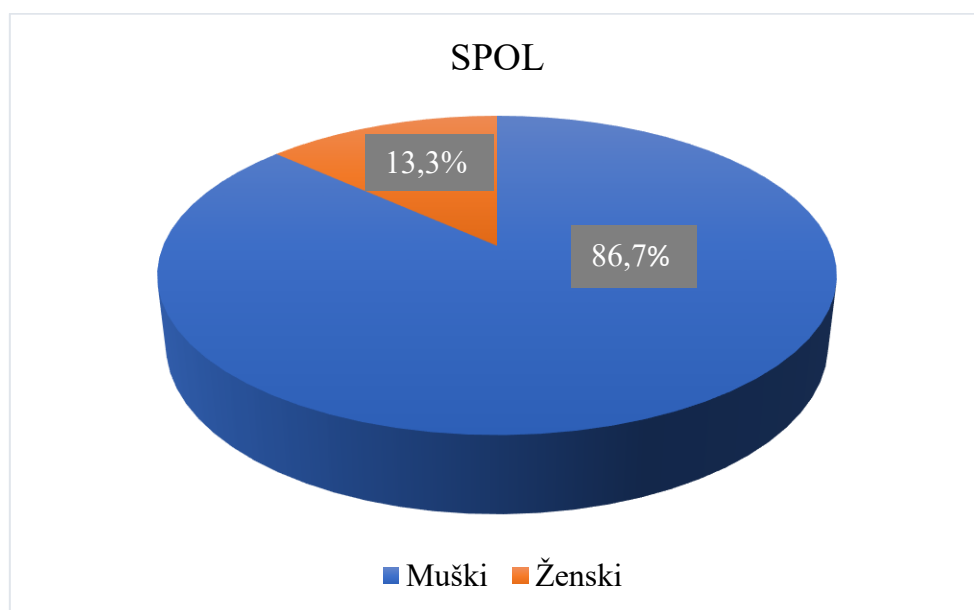
#### 4. REZULTATI

U istraživanju je sudjelovalo 30 ispitanika u dobi od 19 do 23 godine. Najveći broj ispitanika je dobi od 21 godine (36,7%), zatim od 22 godine (30%), jednako je bilo onih od 20 i 23 (13,3%) te najmanje ispitanika u dobi od 19 godina (6,7%) (Slika 10.).



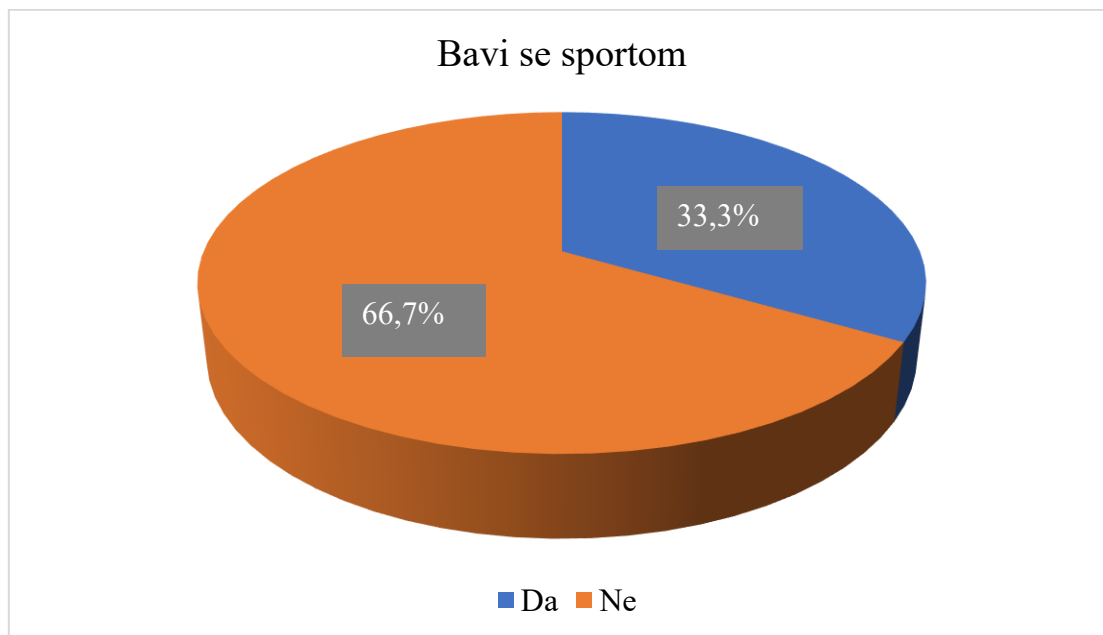
Slika 10. Prikaz ispitanika po dobi

Od 30 ispitanika, njih 4 odnosno 13,3% ženskog je spola, a ostatak, njih 26 odnosno 86,7%, muškog je spola (Slika 11.).



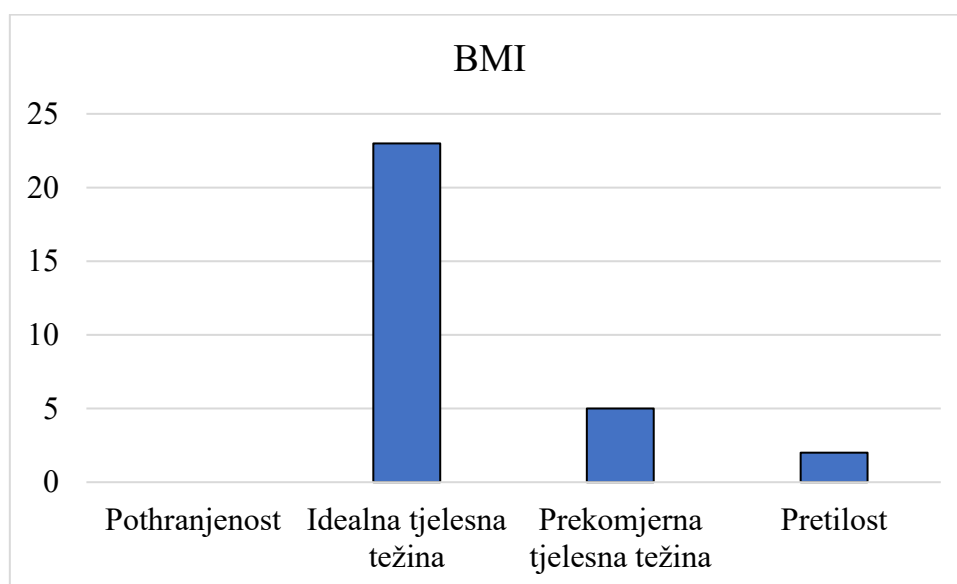
Slika 11. Prikaz ispitanika po spolu

U okviru provedenog istraživanja, sudjelovalo je 10 ispitanika (33,3%) koji se bave nekim sportom te 20 ispitanika (66,7%) koji se ne bave sportom (Slika 12.).



**Slika 12.** Prikaz ispitanika koji se bave ili ne bave sportom

Ako gledamo podjelu na sportaše i ne sportaše, onda treba uzeti u obzir i Body Mass Indeks (BMI). U ovom uzorku ispitanika nije bilo pothranjenih, no dvije su pretile osobe (6,7%). Onih s prekomjernom tjelesnom težinom bilo je 5 (16,7%), a idealnu tjelesnu težinu imala su 23 ispitanika (76,7%) (Slika 13.).

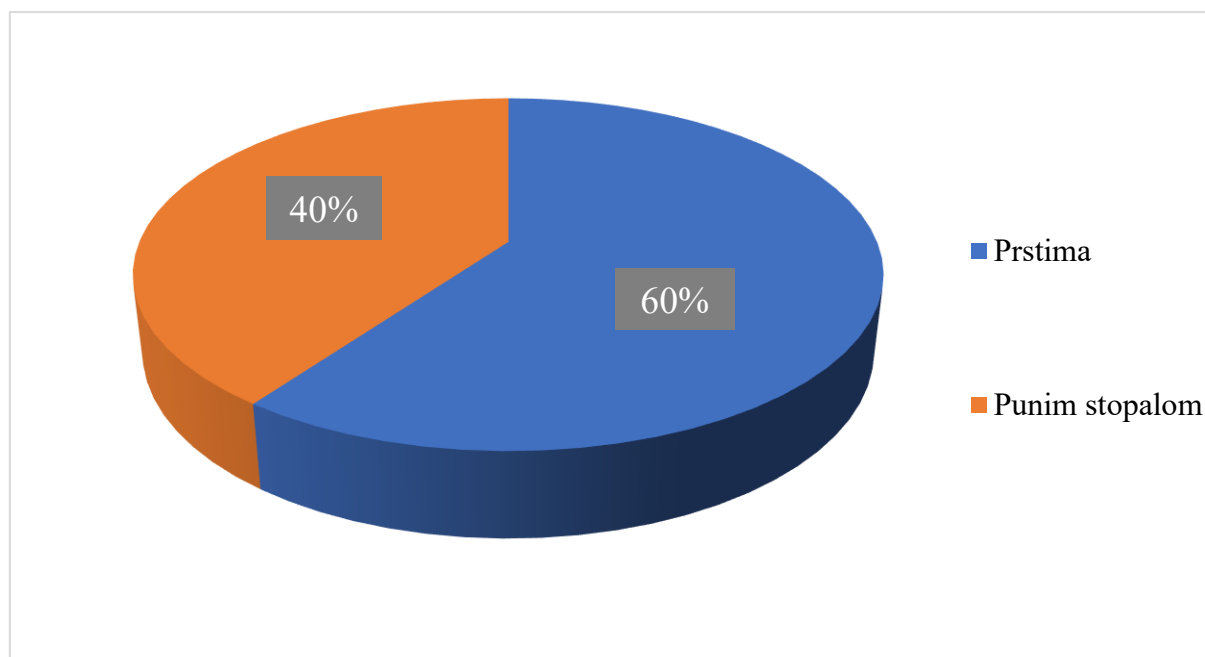


**Slika 13.** Podjela ispitanika po BMI skali

Prvi dio ispitivanja bio je hod uz stepenice bez otpora gdje je inicijalni kontakt sa stepenicom prstima imalo 18 ispitanika (60%) te inicijalni kontakt punim stopalom njih 12 (40%). U sljedećoj tablici prikazane su apsolutne frekvencije različitih inicijalnih kontakata sa stepenicom te u grafikonu ispod njihova podjela u postotcima.

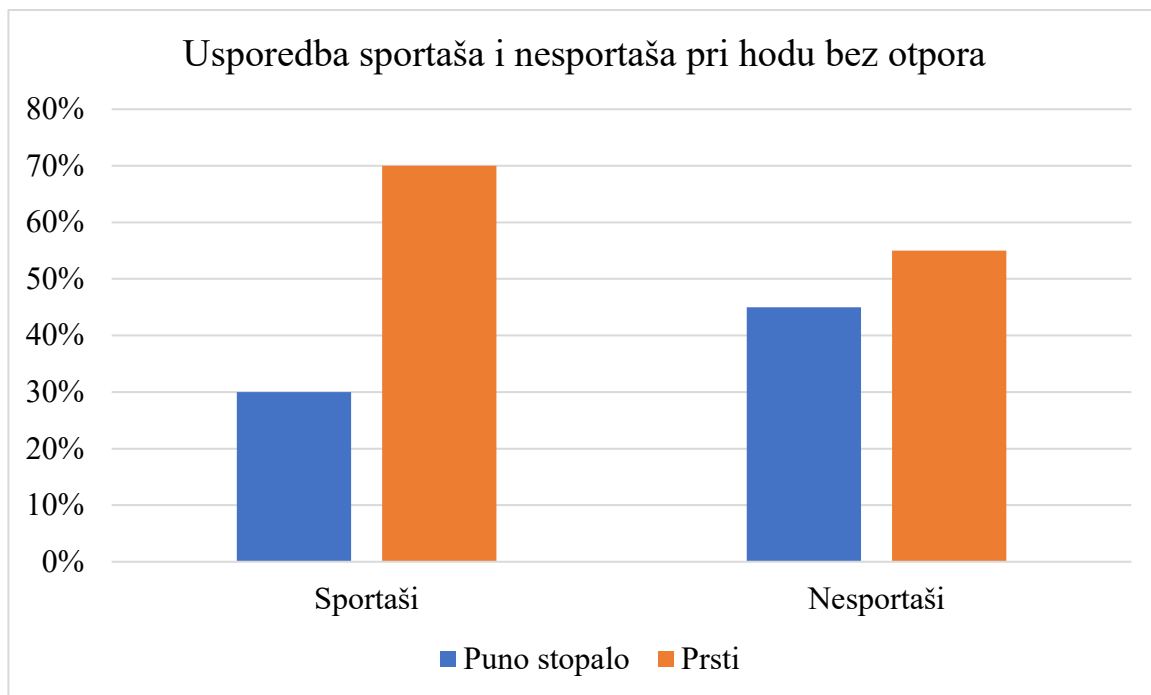
**Tablica 1.** Apsolutne frekvencije različitih inicijalnih kontakata sa stepenicom prilikom hoda uz stepenice bez otpora

Xi	fi
1 (prsti)	18
2 (puno stopalo)	12



**Slika 14.** Inicijalni kontakti sa stepenicom pri hodu uz stepenice izraženi u postotcima

Pošto su prikupljene informacije o tome koliko ima sportaša i nesportaša u istraživanju, napravljena je i usporedba za prvi dio istraživanja između ove dvije skupine ispitanika. Sportaša koji inicijalni kontakt ostvaruju stopalom je 30%, a nesportaša 45%. Sportaša koji inicijalni kontakt ostvaruju prstima je 70%, a nesportaša 55% (Slika 15.).

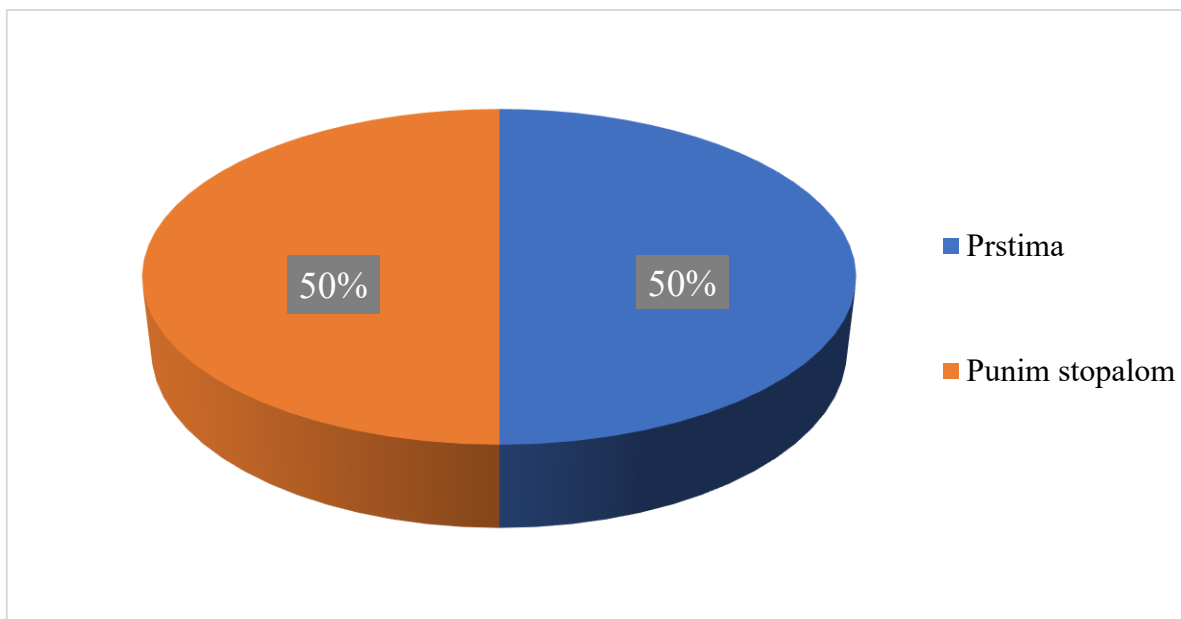


**Slika 15.** Usporedba sportaša i nespportaša pri hodu uz stepenice bez otpora

Drugi dio ispitivanja bio je hod uz stepenice s opterećenjem gdje je inicijalni kontakt sa stepenicom prstima imalo 15 ispitanika (50%) te isto toliko inicijalni kontakt punim stopalom (50%) U sljedećoj tablici prikazane su apsolutne frekvencije različitih inicijalnih kontakata sa stepenicom prilikom hoda uz stepenice s opterećenjem te u grafikonu ispod njihova podjela u postotcima.

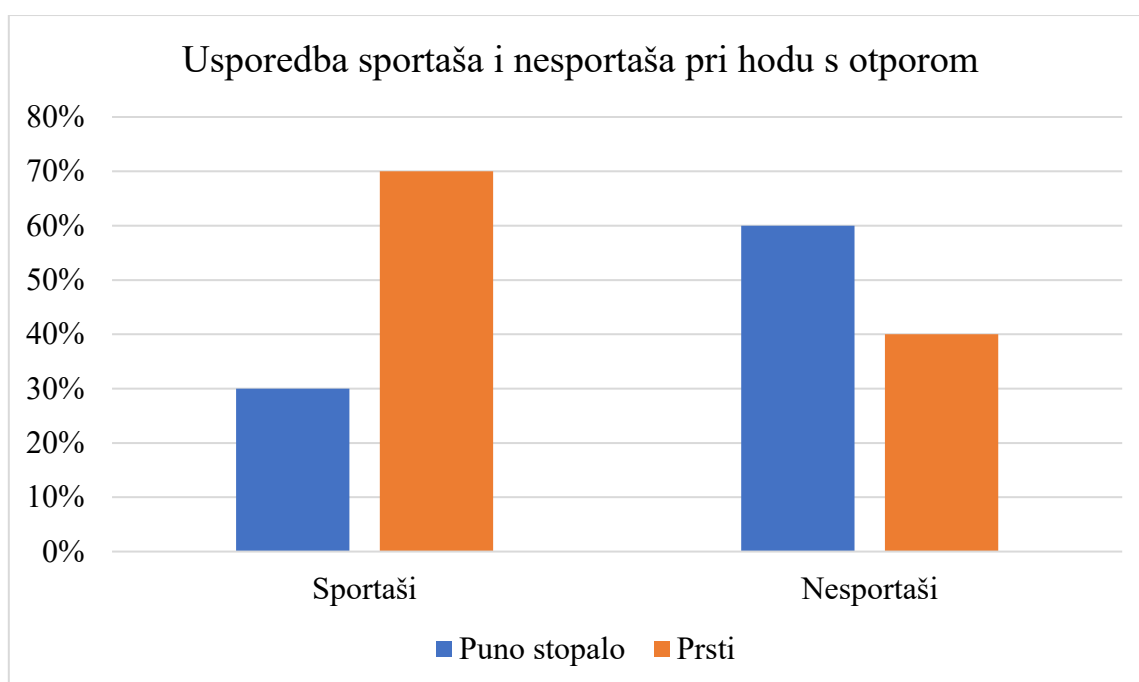
**Tablica 2.** Apsolutne frekvencije različitih inicijalnih kontakata sa stepenicom prilikom hoda uz stepenice s opterećenjem

$X_i$	$f_i$
1 (prsti)	15
2 (puno stopalo)	15



**Slika 16.** Inicijalni kontakti sa stepenicom pri hodu uz stepenice s opterećenjem izraženi u postocima

Kao i za prvi dio istraživanja, tako se i za drugi napravila usporedba između sportaša i nesportaša, ali ovaj put s opterećenjem. Sportaša koji inicijalni kontakt ostvaruju stopalom je 30%, a nesportaša 60%. Sportaša koji inicijalni kontakt ostvaruju prstima je 70%, a nesportaša 40% (Slika 17.).



**Slika 17.** Usporedba sportaša i nesportaša pri hodu uz stepenice s opterećenjem

Rezultati hi-kvadrat testa, koji se koristio za 3. hipotezu, pokazuju kako nema statistički značajne razlike ( $\chi^2=0,33$ ) u poziciji stopala prilikom inicijalnog kontakta sa stepenicama tijekom hoda uz stepenice s i bez opterećenja. Ovaj rezultat ne potvrđuje zadnju hipotezu te se stoga odbacuje.



## 5. RASPRAVA

Glavni cilj ovog istraživanja bio je ispitati inicijalni kontakt (prstima ili punim stopalom) tijekom hoda uz stepenice te identificirati najčešće korištene vrste inicijalnog kontakta stopala sa stepenicom u uzorku sudionika. Sporedni cilj bio je ispitati inicijalni kontakt stopala sa stepenicom tijekom hoda uz stepenice s opterećenjem te kao krajnji cilj usporediti ih. Iz toga su proizašla 3 cilja i 3 hipoteze.

Rezultati prvog dijela ispitivanja, gdje 60% ispitanika kod hoda uz stepenice ostvaruje inicijalni kontakt prstima, a njih 40% punim stopalom, idu u prilog postavljenoj hipotezi te je najčešći obrazac inicijalnog kontakta stopala sa stepenicom onaj prstima te je hipoteza potvrđena. Ovi rezultati djelomično odgovaraju istraživanjima koje su proveli McFadyen i Winter (18) te Loy i Voloshin (19). U svojem istraživanju pod nazivom *An integrated biomechanical analysis of normal stair ascent and descent* iz 1988. godine, Bradford, McFadyen i Winter u rezultatima navode kako je prihvaćanje težine tijekom penjanja stepenicama uvijek započinjalo sa srednjim do prednjim dijelom stopala. U istraživanju su sudjelovala 3 muškarca koji su dobili zadatak hodati po stubištu koje se sastojalo od 5 stepenica (18). Zatim Loy i Voloshin, iako su imali samo 4 ispitanika, kažu da samo metatarzalni dio stopala dolazi u kontakt s tlom (stepenicom) tijekom svakog koraka te kako peta stopala nikada ne dolazi u dodir sa stepenicom prilikom penjanja uz stepenice (19). Međutim, za razliku od navedenih istraživanja prema kojima se kontakt nikada ne ostvaruje punim stopalom ili petom, dio naših ispitanika ostvaruje kontakt punim stopalom. Razlog tome mogao bi biti mali broj ispitanika uključenih u navedene studije.

Rezultati drugog dijela ispitivanja daju nam jednake postotke što se tiče inicijalnih kontakata prstima ili punim stopalom – svaki po 50%. Ovi rezultati ne podržavaju drugu hipotezu što znači da najčešći obrazac inicijalnog kontakta stopala sa stepenicom uz opterećenje nije punim stopalom. Iako su rezultati postotno jednaki te ne idu u prilog nijednom obrascu, hipoteza je odbačena. Naravno, tu se u obzir treba uzeti nekoliko faktora kao što su: dimenzije stepenica, težina dodatnog otpora, ali i sama fizička sprema pojedinca. Za očekivati je da veći otpor na čovjeka slabije fizičke spreme ima veći utjecaj te bi rezultati bili drugačiji. Još jedan faktor mogao bi biti broj stepenica. U ovome istraživanju postavljeno je 5 stepenica, no u slučaju većeg broja stepenica i rezultati bi bili drugačiji. Ako znamo da je hod po stepenicama uz otpor zahtjevniji od hoda po stepenicama bez otpora, lako je za pretpostaviti kako bi taj otpor imao veći utjecaj na performansu ispitanika na većem broju stepenica, aludirajući na to da bi vjerojatno bio veći broj ispitanika s inicijalnim kontaktom punim stopalom.

Uspoređujući inicijalne kontakte sportaša i ne sportaša, daje se zaključiti kako otpor nije utjecao na njihovo izvođenje drugog dijela ispitivanja što znači da je bio isti ishod pri hodu uz stepenice sa i bez opterećenja. Svaka promjena koja se dogodila pri hodu s opterećenjem, dogodila se kod nesportaša. Moguće objašnjenje zašto dodatni otpor nije utjecao na sportaše je to što je bio premali otpor. Sportaši su često podvrgnuti visokim razinama treninga što dovodi do višeg stupnja prilagodbe na veća opterećenja te je zato otpor od 10 kg nedostatan za ovakvu promjenu. Nesportaši u većini slučajeva nisu naviknuti na dodatna opterećenja te je za neke od njih ovo možda predstavljalo značajniji izazov. Zbog toga su trebali veći oslonac te je rezultat toga bio veći broj inicijalnih kontakata punim stopalom

Treća je hipoteza uspoređivala ova dva ispitivanja te je utvrđeno kako nema statistički značajne razlike u poziciji stopala prilikom inicijalnog kontakta sa stepenicama tijekom hoda uz stepenice s i bez opterećenja. Ova je hipoteza također odbačena.

## 6. ZAKLJUČAK

Na temelju provedenog istraživanja u kojem su se analizirali inicijalni kontakti prilikom hoda uz stepenice u mlađih osoba, potvrđena je jedna od 3 hipoteze. Podaci koji su prikupljeni ukazuju na to da je inicijalni kontakt prstima prilikom normalnog hoda uz stepenice nešto zastupljeniji od inicijalnog kontakta punim stopalom. Što se pak drugog dijela tiče, gdje je hod bio s otporom, rezultati su jednaki, tj. isti je broj ispitanika imao inicijalni kontakt prstima koliko i punim stopalom. Iako se očekivao veći broj inicijalnih kontakata stopalom, svejedno se može zaključiti kako dodatni otpor ima svoj utjecaj na inicijalni kontakt. Također se može zaključiti kako je dodatni otpor utjecao samo na rezultate nesportaša dok se kod sportaša nije dogodila nikakva promjena. Količina otpora koja se koristila nije dovoljna da primora sportaša na korištenje većeg oslonca (inicijalni kontakt punim stopalom) te su potrebna dodatna istraživanja koja će pokazati gdje je ta granica.

Iako rezultati nisu bili očekivani, nisu bili ni daleko od toga. Otpor svakako utječe na položaj stopala prilikom inicijalnog kontakta sa stepenicom, ali u nekoj mjeri. Neko detaljnije i kontrolirano istraživanje s točno definiranim mjerama ispitanika dalo bi nam bolje uvide u to kako antropometrijski parametri utječu na inicijalni kontakt stopala sa stepenicom u određenim uvjetima.

## LITERATURA

1. Hod | Hrvatska enciklopedija [Internet]. www.enciklopedija.hr. Dostupno na: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=25844> (pristupljeno: 19.8.2023.)
2. Grujičić R. Gait cycle [Internet]. Kenhub. 2022. Dostupno na: <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/gait-cycle> (pristupljeno: 19.8.2023.)
3. Stair Gait [Internet]. Physiopedia. Dostupno na: [https://www.physio-pedia.com/Stair\\_Gait](https://www.physio-pedia.com/Stair_Gait) (pristupljeno: 21.8.2023.)
4. Ghorri U, Luckwill RG. Responses of the lower limb to load carrying in walking man. European journal of applied physiology and occupational physiology. 1985. 1;54(2):145–50.
5. Bajek S, Bobinac D, Jerković R, Malnar D, Marić I. Sustavna anatomija čovjeka. 1. izdanje. Rijeka: Digital point tiskara d.o.o.; 2007. str. 90-93
6. Križan Z. Kompendij anatomije čovjeka III. dio. Zagreb: Školska knjiga; 1997. str. 205-227
7. Krmpotić-Nemanić J, Marušić A. Anatomija čovjeka. 2. izdanje. Zagreb: Medicinska naklada; 2004. str. 113-124
8. Whittle MW. Gait Analysis: An Introduction [Internet]. Google Books. Butterworth-Heinemann; 2014. Dostupno na: [https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=dYHiBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=gait&ots=--q1ea1Vwf&sig=K0i4wHMzw\\_iV1S01DURqCDano0o&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.hr/books?hl=hr&lr=&id=dYHiBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=gait&ots=--q1ea1Vwf&sig=K0i4wHMzw_iV1S01DURqCDano0o&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false) (pristupljeno: 19.8.2023.)
9. Gait Definitions [Internet]. Physiopedia. Dostupno na: [https://www.physio-pedia.com/Gait\\_Definitions](https://www.physio-pedia.com/Gait_Definitions) (pristupljeno: 19.8.2023.)
10. Dodig M. Lateralizacija gibanja čovječjeg tijela, osnove kineziologije II. Rijeka: PARADOX d.o.o.; 2019. str. 441-445
11. Harper NG, Wilken JM, Neptune RR. Muscle Function and Coordination of Stair Ascent. Journal of Biomechanical Engineering [Internet]. 2018;140(1). Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28857115/> (pristupljeno: 21.8.2023.)
12. Bobinac D. Osnove kineziologije, analiza pokreta i stavova ljudskog tijela. Rijeka: Fintrade & tours d.o.o.; 2010. str. 107

13. Vallabhajosula S, Tan CW, Mukherjee M, Davidson AJ, Stergiou N. Biomechanical Analyses of Stair-climbing while Dual-tasking. *Journal of biomechanics* [Internet]. 2015;48(6):921–9. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4567248/> (pristupljeno: 23.8.2023.)
14. Spanjaard M, Reeves ND, van Dieen JH, Baltzopoulos V, Maganaris CN. Lower-limb biomechanics during stair descent: influence of step-height and body mass. *Journal of Experimental Biology*. 2008;211(9):1368–75.
15. Kováčiková Z, Sarvestan J, Zemková E. Age-related differences in stair descent balance control: Are women more prone to falls than men? Barbieri FA, editor. *PLOS ONE*. 2021;16(1):e0244990.
16. Velasco A, Halder A, Kuklane K, Ronchi E. The impact of carrying load on physical performance during ascending evacuation movement. *Fire and Materials*. 2020
17. Tseng HY, Liu BS. Effects of Load Carrying Methods and Stair Slopes on Physiological Response and Postures during Stairs Ascending and Descending. *Industrial Health*. 2011;49(1):30–6.
18. McFadyen BJ, Winter DA. An integrated biomechanical analysis of normal stair ascent and descent. *Journal of Biomechanics*. 1988;21(9):733–44
19. Loy DJ, Voloshin AS. Biomechanics of stair walking and jumping. *Journal of Sports Sciences*. 1991;9(2):137–49.

## **PRIVITCI**

### **Privitak A: Popis ilustracija**

#### **Popis slika:**

**Slika 1.** Zglob kuka

**Slika 2.** Koljeni zglob

**Slika 3.** Donji nožni zglob

**Slika 4.** M. iliopsoas

**Slika 5.** M. gluteus maximus

**Slika 6.** M. quadriceps femoris

**Slika 7.** Hamstrings

**Slika 8.** M. triceps surae

**Slika 9.** M. tibialis anterior

**Slika 11.** Prikaz ispitanika po dobi

**Slika 11.** Prikaz ispitanika po spolu

**Slika 12.** Prikaz ispitanika koji se bave ili ne bave sportom

**Slika 13.** Podjela ispitanika po BMI skali

**Slika 14.** Inicijalni kontakti sa stepenicom pri hodu uz stepenice izraženi u postotcima

**Slika 15.** Usporedba sportaša i nesportaša pri hodu uz stepenice bez otpora

**Slika 16.** Inicijalni kontakti sa stepenicom pri hodu uz stepenice s opterećenjem izraženi u postotcima

**Slika 17.** Usporedba sportaša i nesportaša pri hodu uz stepenice s opterećenjem

## **Popis tablica**

**Tablica 1.** Apsolutne frekvencije različitih inicijalnih kontakata sa stepenicom prilikom hoda uz stepenice bez otpora

**Tablica 2.** Apsolutne frekvencije različitih inicijalnih kontakata sa stepenicom prilikom hoda uz stepenice s opterećenjem

## **PRIVITAK B: Informirani pristanak**

### INFORMIRANI PRISTANAK

Poštovani/poštovana,

pozivamo Vas da sudjelujete u istraživanju u kojem se ispituje hod po stepenicama. Istraživanje se provodi u svrhu izrade završnog rada studenta Brune Petančića studija fizioterapije na temu „Analiza inicijalnog kontakta stopala tijekom hoda uz stepenice u osoba mlađe životne dobi“.

Cilj rada je ispitati inicijalni kontakt (prstima ili punim stopalom) tijekom hoda stepenicama te identificirati najčešće korištene vrste inicijalnog kontakta stopala sa stepenicom. Istraživanje je anonimno, a Vaše sudjelovanje dobrovoljno i možete se slobodno i bez ikakvih posljedica povući u bilo koje vrijeme, bez navođenja razloga. Rezultati istraživanja koristit će se u svrhu dobivanja statističkih podataka za navedeno istraživanje.

Potvrđujem da sam dana ..... pročitao/pročitala obavijest za gore navedeno istraživanje, te sam imao/imala priliku postavljati pitanja. Znam da je moje sudjelovanje dobrovoljno te da se mogu povući u bilo koje vrijeme, bez navođenja razloga i bez ikakvih posljedica. Obzirom da je cilj istraživanja isključivo znanstvene naravi, bez štetnih učinaka i upotrebe podataka u neke druge svrhe, spreman/spremna sam sudjelovati u navedenom istraživanju.

Navedeno potvrđujem vlastoručnim potpisom \_\_\_\_\_

## **KRATAK ŽIVOTOPIS PRISTUPNIKA**

Zovem se Bruno Petančić i rođen sam 9.7.2001. u Karlovcu. Moje obrazovanje počinje 2008. godine kada se upisujem u OŠ Dubovac. Nakon završetka osnovne škole 2016. upisujem se u Medicinsku školu Karlovac, smjer fizioterapeutski tehničar, koju završavam 2020. godine. Iste godine upisujem preddiplomski stručni studij fizioterapije na Fakultetu zdravstvenih studija u Rijeci. Tijekom zadnje godine preddiplomskog studija, volontirao sam kao zdravstveni djelatnik na osnovnoškolskim i srednjoškolskim sportskim natjecanjima. Sljedeći cilj je upis diplomskog stručnog studija i daljnje usavršavanje u struci.