

# Utjecaj biomehaničkih značajki stopala na zdjelicu i kralježnicu

---

**Orlandini, Nataša**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split / Sveučilište u Splitu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:176:834253>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-20**

*Repository / Repozitorij:*



Sveučilišni odjel zdravstvenih studija  
SVEUČILIŠTE U SPLITU

[Repository of the University Department for Health Studies, University of Split](#)



zir.nsk.hr



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU  
Podružnica  
SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA  
SVEUČILIŠNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ  
Fizioterapija

**Nataša Orlandini**

**UTJECAJ BIOMEHANIČKIH ZNAČAJKI STOPALA NA  
ZDJELICU I KRALJEŽNICU**

**Završni rad**

Split, 2024.

SVEUČILIŠTE U SPLITU  
Podružnica  
SVEUČILIŠNI ODJEL ZDRAVSTVENIH STUDIJA  
SVEUČILIŠNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ  
Fizioterapija

**Nataša Orlandini**

**UTJECAJ BIOMEHANIČKIH ZNAČAJKI STOPALA NA  
ZDJELICU I KRALJEŽNICU**

**THE INFLUENCE OF BIOMECHANICAL FEATURES OF  
THE FOOT ON THE PELVIS AND SPINE**

**Završni rad / Bachelor's Thesis**

Mentor:

**Doc. dr. sc. Ivanka Marinović, dr. med.**

Split, 2024.

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

ZAVRŠNI RAD

Sveučilište u Splitu  
Sveučilišni odjel zdravstvenih studija  
Sveučilišni prijediplomski studij Fizioterapija

**Znanstveno područje:** Biomedicina i zdravstvo  
**Znanstveno polje:** Kliničke medicinske znanosti

**Mentor:** doc. dr. sc Ivanka Marinović dr. med.

**UTJECAJ BIOMEHANIČKIH ZNAČAJKI STOPALA NA ZDJELICU I KRALJEŽNICU**  
Nataša Orlandini, 0244024786

## SAŽETAK

Biomehanika stopala proučava kretanje, strukturu i funkciju stopala te njihov utjecaj na cjelokupnu mehaniku tijela. Fokusira se na način na koji stopalo apsorbira udarce, održava ravnotežu i prenosi sile tijekom hodanja i stajanja. Biomehantičke karakteristike stopala imaju značajan utjecaj na zdjelicu i kralježnicu jer stopala predstavljaju temelj ljudskog tijela i prvi kontakt s podlogom. Biomehanika stopala je ključna za pravilno funkcioniranje cijelog tijela. Načini na koje stopalo utječe na zdjelicu i kralježnicu uključuju: pronaciju, supinaciju, dužinu nogu, mišićnu aktivnost i stabilnost, raspodjelu težine, apsorpciju šoka, posturalne adaptacije i obuće. Deformiteti stopala su strukturne nepravilnosti koje mogu utjecati na funkciju stopala i uzrokovati bol ili nelagodu. Oni mogu biti urođeni ili stečeni te mogu utjecati na kosti, mišiće, ligamente i tetive stopala. Najčešći deformiteti stopala uključuju: razmaknuto stopalo, hallux valgus, ravno stopalo, pronirano stopalo, udubljeno stopalo, pes equinus, uvrnuto stopalo, plantarni fasciitis i calcar calcanei. Problemi u strukturi ili funkciji stopala mogu izazvati kompenzacijske promjene koje negativno utječu na zdjelicu i kralježnicu. Prevencija i korekcija ovih problema putem ortopedskih uložaka, pravilne obuće i ciljanih vježbi mogu pomoći u održavanju zdravlja i funkcionalnosti mišićno-koštanog sustava.

**Ključne riječi:** biomehanika; deformiteti; kralježnica; stopalo; zdjelica

**Rad sadrži:** 37 stranica; 8 slika; 0 tablica  
**Jezik izvornika:** hrvatski

## BASIC DOCUMENTATION CARD

BACHELOR THESIS

**University of Split**  
**University Department for Health Studies**  
**University undergraduate study of physiotherapy**

**Scientific area:** Biomedicine and health care  
**Scientific field:** Clinical medical sciences

**Supervisor:** doc. dr. sc. Ivanka Marinović dr. med.

**THE INFLUENCE OF BIOMECHANICAL FEATURES OF THE FOOT ON THE PELVIS AND SPINE**  
Nataša Orlandini, 0244024786

### SUMMARY

Foot biomechanics studies the movement, structure and function of the feet and their influence on the overall mechanics of the body. It focuses on the way the foot absorbs shock, maintains balance and transfers forces during walking and standing. The biomechanical characteristics of the feet have a significant impact on the pelvis and spine because the feet represent the foundation of the human body and the first contact with the ground. The biomechanics of the feet are essential for the proper functioning of the entire body. Ways the foot affects the pelvis and spine include: pronation, supination, leg length, muscle activity and stability, weight distribution, shock absorption, postural adaptations, and footwear. Foot deformities are structural irregularities that can affect foot function and cause pain or discomfort. They can be congenital or acquired and can affect the bones, muscles, ligaments and tendons of the feet. The most common foot deformities include: splayfoot, hallux valgus, flatfoot, pronated foot, clubfoot, pes equinus, twisted foot, plantar fasciitis, and calcar calcanei. Problems in the structure or function of the feet can cause compensatory changes that negatively affect the pelvis and spine. Prevention and correction of these problems through orthopedic insoles, proper footwear and targeted exercises can help maintain the health and functionality of the musculoskeletal system.

**Keywords:** biomechanics; deformities; foot; pelvis; spine

**Thesis contains:** 37 pages; 8 figures; 0 tables

**Original in:** Croatian

# SADRŽAJ

<b>SAŽETAK</b> .....	<b>I</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>II</b>
<b>SADRŽAJ</b> .....	<b>III</b>
<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1. FUNKCIONALNA ANATOMIJA .....	1
1.1.1. Stopalo.....	1
<b>2. CILJ RADA</b> .....	<b>7</b>
<b>3. RASPRAVA</b> .....	<b>8</b>
3.1. BIOMEHANIKA STOPALA .....	8
3.1.1. Statički elementi .....	9
3.1.2. Dinamički elementi .....	10
3.1.3. Svodovi stopala .....	10
3.1.4. Biomehanika zglobova u stopalu.....	11
3.2. BIOMEHANIKA ZDJELICE.....	14
3.3. BIOMEHANIKA LUMBALNE KRALJEŽNICE .....	15
3.4. UTJECAJ BIOMEHANIKE STOPALA NA ZDJELICU I KRALJEŽNICU .....	17
3.5. DEFORMITETI STOPALA.....	25
3.5.1. Razmaknuto stopalo .....	25
3.5.2. Hallux valgus.....	26
3.5.3. Ravno stopalo .....	27
3.5.4. Pronirano stopalo.....	28
3.5.5. Udubljeno stopalo.....	29
3.5.6. Pes equinus .....	29
3.5.7. Uvrnuto stopalo ili pes equinovarus .....	30
3.5.8. Plantarni fasciitis i calcar calcanei.....	31

<b>4. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>32</b>
<b>5. LITERATURA .....</b>	<b>34</b>
<b>6. ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>36</b>

# 1. UVOD

Odnos položaja stopala s kralježnicom i zdjelicom je ključan za razumijevanje ljudske biomehanike. Tijelo funkcionira kao jedinstveni sustav koji se sastoji od segmenata koji utječu jedni na druge. Stopalo je osnova za cijelo tijelo prilikom kretanja i svaki abnormalni pokret ili položaj u stopalu dovodi do kompenzacijskih mehanizama utječući na zglobove, kralježnicu i zdjelicu. Razumijevanje biomehanike ljudskog tijela je važno u području fizioterapije. Pravovremenim dijagnosticiranjem i ispravljanjem poremećenih biomehaničkih značajki stopala sprječavaju se buduće ozljede i problemi zdjelice i kralježnice (1). S obzirom na nevjerojatne sile koje podnose tijekom svakodnevnih aktivnosti, postaje jasno koliko su stopala važna za našu cjelokupnu biomehaniku. Tijekom hodanja na udaljenosti od jednog kilometra, stopala podnose gotovo 80 tona sile, dok se taj broj povećava na 136 tona prilikom trčanja na istu udaljenost. Ovi podaci ukazuju na veliko opterećenje kojem su stopala izložena i njihovu ključnu ulogu temelja našeg tijela (2).

## 1.1. FUNKCIONALNA ANATOMIJA

### 1.1.1. Stopalo

Struktura kostiju šake i stopala ima očite razlike prilagođene njihovim specifičnim funkcijama. Kost šake su kraće i kompaktnije zbog hvatanja i preciznog rada, dok su kosti stopala duže i krupnije jer su zadužene za stabilnost i pokretanje tijela. Ova razlika u strukturi odražava se na njihovu funkciju i doprinosi ukupnoj biomehanici tijela. Kostur stopala se sastoji od skupa malih kostiju koje se nazivaju ossa pedis. Ove kosti se povezuju s goljeničnim kostima i čine nekoliko segmenata stopala; zastoplje (tarsus), sredostoplje (metatarsus), i prste (digiti pedis) (3). Zastoplje, korijen stopala, sastoji se od sedam kostiju, poznatih kao ossa tarsi, podijeljenih u dvije skupine: prednju i stražnju. Stražnju skupinu čine gležanjska, petna i čunasta kost, dok prednju skupinu čine tri klinaste kosti i kockasta kost. Kost zastoplja raspoređene su tako da gležanjska kost, čunasta kost i tri klinaste kosti čine medijalni niz koji je povezan s tri medijalne kosti sredostoplja i prstima. Petna i



kockasta kost čine lateralni niz koji je povezan s dvije lateralne kosti sredostoplja i prstima (3).

Gležanjska kost (talus) je kratka i krupna kost koja je u izravnom kontaktu s goljenskim kostima i prenosi čitavu težinu tijela na ostatak stopala. Gležanjska kost ima oblik kocke i sastoji se od tri dijela: glave, vrata i tijela (3).

Petna kost (calcaneus) je najveća kost u korijenu stopala i smještena je ispod gležanjske kosti. Ona je jedina od kostiju zastoplja koja se odupire od tla tijekom stajanja i hodanja. Kost ima oblik kocke sa šest ploha, pri čemu je stražnji dio nešto viši od prednjeg dijela. Prednji dio čini tijelo kosti (corpus calcanei), dok stražnji dio sadrži veliku petnu kvrgu (tuber calcanei). Na donjem dijelu petne kvрге nalaze se dvije manje kvržice, jedna na vanjskoj strani (processus lateralis tuberis calcanei) i druga na unutarnjoj strani (processus medialis tuberis calcanei). Stražnja strana tubera je hrapava na donjem dijelu, ali glatka prema gore gdje se povezuje s Ahilovom tetivom (3).

Čunasta kost (os naviculare) ima oblik plitkog čunja i nalazi se ispred gležanjske kosti, a iza triju klinastih kostiju. Stražnja strana čunaste kosti je jajolika, izdubljena i zglobljena s glavom gležanjske kosti. Prednja strana kosti je izbočena i podijeljena na tri zglobne površine za klinaste kosti. Na lateralnoj strani, iza tih površina, nalazi se zglobna površina za kockastu kost. Prema tabanu, kost ima ispupčenu hrapavost nazvanu tuberositas ossis navicularis (3).

Na stopalu se često mogu naći i dodatne (akcesorne) kosti koje mogu biti sezamske kosti iz zasebne koštane jezgre ili apofize koje nisu srasle s matičnom kosti. Jedna od najčešćih dodatnih kostiju je os naviculare secundarium ili os tibiale externum, koja se nalazi uz hrapavost čunaste kosti. Ova dodatna kost je prisutna kod 10 do 15% ljudi, većinom žena. Poznavanje ovih dodatnih kostiju je važno za diferencijalnu dijagnozu prilikom ozljeda stopala (3).

Klinaste kosti u stopalu su medijalna, srednja i lateralna klinasta kost. Medijalna klinasta kost je najveća, dok je srednja najmanja. Brid medijalne klinaste kosti usmjeren je prema gore, dok su bridovi srednje i lateralne kosti usmjereni prema tabanu. Sve tri kosti imaju stražnje zglobne površine za zglob s čunastom kosti, dok s prednje strane svaka ima

zglobnu površinu na koju se povezuju tri medijalne metatarzalne kosti. Zglobne površine također postoje i gdje se klinaste kosti dodiruju (3).

Kockasta kost (os cuboideum) je smještena između petne i metatarzalnih kostiju. Na stražnjem dijelu je zglobna površina koja se spaja s petnom kosti, gdje se nalazi mali nastavak nazvan processus calcaneus (3).

Sredostopalne kosti (ossa metatarsi) nalaze se u stopalu i ukupno ih je pet. Svaka od njih ima tijelo i dva zadebljana kraja koji se dodiruju, stvarajući četiri metatarzalna međuprostora (spatia interossea metatarsi). Prva metatarzalna kost je najduža, dok se ostale postupno smanjuju. Njihova građa, koja uključuje tijelo (corpus), proksimalni (bases) i distalni (caput) kraj, je namijenjena funkciji opiranja, za razliku od šake čija je glavna funkcija hvatanje, stoga su proksimalni krajevi jako zadebljani. Posebno je bitan odnos dužine prve i druge metatarzalne kosti, što se naziva metatarzalni indeks, koji može biti "plus", "minus" ili "plus-minus". Prema tome se razlikuju tri oblika stopala: „grčki“ (palac kraći od drugog prsta), „egipatski“ (palac dulji od drugog prsta) i „čtvrtao“ stopalo (palac i drugi prst jednake dužine). Metatarzalni indeks je važan zbog indikacija za kirurško liječenje, statičkih deformacija stopala i hallux valgusa (3).

Kosti prstiju stopala, ossa digitorum, oblikuju pet prstiju: 1. prst ili palac (hallux), 2., 3. i 4. prst (digiti II-IV) i mali prst, digitus minimus. Svaki prst ima tri članka: phalanx proximalis, phalanx media i phalanx distalis, a samo palac ima dva članka. Dužina članaka prstiju stopala je kraća nego kod prstiju na ruci, pri čemu su najduži članci u palcu, postupno se smanjujući prema malom prstu. Proksimalni članak je najduži u svakom prstu, dok su srednji i distalni kraći. U četvrtom i petom prstu često su srasli (3).

Sezamske kosti (ossa sesamoidea) su male, okrugle ili jajolike kosti smještene unutar tetiva određenih mišića donjih udova. Često se dvije sezamske kosti nalaze na plantarnoj strani zgloba prve metatarzalne kosti, gdje se spaja s proksimalnim člankom palca (3).

Stopalo tvori niz zglobova od kojih su najvažniji gornji i donji gležanjski zglob zbog najvećeg opsega kretnji i gibanja. Ostali zglobovi stopala su: zglob kalkaneusa sa kuboidnom kosti, zglob kuneiformnih kostiju s navikularnom kosti, zglobovi kostiju prednje skupine tarzusa, zglobovi kostiju tarzusa s metatarzalnim kostima, zglobovi baza druge do pete metatarzalne kosti, zglobovi metatarzalnih kostiju s falangama prstiju i zglobovi među

falangama stopalnih prstiju. Gornji gležanjski zglob (*articulatio talocruralis*) koji spaja donje dijelove goljenične i lisne kosti s gležanjskom kosti igra ključnu ulogu u prenošenju težine tijela na zglobove stopala i stopalni svod (3). Donji gležanjski zglob se sastoji od dva zgloba sa zasebnom zglobnom čahuricom: stražnji (*articulatio subtalaris*) koji povezuje gležanjsku i petnu kost i prednji (*articulatio talocalcaneonavicularis*) koji povezuje gležanjsku, petnu i čunastu kost. Zglob petne i kockaste kosti (*articulatio calcaneocuboidea*) povezuje prednju stranu kalkaneusa sa stražnjom stranom kuboidne kosti. Poprečni zastopalni zglob (*articulatio tarsi transversa*) ili Chopartov zglob tvori zglob talusa s navikularnom kosti i zglob kalkaneusa s kuboidnom kosti. Chopartova zglobna crta, zahvaljujući svome položaju, pomaže pri određivanju reza za operaciju egzartikulacije stopala. Prilikom operacije bitno je presjeći lig. bifurcatum jer se jedino tako može otvoriti zglob i razdvojiti kosti. Zbog toga se ta sveza zove „ključ Chopartova zgloba“. Zglobovi između zastopalnih kostiju su: zglob čunaste kosti s klinastim kostima i zglobovi među kostima prednje skupine zastopalnih kostiju. U prednjim kostima zastopljiva je moguća jako mala gibljivost i zglobovi su pojačani svezama. Zglobovi zastopalnih kostiju s kostima sredostopljiva (*articulationes tarsometatarsales*) povezuju tarzalne kosti s bazama metatarzalnih kostiju tvoreći Lisfrancov zglob. Zglobovi među osnovicama druge do pete sredostopalne kosti (*articulationes intermetatarsales*) povezuju tri zgloba: zglob između 2. i 3.; 3. i 4. te 4. i 5. metatarzalne kosti. Baza prve metatarzalne kosti povezana je jedino fibroznim vlaknima s bazom druge metatarzalne kosti. Zglobovi sredostopalnih kostiju s člancima prstiju (*articulationes metatarsophalangeae*) povezuju baze proksimalnih falangi i glave metatarzalnih kostiju. Zglobovi među člancima stopalnih prstiju (*articulationes interphalangeae pedis*) su zglobovi između srednje i proksimalne falange i srednje i distalne. Samo palac ima dvije falange, stoga i jedan zglob (3).

Stopalni mišići se sastoje od ukupno 20 malih mišića koji se dijele na dorzalnu i plantarnu skupinu. Dorzalni (hrpteni) mišići su: *m. extensor digitorum brevis* i *m. extensor hallucis brevis*. Plantarni (tabanski) mišići se sastoje od tri mišićna sklopa. Lateralni mišićni sklop (*m. abductor digiti minimi*, *m. flexor digiti minimi brevis* i *m. opponens digiti minimi*), srednji mišićni sklop (duboki sloj – *mm. interossei dorsales* i *plantares*; srednji sloj – *m. quadratus plantae* i *mm. lumbricales*; površinski sloj – *m. flexor digitorum*

brevis) i medijalni mišićni sklop (m. abductor hallucis, m. flexor hallucis brevis, m. adductor hallucis) (3).

Mišići potkoljenice, zajedno s kostima, mišićima i zglobovima stopala, čine ključnu funkcionalnu cjelinu ljudskog tijela. Kinetički lanac m. triceps surae, s kojim sudjeluju m. quadriceps femoris i m. gluteus maximus, omogućava snažno ispružanje noge kroz njihovu kontrakciju. Ovaj lanac diže tijelo iz čučnja i snažno ga gura naprijed tijekom skakanja. Mišići potkoljenice pokreću ili stopalo ili potkoljenicu u gornjem i donjem gležanjskom zglobu, ovisno je li noga fiksirana ili slobodna. Zajedno s plantarnim mišićima, omogućuje napetost svodova stopala. Mišići potkoljenice i stopala pokreću prste i imaju važnu ulogu u hodanju jer omogućuju odizanje stopala od podloge i elastično odbacivanje naprijed. Poprečna os gornjeg gležanjskog zgloba odvaja tetive mišića prednje lože od tetiva mišića vanjske i zadnje lože potkoljenice. Mišići prednje lože, m. tibialis anterior, m. extensor digitorum longus, m. extensor hallucis longus, m. fibularis longus i subdorzalni fleksori djeluju kao dorzalni fleksori, podižući prednji dio stopala. Kada je stopalo fiksirano kao oslonac, ovi mišići savijaju potkoljenicu prema naprijed. Kod osoba koje nisu naviknute na napor, njihova intenzivna aktivnost pri hodanju po strmim terenima brzo izaziva bol na prednjoj strani potkoljenice, posebno u predjelu m. tibialis anteriora, najjačeg dorzalnog fleksora. Mišići stražnje i vanjske lože potkoljenice, čije tetive prolaze iza poprečne osi gornjeg gležanjskog zgloba, omogućavaju plantarnu fleksiju stopala, odnosno spuštanje stopala prema dolje. Mišići stražnje i vanjske lože potkoljenice snažno spuštaju prednji dio stopala ili podižu zadnji dio stopala zajedno s cijelim tijelom. Kada je stopalo fiksirano, ovi mišići povlače potkoljenicu unazad. Plantarni fleksori su otprilike četiri puta jači od dorzalnih jer uglavnom djeluju protiv gravitacije. Najsnažniji plantarni fleksori su m. triceps surae, m. flexor hallucis longus i m. fibularis longus. M. triceps surae, koji se sastoji od m. gastrocnemius i m. soleus, najsnažniji je plantarni fleksor stopala. Mišići potkoljenice, u odnosu na os kretanja donjeg gležanjskog zgloba, dijele se na pronatore i supinatore stopala. Pronatori stopala, čije tetive prolaze lateralno od kose osi donjeg gležanjskog zgloba, uključuju mišiće vanjske i prednje lože potkoljenice, osim m. tibialis anteriora, koji spada u supinatore. Najsnažniji pronatori stopala su m. fibularis longus i m. fibularis brevis, koji podižu vanjski rub i prednji dio stopala. Supinatori stopala obuhvaćaju

mišiće stražnje lože potkoljenice i m. tibialis anterior iz prednje lože. Po jačini, najistaknutiji supinatori su m. triceps surae, m. flexor hallucis longus, m. flexor digitorum longus, m. tibialis posterior i m. tibialis anterior. Supinatori su snažniji od pronatora jer uglavnom djeluju protiv gravitacije.

M. tibialis anterior ima ključnu ulogu u održavanju normalne funkcije stopala. Mjesto pripoja tetive ovog mišića, kao i tetive m. extensor digitorum longus i m. triceps surae, predstavljaju tri ključne točke koje moraju biti stabilizirane aktivnim mišićnim silama kako bi se osigurala minimalna statička i dinamička funkcija stopala (4).

Potkožno masno tkivo na tabanu je najdeblje na dijelovima koji su kod uspravnog stajanja izloženi najjačem pritisku. Ovo tkivo je podijeljeno fibroznim pregradama na loptaste režnjeve, koji raspodjeljuju pritisak u svim smjerovima. Ova podjela pritiska omogućava njegovo širenje na veću površinu, čime se sprječavaju oštećenja tkiva na određenim mjestima (4). Stopalne fascije su: dorzalna na hrptu stopala i donja plantarna aponeuroza. Dorzalna stopalna fascija (fascia dorsalis pedis) obavlja dorzalnu stranu stopala. Sastoji se od 3 lista, koji dijele dorzalnu stranu na površinski i duboki odjeljak, a to su : površinski – prekriva gornju stopalnu površinu do prstiju te prirasta uz kost ili nastavlja u plantarnu aponeurozu; srednji – prekriva površinsku stranu m. extensor digitorum brevis; duboki – prekriva gornju stranu metatarzalnih kostiju i dorzalne interosealne mišiće. Tabanska listasta tetiva (aponeurosis plantaris) se nalazi ispod kože od koje je odijeljena debelim masnim tkivom. Srednji dio plantarne aponeuroze je jaka tetivna ploča koja se proteže od tubera petne kosti do prstiju. Lateralni dio plantarne aponeuroze seže od tubera petne kosti do malog prsta, a medijalni dio se proteže od tubera petne kosti do palca (3).

## **2. CILJ RADA**

Cilj ovog rada je objasniti i približiti biomehaniku stopala i njezine značajke te objasniti kako one utječu na biomehaniku zdjelice i lumbalne kralježnice. Rad će se fokusirati na: funkcionalnu anatomiju stopala; biomehaniku stopala, zdjelice i lumbalne kralježnice; identifikaciju različitih deformiteta i abnormalnosti stopala te njihovih biomehaničkih karakteristika te na povezanosti specifičnih biomehaničkih promjena u stopalima s pojavom bolova ili disfunkcija u zdjelici i kralježnici. Kroz ovaj rad želi se istaknuti važnost razumijevanja biomehaničkih odnosa unutar tijela te potaknuti na holistički pristup dijagnostici i liječenju problema povezanih s mišićno-koštanim sustavom.

## 3. RASPRAVA

### 3.1. BIOMEHANIKA STOPALA

Stopalo ima važnu ulogu u održavanju ravnoteže između pokretljivosti i stabilnosti kako bi podržalo različite funkcije kao što je apsorpcija sila tla, prilagođavanje površinama i omogućavanje učinkovitog kretanja. Pokretljivost za apsorpciju šoka, odnosno subtalarna pronacija, služi kao amortizer prilikom inicijalnog kontakta pete. Pronacija je neophodna kako bi se omogućila rotacija noge i apsorbirao utjecaj rotacije. Subtalarna rotacija ima važnu ulogu i u apsorpciji šoka putem ekscentrične kontrole supinatora. Chopratov zglob se otključava tako da prednje stopalo može ostati fleksibilno. Srednji dio stopala treba biti pokretljivo kako bi se prilagodilo različitim površinama. Stabilnost stopala je bitna za osiguravanje čvrste baze oslonca za tijelo jer stopala moraju poduprijeti tjelesnu težinu i gurati tijelo prema naprijed (5). Kada se stopalo opterećuje, ono ne mijenja svoj oblik osim što se svodovi lagano spuštaju. Međutim, slabost mišića potkoljenica i stopala može rezultirati izduživanjem stopala i gubitkom svodova pod većim opterećenjem. Iz tog razloga važna je dobra kondicija ovih mišića za normalno funkcioniranje stopala. Kondicija se postiže redovitom kontrakcijom mišića i variranjem opterećenja. Dugotrajno nepravilno mišićno opterećenje može poremetiti ravnotežu između sinergista i antagonista te dovesti do promjena u funkciji i obliku stopala. Osim toga, neprikladna obuća također može ometati prirodne kontrakcije određenih mišića, poput m. flexor digitorum longusa, što može utjecati na hod i sposobnost odbacivanja prednjeg dijela stopala (4). Pri hodanju se svodovi stopala mijenjaju (skraćuju, produžuju, napinju, opuštaju) tako da stopalo funkcionira poput elastične trokrate opruge. Prilikom dodira s tlom, stopalo je u inverziji, oslanjajući se na petu i vanjski rub. Kako se opterećenje povećava, stopalo prelazi iz inverzije u everziju i oslanja se na unutrašnje dijelove, dok se taban izravnava. Zatim slijedi podizanje pete i stopalo se oslanja na glavice metatarzalnih kostiju od 1. do 5. Na kraju se prednje uporišne točke stopala podižu, a potisak se vrši preko palca, omogućujući iskorak. Kada je peta podignuta za oko 2 cm, najveći dio opterećenja prebacuje se na petnu kost. Prema naprijed

većina opterećenja prelazi na glavicu prve metatarzalne kosti dok manji dio ide na glavicu pete metatarzalne kosti, u omjeru otprilike 3:2:1 (6).

Normalnu biomehaniku stopala i gležnja omogućavaju statički i dinamički elementi stopala. Statički elementi obuhvaćaju kosti, podudarnost zglobnih površina, ligamente i fascije, a dinamički elementi se odnose na pokrete zglobova stopala i funkciju mišića (7).

### **3.1.1. Statički elementi**

Mišićna aktivnost nije potrebna za podršku potpuno opterećenog stopala u mirovanju zato što su za održavanje svodova u statičnom stopalu zaslužni statički elementi. Također je važno djelovanje metatarzalnih kostiju i čvrstoća plantarne aponeuroze. Plantarna aponeuroza nosi oko 60% stresa, dok metatarzalne kosti djeluju s otprilike 25%. Osim toga sposobnost apsorpcije stresa od strane plantarne aponeuroze raste kada je aponeuroza podvrgnuta ekstenziji prstiju što se još naziva i „efekt vitla“. Tijekom faze odgurivanja u hodanju, kada prsti dosegnu maksimalnu ekstenziju, aponeuroza se okreće oko metatarzofalangealnih zglobova. Ovaj pokret povećava napetost tkiva omogućujući plantarnoj aponeurozi da apsorbira veće količine stresa. Osim što apsorbira više stresa ova napetost također pomaže u supinaciji subtalarnog zgloba. Kratki i dugi plantarni ligamenti zajedno s kalkaneonavikularnim ligamentom pridonose pasivnom održavanju luka stopala. Kosti su ključni stabilizatori stopala, što se vidi u trabekularnim uzorcima koji pokazuju smjer prijenosa sile u stopalo. Podudarnost površina je stabilizirajući faktor tarzalnih kostiju, dok se zglobno poravnanje i kongruitet metatarzalnih i tarzalnih kostiju smatraju ključnima za formiranje medijalnog i lateralnog luka stopala. Ovaj odnos je također važan za normalnu artrokinematiku stopala i gležnja. Statički mehanizmi su odgovorni za smanjenje sila unutar stopala. To uključuje učinak vitla plantarne aponeuroze, čvrstoću plantarnih ligamenata, potporni učinak metatarzalnih kostiju i podudarnost zglobova tarzalnih i metatarzalnih kostiju. Dinamički aspekti biomehanike stopala i gležnja djeluju u sinergiji s ovim statičkim mehanizmima i ovise o njima (7).



### **3.1.2. Dinamički elementi**

Pokreti gležnja i stopala su složeni i uključuju mnoge zglobove. Gležanj i stopalo funkcioniraju kao zatvoreni kinetički lanac, što znači da niz raspoređenih zglobova sačinjava motornu jedinicu pri čemu završni zglob nailazi na otpor. Iako se donji ekstremitet često opisuje kao zatvoreni kinetički lanac tijekom ciklusa hoda, stopalo se može također smatrati jedinicom gdje kretanje u jednom zglobu utječe na mehanizme ostalih zglobova unutar lanca. Složeni pokreti gležnja i stopala su pronacija i supinacija. Ovi pokreti opisuju se kao kretanje u tri ravnine. Pronacija uključuje pokrete abdukcije, dorzifleksije i everzije koji su izvedeni iz transverzalne, sagitalne i frontalne ravnine. Budući da osi pokreta trostranih zglobova nisu strogo usmjerene, već su kose, pokreti se odvijaju u svim trima ravninama tijela, što znači da se abdukcija, dorzifleksija i everzija mogu događati istovremeno. Supinacija se također odvija u tri ravnine, uključujući adukciju, plantarnu fleksiju i inverziju. Ovi pokreti supinacije i pronacije opisuju se kao otvoreni kinetički lanac. Važna je funkcionalna biomehanika stopala i gležnja, posebno tijekom faze stava, koja se može opisati kao položaj s težinom ili zatvoreni kinetički lanac. Tijekom ciklusa hodanja, otprilike 60% vremena provodi se u fazi stava. Supinacija i pronacija se događaju u određenim fazama stava kako bi pomogle u kretanju, stabilizaciji zglobova te smanjenju sile unutar stopala i donjih udova (7).

### **3.1.3. Svodovi stopala**

Težina tijela u stopalu prenosi se s potkoljenice na talus, a zatim se veći dio opterećenja prenosi na petu, dok manji dio ide prema naprijed. Prednji dio tereta većinom se distribuira preko navikularne kosti na prvu metatarzalnu kost i njenu glavicu, dok manji dio opterećenja ide preko kuboidne kosti na petu metatarzalnu kost i njezinu glavicu (4). U kliničkoj praksi, otisci tabana mogu se identificirati koristeći podoskop, a trajno bilježiti pomoću posebnih uređaja zvanih plantografi. Ovakvi otisci se nazivaju plantogrami ili podogrami. Današnje tehnologije omogućuju elektronsko mjerenje opterećenja stopala tijekom stajanja i hodanja, uz analizu hoda, poznato kao pedobarografija (6). Tijekom

stajanja na ravnoj i tvrdoj podlozi, stopalo ima tri točke oslonca: stražnja uporišna točka koju tvori kvrga petne kosti, prednja unutarnja uporišna točka koju čini glavica 1. metatarzalne kosti i prednja vanjska uporišna točka koju čini glavica 5. metatarzalne kosti. Te tri točke su spojene lukovima koji zajedno tvore dva uzdužna svoda i jedan poprečni svod (8).

Iz početne linije svodovi se distalno razdvajaju u lateralni i medijalni. Lateralni svod stopala je kraći i niži i sastoji se od kalkaneusa, kuboide kosti i 4. i 5. metatarzalne kosti. Taj svod nosi duži i viši medijalni svod koji se sastoji od kalkaneusa (talusa), navikularne kosti, koso raspoređene 1., 2. i 3. klinaste kosti i 1., 2. i 3. metatarzalne kosti. Svodovi se nastavljaju u 5 kinematičkih lanaca prstiju koji se aktivno stabiliziraju prenoseći sile između površine i stopala. Svodovi imaju jake plantarne ligamente, pasivne nosive strukture koje dobro podnose opterećenje tjelesne težine. Kosi poprečni ligamenti u području klinaste, kuboide, navikularne kosti i baza metatarzalnih kostiju, drže zajedno svodove. Talokalkanearni i talokruralni ligamenti drže zajedno svodove u području gdje se medijalni svod naslanja na lateralni (9). Poprečni svod stopala se nalazi u području glavica od 1. do 5. metatarzalne kosti. Svodovi se oblikuju prilikom dječjeg hoda i potpuno se oblikuju u 2. godini života. Prije toga nisu dobro vidljivi zbog masnih jastučića na tabanima. Svi mišići potkoljenice su aktivni držači svodova stopala osim m. triceps surae (8). Kada je riječ o održavanju svodova stopala, m. fibularis longus, m. tibialis posterior i m. tibialis anterior pokazuju posebne karakteristike. Tetive ovih mišića se križaju na donjoj strani srednjeg dijela stopala i svojim kontrakcijama djeluju na povećanje poprečnog i uzdužnog svoda stopala (4).

#### **3.1.4. Biomehanika zglobova u stopalu**

Mehanika gornjeg i donjeg gležanjanskog zgloba zajedno tvori jedan funkcionalni kuglasti zglob koji omogućava kretanje stopala u svim smjerovima. Talus i snažne zglobne sveze ograničavaju pokrete i osiguravaju stabilnost zgloba. Ova stabilnost je ključna za normalno funkcioniranje noge prilikom hodanja, skakanja i trčanja. Zglobne sveze su

izuzetno jake, pa stoga, pri naglim i jakim pokretima u zglobu, dolazi do prijeloma koštane viljuške potkoljenice, posebno njenog lateralnog kraka (malleolus lateralis) (4).

#### *3.1.4.1. Gornji gležanjski zglob – fleksija i ekstenzija*

Gornji gležanjski zglob (articulatio talocruralis) je kutni zglob koji omogućuje pokrete fleksije i ekstenzije stopala. Kada je stopalo u plantarnoj ekstenziji, moguće su male lateralne kretnje i minimalne rotacije, iako su te kretnje neprimjetne. U položaju dorzalne fleksije, kada širi dio gležanjske kosti (trochlea tali) ulazi u gležanjske (maleolarne) rašlje, dodatni pokreti su potpuno onemogućeni. Neutralni položaj je položaj kada je stopalo uspravno i formira pravi kut s potkoljenicom, kao kod stajanja. Orijehtacijske točke stopala uključuju medijalni i lateralni maleol, prednji rub talusa, os petne kosti, lateralni rub stopala, petu metatarzalnu kost, glavu talusa i navikularnu kost. Kretnje u gležanjskom zglobu mjere se s blago savijenim koljenom kako bi se smanjila napetost Ahilove tetive. Mjerenje opsega pokreta s opuštenim, visećim stopalom pokazuje veće vrijednosti fleksije i ekstenzije zbog mogućnosti sitnih pokreta u Chopartovom i Lisfrancovom zglobu. Stoga je precizno mjerenje opsega pokreta u gornjem gležanjskom zglobu moguće samo kada je stopalo fiksirano na ravnoj površini, a goljениčna kost nagnuta prema naprijed ili natrag. Mjerenje se obavlja prema kutu između ravne podloge i osi goljениčne kosti. Opseg kretnji u gornjem nožnom zglobu iznosi: 40°-50° plantarne ekstenzija i 20°-30° dorzalne fleksije (3).

#### *3.1.4.2. Zastopalni zglobovi*

U zglobovima tarzusa, subtalarnog i talokalkaneonavikularnog zgloba te intertarzalnih i tarzometatarzalnih zglobova postoje složena združena gibanja. Mjerenje opsega pokreta u ovim zglobovima je važno, ali terminologija i procjene opsega pokreta još nisu u potpunosti usklađeni (3).

#### *3.1.4.3. Donji gležnjski zglob (subtalarni i talokalkaneonavikularni zglob) – everzija i inverzija*

Gibanje u zglobovima stopala karakterizira nagib prema unutra i prema gore s prednje strane, dok se stražnji dio nagine prema vani i prema dolje. Prilikom ispitivanja, stabilizira se donji dio goljениčne kosti jednom rukom, dok se drugom rukom rotira stopalo oko osi koja prolazi kroz subtalarni i talokalkaneonavikularni zglob. Razlike u opsegu pokreta između lijevog i desnog stopala su uobičajene, no za kliničke svrhe dovoljno je primijetiti smanjenje opsega pokreta za četvrtinu, trećinu ili polovinu u odnosu na standardne vrijednosti. Detaljnija mjerenja everzije i inverzije zahtijevaju specijalizirane instrumente. Također, postoji postupak za mjerenje udaljenosti između hrapavosti pete metatarzalne kosti i vanjskog ruba gležnja u nultom položaju stopala u maksimalnoj everziji i inverziji, što pruža dodatne informacije o pokretljivosti stopala. Opseg kretnji u donjem nožnom zglobu iznosi: everzija  $30^{\circ} - 0^{\circ}$  i inverzija  $0^{\circ} - 60^{\circ}$  (3).

#### *3.1.4.4. Zglobovi prednjeg dijela stopala – pronacija i supinacija*

Kad se stopalo zavrti ili izvrne, prednji dio stopala ostaje miran u odnosu na stražnji dio. Osovina rotacije prolazi duž petne kosti i trećeg prsta stopala. Prilikom ispitivanja za inverziju, stopalo se savija pod pravim kutem prema potkoljenici, dok se peta stabilizira jednom rukom, a drugom se supinira ili pronira prednji dio stopala. Bitno je usporediti pokrete oba stopala, a mjerenje se navodi u dijelovima ograničenja opsega pokreta. Opseg kretnji u zglobovima prednjeg dijela stopala iznosi:  $15^{\circ} - 0^{\circ}$  (pronacija) i  $0^{\circ} - 35^{\circ}$  (supinacija) (3).

#### *3.1.4.5. Zglobovi stopalnih prstiju*

Kod zglobova stopalnih prstiju orijentacijske točke su metatarzalne kosti i članci prstiju. Nulti položaj predstavljaju uzdužne osi koje su od prve do pete metatarzalne kosti i članaka prstiju usporedne (3).

#### *3.1.4.6. Zglobovi palca*

Opseg kretnji u 1. metatarzofalangealnom zglobu iznosi:  $45^{\circ}$  -  $0^{\circ}$  (fleksija) i  $0^{\circ}$  -  $70^{\circ}$  (ekstenzija). Opseg kretnji u interfalangealnom zglobu palca iznosi:  $80^{\circ}$  -  $0^{\circ}$  (fleksija) i  $0^{\circ}$  -  $0^{\circ}$  (ekstenzija) (3).

#### *3.1.4.7. Zglobovi prstiju*

Opseg kretnji u metatarzofalangealnim zglobovima prstiju iznosi:  $40^{\circ}$  -  $0^{\circ}$  (fleksija) i  $0^{\circ}$  -  $60^{\circ}$  /  $80^{\circ}$  (ekstenzija). Opseg kretnji u proksimalnim interfalangealnim zglobovima iznosi:  $35^{\circ}$  -  $0^{\circ}$  (fleksija) i  $0^{\circ}$  -  $0^{\circ}$  (ekstenzija). Opseg kretnji u distalnim interfalangealnim zglobovima iznosi:  $60^{\circ}$  -  $0^{\circ}$  (fleksija) i  $0^{\circ}$  -  $30^{\circ}$  (ekstenzija) (3).

## **3.2. BIOMEHANIKA ZDJELICE**

Koštani okvir zdjelice sastoji se od zdjeličnog obruča, snažnog i čvrstog koštanog prstena na koji su pričvršćeni jaki mišići. Donji otvor zdjelice zatvoren je slojem mišića i fascija koje čine dno male zdjelice. Zdjelični obruč podržava donje ekstremitete i prenosi težinu tijela s kralježnice na kostur nogu, a istovremeno štiti organe smještene unutar zdjelice. Zdjelični obruč (cingulum pelvicum) formiraju: križna kost koja se čvrsto povezuje s lijevom i desnom zdjeličnom kosti. Lijeva i desna zdjelična kost se sprijeđa dodiruju i čvrsto su povezane u preponskom sraštenju (simfizi). Trtična kost je mala zakrčljala kost smještena na stražnjem dijelu zdjeličnog obruča. Za razliku od prsnog

obruča koji je straga pomičan i otvoren, zdjelčni обруч stvara snažnu zatvorenu koštanu strukturu koja pruža stabilnost i zaštitu zdjelčnim organima (3).

Zdjelčni обруч povezuje trup s donjim udovima, pri čemu križna kost više pripada zdjelici nego kralježnici. Biomehanika zdjelčnog обруča posebno se manifestira tijekom hodanja, stajanja na jednoj nozi te ležanja na leđima, boku ili trbuhu. Sve zdjelčne kretnje odvijaju se zajedno s odgovarajućim pokretima u donjem dijelu kralježnice, na spoju lumbalnih kralježaka s križnom kosti te u zglobu kuka. Razlikuju se četiri glavne kretnje zdjelice i dodatni pokreti koji su uzrokovani kretanjem bedara ili dijela kralježnice. Nagib prema naprijed (inklinacija) predstavlja rotaciju zdjelice oko poprečne osi, pri čemu se preponska simfiza spušta prema dolje, dok se stražnja strana križne kosti podiže prema gore. Nagib unatrag (reklinacija) označava rotaciju zdjelice oko poprečne osi, pri čemu se simfiza podiže prema gore i naprijed, dok se stražnja površina križne kosti blago nagine prema dolje. Nagib zdjelice u stranu predstavlja pokretanje oko sagitalne osi što rezultira spuštanjem jedne criste iliače i podizanjem suprotne. Rotacija zdjelice je okretanje prema lijevoj ili desnoj strani oko okomite osi. U uspravnom položaju, zdjelica nosi težinu glave, gornjih udova i trupa i ravnomjerno je raspoređuje na donje ekstremitete. Prilikom stajanja na jednoj nozi, zdjelica se prilagođava na taj položaj i tjelesna težina se prebacuje na tu nogu. U održavanju tjelesne ravnoteže, važne su prilagodbe i usklađeni pokreti donjeg dijela kralježnice i kukova. Zdjelica prati pokrete donjih ekstremiteta prema trupu. Kada se noga podiže visoko ili savijamo bedro prema naprijed u zglobu kuka (fleksija), zdjelica se nagne unatrag, dok se njena inklinacija smanjuje. Suprotno tome, kada se podiže bedro prema stražnjici savijanjem u zglobu kuka (ekstenzija), zdjelica se nagne u naprijed, a njena inklinacija se povećava. Odmicanjem bedra u stranu (abdukcija), zdjelica se nagne bočno. Ispružanjem jedne noge naprijed, a druge natrag u potpuno vodoravan položaj (špaga), zdjelica se okreće oko okomite osi (3).

### 3.3. BIOMEHANIKA LUMBALNE KRALJEŽNICE

Kralješci, intervertebralni diskovi i snažne sveze zajedno čine jaku, rezistentnu i elastičnu osovinu tijela, kralježnicu. Njena struktura namijenjena je mnogim važnim funkcijama, koje se dijele na statičke i dinamičke. U uspravnom položaju, kralježnica je pod stalnim utjecajem gravitacije, koja privlači tijela kralježaka jedno prema drugome. Na taj način nastaje čvrst i snažan sustav koji nosi težinu glave, gornjih udova i trupa. Zbog toga kralježnica postaje sve deblja od vrha prema dnu, a kralješci, pa tako i tijela kralježaka s intervertebralnim diskovima, postaju sve veći. Nakon toga, gornji segmenti križne kosti prenose tjelesnu težinu na zdjelčni obruč, a kralješci postaju sve manji do zadnjeg dijela trtične kosti, koji je reducirana na kvržicu. Zato se funkcionalno kralježnica dijeli na gornju i donju kralježnicu. Gornji dio kralježnice ima 24 segmenta te nosi težinu glave, trupa i gornjih udova, dok se donji dio kralježnice sastoji od 9 ili 10 segmenata. Pod utjecajem tjelesne težine i sile teže, suprotstavljaju se 2 sklopa elastičnih struktura: intervertebralni diskovi i žute sveze, koje kralježnici daju elastičnost. Nucleus pulposus djeluje kao elastični jastučić i kao aktivni dio intervertebralnog diska, razdvaja tijela kralježaka, dok fibrozni prsten učvršćuje spojeve među kralješcima i sprječava njihovo pretjerano udaljavanje. Žute sveze su uvijek napete između lukova susjednih kralježaka, privlačeći ih međusobno, ali u isto vrijeme pokušavaju razdvojiti tijela susjednih kralježaka. Kombinirano djelovanje žutih sveza s intervertebralnim diskovima omogućuje kralježnici da podnese težinu tijela i gravitacije, dok istovremeno zadržava pokretljivost između kralježaka. Kralježnica odrasle osobe, ima zakrivljenost u sagitalnom smjeru u obliku dvostrukog slova S (3).

Počevši od donjeg dijela prema gornjem, prvo primjećujemo savijanje križne kosti prema stražnjem dijelu (kyphosis sacralis), što je posljedica anatomije zdjelice. U lumbalnom dijelu kralježnice, kralješci se savijaju prema naprijed (lordosis lumbalis). Kada dijete počinje ustajati, sjediti i hodati razvija se lumbalna lordoza. Promjene u zakrivljenosti kralježnice međusobno su povezane. Naprimjer, ako se poveća lumbalna lordoza to rezultira povećanjem torakalne kifoze. Mijenjanje kralježničnih zavoja ovisi o spolu, trudnoći, raspoloženju, navikama i mijenjanju položaja. Održavanje uspravnog stava i držanja tijela je važan aspekt ljudske anatomije koji istovremeno odražava fizičke,

mentalne karakteristike te životnu dob pojedinca. U lumbalnom dijelu kralježnice, zglobovi su postavljeni praktički u sagitalnoj ravnini. Donje zglobne površine su usmjerene prema unutra, dok su gornje usmjerene prema vani. Zglobne površine kao da čine dio periferije valjka čija os prolazi kroz vrhove trnastih nastavaka. Zbog toga je gibanje u tom dijelu kralježnice uglavnom moguće oko poprečne osi, što omogućuje naginjanje naprijed i natrag. Mogućnost naginjanja je velika jer se nastavci gornjeg kralješka mogu slobodno pomicati između zglobnih nastavaka susjednog kralješka. Gibanje u bočnim smjerovima oko sagitalne osi je ograničeno u usporedbi s vratnom kralježnicom, dok je rotacija vrlo ograničena, ovisno o fleksibilnosti zglobne čahure. Prilikom rotacije peti slabinski kralježak se uvijek malo okrene na suprotnu stranu od gornjih kralježaka (3).

### **3.4. UTJECAJ BIOMEHANIKE STOPALA NA ZDJELICU I KRALJEŽNICU**

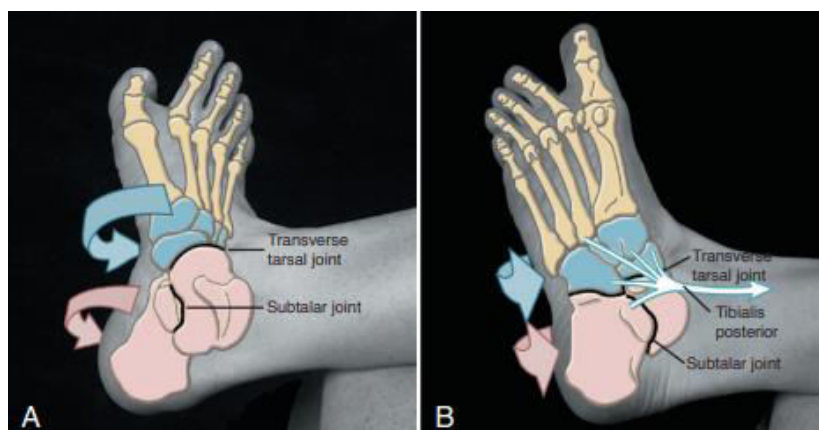
Važnost stopala za normalno biomehaničko funkcioniranje zdjelice i kralježnice često se zanemaruje. Budući da su problemi sa stopalima rijetko simptomatski, njihova uloga u biomehanici tijela često ostaje neprepoznata. Pogrešna biomehanika stopala može negativno utjecati na sve potporne zglobove iznad kompleksa stopala i gležnja. Abnormalan hod, bez obzira na uzrok, na kraju će ometati ključne pokrete u kralježnici. To može dovesti do posturalnih iskrivljenja, disfunkcije zglobova kralježnice i mišićne neravnoteže (10). Prilagođavanje položaja stopala uz pomoć uložaka u cipelama može nehotice uzrokovati sekundarne promjene u zglobovima iznad koljena. Budući da opterećenje donjih ekstremiteta ovisi o simetričnom opterećenju nogu tijekom dvonožnog stava i lokomocije pretpostavlja se da bi posebno jednostrane promjene u tijelu mogle rezultirati kompenzacijskim promjenama u držanju kako bi se očuvao centar gravitacije unutar centra pritiska. Većina komercijalno dostupnih uložaka za cipele, zbog različitog sastava i dizajna, rezultira raznolikim i složenim promjenama u položaju stopala. Stoga je važno napomenuti da uložak za cipelu obično ne izaziva samo jedan učinak, već ima kumulativni efekt na položaj stopala (11).



Kada stojimo, hodamo, plešemo, skačemo i trčimo stopala služe kao temelj za kralježnicu i ostatak mišićno-koštanog sustava. Taj temelj mora nositi težinu cijelog tijela. Ako stopala ne pružaju adekvatnu potporu, kralježnica će biti izložena pogrešnoj mehanici hoda, što može dovesti do disfunkcije zglobova kralježnice, posturalnih devijacija i bolova u leđima. Abnormalni stresovi na zdjelici i kralježnici mogu nastati zbog pretjeranog prijenosa udarca, abnormalnih pokreta zglobova, abnormalne propriocepcije stopala ili funkcionalno skraćene noge. Uzrok ovih problema često se nalazi u stopalima. Kada neki dio stopala ne funkcionira ispravno (bilo da se zglobovi premalo ili previše kreću), nastale sile se prenose duž cijelog kinetičkog lanca (10). Bol u leđima i stopalima može biti uzrokovan različitim čimbenicima. Nepravilna biomehanika ili abnormalni hod mogu stvoriti nepotreban pritisak na leđa ili kralježnicu, što može otežati jednostavno hodanje. Za osobe koje pate od ovih problema, bol se može ublažiti bez invazivnih operacija. Ključno je prepoznati izvor problema i ponovno uspostaviti pravilnu biomehaničku funkciju, što znači promjenu ravnoteže u leđima, kukovima, koljenima ili stopalima. Pokretljivost tijela se oslanja na donji dio leđa, noge i stopala koji rade zajedno u ravnoteži. Loše držanje uzrokuje nepravilan položaj kralježnice, što dovodi do nepotrebnog pritiska u pogrešnim dijelovima leđa. Često problemi s držanjem ne počinju u leđima, već mnogo niže, u stopalima. Osobe s abnormalnim lukovima u stopalima mogu primijetiti da njihove noge kompenziraju kako bi stvorile stabilnost, što dovodi do problema u leđima (2).

U optimalnom položaju tijekom stajanja, položaj s ravnim stopalima formira kut od 30 stupnjeva, dok se linija spuštena sa sakralnog promontorija usmjerava prema sredini između stopala duž linije koja prolazi između navikularnih kostiju. Pronacija je ključni faktor koji utječe na funkciju stopala. Ona se odnosi na prirodno kretanje stopala prema unutra tijekom spuštanja, što pomaže apsorbirati udar i ravnomjerno raspodijeliti sile pri svakom koraku. Međutim, neki ljudi imaju nepravilne obrasce pronacije, što može dovesti do problema u biomehanici tijela (2). Pronacija nastaje kada se gornji dio kalkaneusa nagne i zakotrlja prema unutra, povlačeći talus sa sobom. To oslobađa navikularnu kost iz artrodije s talusom i ugrožava medijalni uzdužni luk. Kada se ovaj luk sruši, može pokrenuti serijsku distorziju koja se može proširiti sve do zatiljka (10). Pronacija stražnjeg stopala kontrolira kretanje kockaste i navikularne kosti. Pad navikularne kosti je znak

abnormalne pronacije. Ako je razlika između visine navikularne kosti u neutralnom položaju i s punom težinom veća od 10 milimetara, radi se o prekomjernoj pronaciji. Prekomjerna pronacija može uzrokovati ozljede medijalnog dijela koljena, unutarnju rotaciju kuka, povećanje kuta bedrene anteverzije, povećanje lumbalne lordoze, narušavanje lumbopelvične poravnatosti te rezultirati bolovima u donjem dijelu leđa i lumbopelvičnom nestabilnošću (12). Ako biomehanika stopala ima tendenciju prema hiperpronaciji ili prekomjernoj supinaciji višak šoka se prenosi na zglobove kralježnice (Slika 1). Stopalo s visokim svodom ili kavusno stopalo, koje ima ograničen raspon pokreta, loše apsorbira udarce i uzrokuju savijanje nogu prema van što na kraju utječe na zakrivljenost leđa, dok hipermobilno ravno stopalo također slabo apsorbira šok zbog svoje uloge na kraju samog pokreta. U oba slučaja, sile se mogu osjetiti u zglobovima zdjelice i kralježnice. Zapravo, poboljšanje apsorpcije šoka iz donjih ekstremiteta moglo bi biti jedno od najvažnijih dugoročnih poboljšanja koje prijavljuju pacijenti s degenerativnim promjenama kralježnice. Postoji neizravna veza između boli u donjem dijelu leđa i plantarnog fasciitisa. Bol u leđima može promijeniti tjelesnu mehaniku i držanje, što utječe na hod i raspodjelu težine na stopalima te tako pridonosi plantarnom fasciitisu. Također, napetost u tetivama koljena ili fleksorima kuka, povezana s bolovima u donjem dijelu leđa, može utjecati na mehaniku stopala i pogoršati plantarni fasciitis (10, 2).



**Slika 1.** Pronacija i supinacija stopala

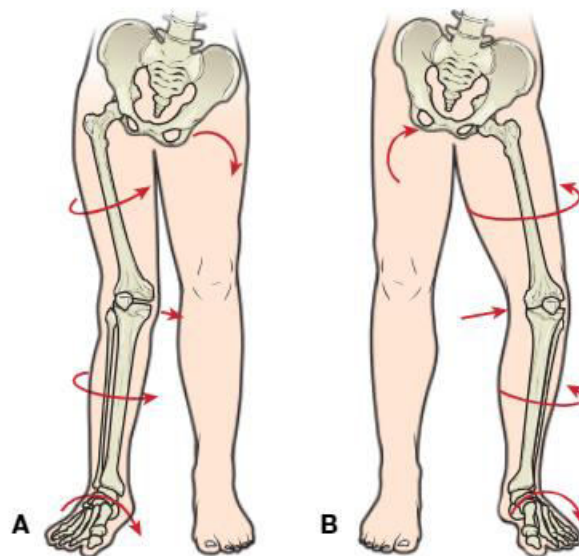
### Izvor:

[file:///C:/Users/ivica/Downloads/Paul%20Jackson%20Mansfield %20Donald%20A.%20Neumann  
%20-  
%20Essentials%20of%20Kinesiology%20for%20the%20Physical%20Therapist%20Assistant.%20  
2nd%20edition-Mosby%20\(2013\).pdf](file:///C:/Users/ivica/Downloads/Paul%20Jackson%20Mansfield%20Donald%20A.%20Neumann%20-%20Essentials%20of%20Kinesiology%20for%20the%20Physical%20Therapist%20Assistant.%202nd%20edition-Mosby%20(2013).pdf)

Kada stopalo i gležanj funkcioniraju s produljenom pronacijom cijeli donji ekstremitet prolazi kroz prekomjernu unutarnju rotaciju. To dovodi do niza biomehaničkih promjena u zdjelici, sakroilijakalnim zglobovima i kralježnici. Zbog prekomjerne unutarnje rotacije bedrene kosti uzrokovane hiperpronacijom, može doći do kompenzacijskog skraćivanja iliopsoasa, što povlači kralježnicu dolje, naprijed i kontralateralno. Ako je zahvaćen iliopsoas s jedne strane to može uzrokovati jednostrani anteriorni nagib zdjelice, dok bilateralna hiperpronacija može dovesti do povećanja lumbalne lordoze. Ponavljajuće abnormalno kretanje zglobova koje utječe na sakroilijakalne i lumbalne zglobove kralježnice može biti rezultat ovog problema. Korištenje ortoza za kontrolu hiperpronacije može značajno smanjiti ove sile (10).

Različiti položaji stopala mogu dovesti do značajnih promjena u nagibu i torziji zdjelice (Slika 2). Povećanje anteverzije zdjelice može biti posljedica bilateralne ili unilateralne everzije kalkaneusa. Poravnanje stopala, bez obzira na ravninu kretanja, utječe na poravnanje zdjelice. Najveće promjene u položaju zdjelice primijećene su kada je vanjski rub stopala povišen. Pretpostavlja se da biomehanički lanac donjeg ekstremiteta može kompenzirati barem hiperpronaciju skočnog zgloba, odnosno smatra se da se donji dio noge može tada lakše prilagoditi i nadoknaditi prekomjernu unutarnju rotaciju skočnog zgloba za razliku povišenog stopala. Moguće objašnjenje za promjene u položaju zdjelice je da se povećanjem vanjskog ruba stopala kalkaneus izvija što dovodi do toga da talus bude prisiljen kliznuti medijalno i prema dolje. Taj pokret rezultira unutarnjom rotacijom potkoljenice koja je povezana s rotacijom bedrene kosti, ali u manjoj amplitudi. Unutarnja rotacija glave bedrene kosti povećava pritisak na stražnji dio acetabuluma, što na kraju može rezultirati nagibom zdjelice. Zdjelični pojas povezan je snažnim fibroznim tkivom s lumbalnom kralježnicom u sakroilijakalnom zglobo. Zbog toga promjene u položaju

zdjelice mogu dovesti do promjena u posturi kralježnice, posebno u lumbalnoj lordozi (11). Nagib zdjelice definiran je kao kut između horizontalne ravnine i pravca koji prolazi kroz središnju točku posteriornog superiornog ilijačnog grebena (PSIS) i središta anteriornog superiornog ilijačnog grebena (ASIS). Lumbalna lordoza je fiziološka krivulja koju preuzima lumbalna kralježnica, gdje lumbalna kralježnica tvori anteriorni konveksitet. Nagib zdjelice i lumbalna lordoza su povezani, jer položaj zdjelice utječe na zakrivljenost lumbalne kralježnice. Povećani nagib zdjelice (anteriorni nagib) povećava lumbalnu lordozu, dok smanjenje nagiba zdjelice (posteriorni nagib) smanjuje lumbalnu lordozu. Održavanje optimalnog nagiba zdjelice i lumbalne lordoze je važno za pravilno držanje tijela, smanjenje rizika od bolova u leđima i prevenciju ozljeda (13). Hiperlordoza i skolioza kralježnice nastaju povećanjem anteverzije i nagiba zdjelice. To može dovesti do povećanog opterećenja na fasetnim zglobovima, što rezultira bolovima u lumbalnom dijelu leđa. Ponekad je teško povezati promjene zdjeličnog tilta s promjenom posture, iako je neupitno da promjene u jednom od gore navedenih segmenata dovode do promjena u drugom segmentu. Objašnjenje možda leži u tome da su neke promjene položaja stopala premale da bi stvorile značajne i trenutačne promjene na kralježnici. Također je moguće da kinematski lanac donjeg ekstremiteta i zdjeličnog pojasa u određenoj mjeri kompenzira promjene. Međutim, dugoročni učinci tih položaja postaju vidljivi nakon nekog vremena (11).



**Slika 2.** Pronacija stvara medijalnu rotaciju tibije i femura (A), supinacija stvara lateralnu rotaciju tibije i femura (B)

**Izvor:**

[https://www.academia.edu/102932104/Brunnstroms\\_clinical\\_kinesiology\\_compress](https://www.academia.edu/102932104/Brunnstroms_clinical_kinesiology_compress)

Proprioceptori su osjetilni organi smješteni u mišićima i zglobovima koji pružaju središnjem živčanom sustavu informacije o stanju, funkciji i položaju mišićno-koštanog sustava. Stopala koja sadrže mnogo malih zglobova, velike slojeve vezivnog i zglobnog tkiva te unutarne i vanjske mišiće, bogato su opskrbljena proprioceptivnim živčanim završecima. Kada dođe do biomehaničke disfunkcije vjerojatno je da stopala šalju netočne neurološke informacije središnjem živčanom sustavu. To može negativno utjecati na koordinaciju i ravnotežu cijele kralježnice i zdjelice (10).

Kada postoji asimetrija u duljini nogu, anatomske ili funkcionalne, jedna strana zdjelice je niže položena. Asimetrija duljine nogu dovodi do rotacije kralježaka, ponovljenih subluksacija i moguće funkcionalne skolioze što stvara napetost u strukturama zdjelice i donjeg dijela leđa. Ove napetosti ne samo da mogu uzrokovati kroničnu bol već su povezane s određenim degenerativnim promjenama. Najčešći uzrok funkcionalne kratke noge je spuštenu medijalni luk i pretjerana pronacija. Studija Rothbarta i Estabrooka pokazala je faktor povezanosti od 0,97 između asimetrične pronacije i nagiba zdjelice na

istu stranu. Zbog ovih nalaza, teško je tretirati disfunkciju zdjelice i kralježnice bez liječenja problema sa stopalima (10).

Jedan od najvećih problema s bolovima u leđima, zdjelici i stopalima je taj što se radi o začaranom krugu. Kad se tijelo prilagodi ravnim stopalima to utječe na leđa, što može dovesti do pogoršanja držanja i povećanog pritiska na nepravilne dijelove stopala. Ovo dodatno izravna luk, pogoršavajući problem koji je započeo ciklus. Začarani krug nije ograničen samo na ljude s bolovima u leđima i ravnim stopalima već se odnosi i na visoke lukove, plantarni fasciitis, stabilnost gležnja i druge probleme sa stopalima (2).

Sposobnost kompleksa stopala i gležnja da izvršava stabilizacijske i mobilizacijske zadatke ovisi o pravilnoj raspodjeli plantarnog pritiska. Svaka nepravilnost u raspodjeli vršnih plantarnih pritisaka, kao i mišićne slabosti, može negativno utjecati na donje udove, poravnanje zdjelice, aktivnost m. erector spinae i glutealnih mišića te na kinematiku lumbalne kralježnice. Za uspostavljanje i održavanje lumbopelvične stabilnosti ključna su tri sustava: pasivni koštano-ligamentni sustav, aktivni sustav mišića te neuralni kontrolni mehanizam. Ovi sustavi zajedno osiguravaju statičku i dinamičku izdržljivost te multisegmentalnu i intersegmentalnu kontrolu lumbopelvične regije, posebno u otporu na torzijske i kompresivne sile. Glavne strukture odgovorne za ovu kontrolu su m. transversus abdominis (mTrA) i m. multifidus lumbalis (mLM). Kontrakcija mTrA uzrokuje napetost torakolumbalne fascije i povećava intraabdominalni tlak, što zajedno s funkcijom mLM doprinosi lumbopelvičnoj kontroli. Blizina dubokih vlakana mLM centru rotacije kralježaka te njegova kratka vlakna i velika fiziološka površina presjeka omogućuju mu snažnu lumbopelvičnu stabilnost, čineći ga specifičnim za tu funkciju (12).

Biomehanička i mišićno-koštana svojstva stopala i gležnja povezana su s debljinom mišića koji su odgovorni za lumbopelvičnu motoričku kontrolu. Fiziološka funkcija subtalarnog zgloba ključna je za pravilnu raspodjelu plantarnog pritiska. Zdravi hod zahtijeva normalnu i pravovremenu pronaciju i supinaciju. Prekomjerna i produžena pronacija stražnjeg dijela stopala povećava kontakt i pritisak u medijalnoj liniji stopala što može negativno utjecati na proksimalne segmente tijekom stajanja i hodanja zbog biomehaničkog poravnanja. S povećanjem pronacije stražnjeg stopala smanjuje se debljina mišića mTrA i mLM, pri čemu je mLM najviše pogođen (12).

Biomehantička povezanost između proksimalnih i distalnih segmenata postaje izraženija zbog dinamičkih momenata tijekom aktivnosti poput hodanja i trčanja. Bol u donjem dijelu leđa češće je povezana s abnormalnim stresom tijekom hoda nego s anatomskim abnormalnostima kralježnice. Ovo istraživanje naglašava važnost pregleda držanja stopala kao uzroka bolova u donjem dijelu leđa. Prilagođene ortoze za stopala mogu biti učinkovitije u ublažavanju križobolje od standardnih metoda liječenja, pružajući dugotrajnije olakšanje (12).

Tijekom hodanja, mišići poput mTrA i mLM aktiviraju se kontinuirano, dok se površinski trbušni i paraspinalni mišići aktiviraju fazu po fazu. Najveće kontrakcije ovih mišića događaju se prilikom udarca pete. Sile koje nastaju prilikom kontakta pete s tlom prenose se preko donjih ekstremiteta na lumbopelvičnu regiju. Snaga mišića koji flektiraju i ekstendiraju stopalo, zajedno s vertikalnim i lateralnim oscilacijama zdjelice, ključni su za apsorpciju sila reakcije tla. Slabljenje ovih mišića i biomehantički problemi u zdjelici mogu dovesti do bolova u leđima (12).

Sjedilački način života u suvremenom društvu uzrokuje mnoge mišićno-koštane poremećaje pa tako i promjene stopala. Prema nekim autorima, visoka stopala su sada češća kod djece i adolescenata nego prije (14). Čak i minimalna povišenja medijalnog uzdužnog svoda stopala mogu promijeniti raspodjelu opterećenja i pritiska što smanjuje pokretljivost stopala i slabi mehanizam za apsorpciju udarca, povećavajući rizik od ozljeda. Uočeno je da promjene položaja stopala pomoću ortoze mogu utjecati na bioelektričnu aktivnost proksimalnih mišića u donjim udovima i trupu. Kao i kod pronacije stopala, promjene sila u tkivima često su lokalne i ne utječu na udaljene dijelove tijela. Međutim, trajno nepravilno savijanje stopala može izazvati promjene u raspodjeli opterećenja. Putem miofascijalnog sustava, abnormalna napetost u mekim tkivima stopala može se proširiti na gornje dijelove tijela, uzrokujući preopterećenje i trajne promjene u ligamentno-fascijalnom sustavu, što dovodi do posturalnih promjena (14).

Čak i blago povećanje savijanja stopala, iako se često ne smatra patološkim, može uzrokovati značajne promjene u raspodjeli opterećenja između udova i između prednjeg i stražnjeg dijela stopala. Osobe s visokim svodom stopala imaju smanjenu nosivost i povećano opterećenje prednjeg dijela stopala. Veći plantarni pritisak i sila u prednjem

dijelu stopala primjećena je kod osoba s visokim svodom u usporedbi s onima s ravnim stopalima. Visoka stopala, s manjom površinom kontakta i slabijom apsorpcijom udaraca, izložena su većem riziku od ozljeda donjih ekstremiteta. Loša raspodjela opterećenja kod visokog stopala može uzrokovati bol i patologiju u drugim dijelovima tijela zbog ponovljenih mikrotrauma (14).

Osobe s visokim svodom stopala i povećanim opterećenjem prednjeg dijela stopala pokazuju smanjen nagib trupa prema naprijed u usporedbi s onima s normalnim stopalima. Ovo smanjenje nagiba može biti kompenzacijska reakcija na veće opterećenje prednjeg dijela stopala. Smanjena površina stopala koja nosi težinu može dovesti do smanjenja proprioceptivne stimulacije, mijenjajući tako posturalne reakcije. Plantarni mišići i plantarna fascija koji održavaju uzdužni svod stopala, igraju ključnu ulogu u proprioceptiji, stabilnosti i kontroli pokreta. Vrsta stopala utječe na posturalnu stabilnost u statičkim i dinamičkim uvjetima. Osobe s visokim svodovima na stopalima pokazuju bolju posturalnu kontrolu u posteriornom i posterio-lateralnom smjeru, stoga bi tip stopala trebao biti uzet u obzir tijekom kliničke evaluacije ravnoteže (14).

Većina studija pokazuje utjecaj niskog svoda stopala ili hiperpronacije na poravnanje zdjelice i lumbalne kralježnice, uključujući povećanje anteriornog nagiba zdjelice s obostranom i jednostranom everzijom kalkaneusa te bočnog nagiba zdjelice s jednostranom everzijom kalkaneusa. Malo je studija koje procjenjuju utjecaj visokog svoda stopala i supinacije na držanje tijela. Hiperpronacija može uzrokovati unutarnju rotaciju potkoljenice i bedra te promjenu položaja zdjelice. Supinacija stopala (kalkanealna inverzija) pretpostavljala se uzrokom posteriornog nagiba zdjelice i smanjenja lumbalne lordoze. Međutim, mnoga istraživanja nisu pokazala promjene u nagibu zdjelice ili lumbalnoj lordozi, sugerirajući da su učinci pokreta kalkaneusa premali da bi se otkrili u zdjelici i donjem dijelu leđa (14).

Daljnja istraživanja pacijenata s različitim patologijama stopala mogu poboljšati razumijevanje prijenosa sila kroz kinematičke lance od stopala do kuka, zdjelice i prsnog koša. Bolje razumijevanje međusobnog utjecaja dijelova biokinematičkih lanaca omogućit će precizniju procjenu i liječenje tjelesnih nepravilnosti (14).

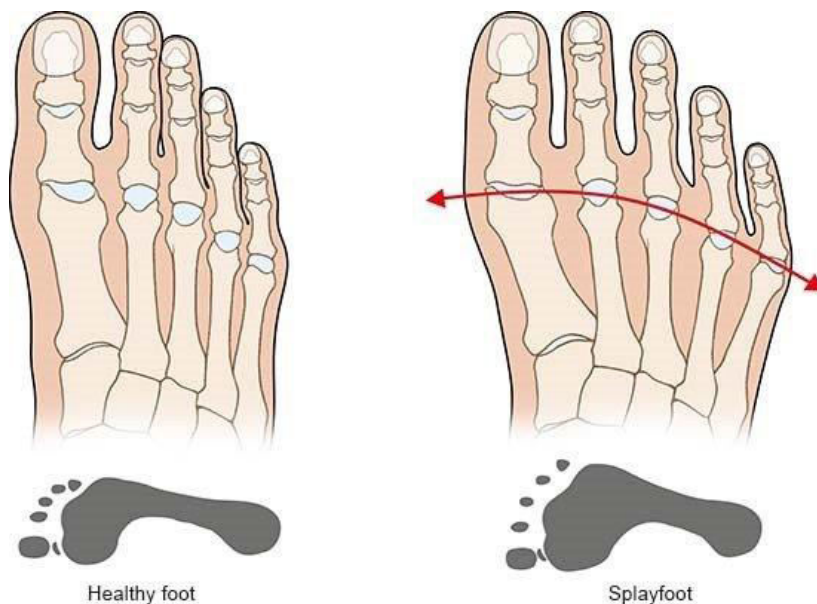


### 3.5. DEFORMITETI STOPALA

Većina ljudi ima blago deformirana stopala, što je normalno i obično ne uzrokuje probleme. Rijetko tko ima "savršena" stopala. Deformacije mogu nastati zbog vanjskih faktora, položaja stopala ili bolesti. Ovi deformiteti ponekad, ali ne uvijek, mogu uzrokovati bol i poteškoće pri hodanju. Postoji nekoliko vrsta deformacija stopala, a neke su prisutne od rođenja (15).

#### 3.5.1. Razmaknuto stopalo

Kod razmaknutog stopala, metatarzalne kosti se šire, što širi prednji dio stopala i povećava pritisak na srednje kosti, uzrokujući bol i zadebljanje kože te žuljeve (Slika 3). Osobe s razmaknutim stopalima sklonije su razvoju čukljeva (hallux valgus) (15).



**Slika 3.** Razmaknuto stopalo

**Izvor:**

### 3.5.2. Hallux valgus

Hallux valgus (HV), poznat i kao čukalj, jedan je od najčešćih deformiteta prednjeg dijela stopala. Očituje se devijacijom proksimalne falange lateralno i glave prve metatarzalne kosti medijalno, nazvanom metatarsus primus varus (Slika 4). Etiologija nije potpuno razjašnjena, ali HV je češći kod žena, osobito onih koje nose tijesne ili visoke cipele. Liječenje prvo uključuje nekirurške metode poput širih cipela, primjenu ortoza i noćnih udlaga. Ako to ne uspije, preporučuje se kirurško liječenje, koje pacijenti dobro podnose, a koštano srastanje obično traje 6 do 7 tjedana (16).



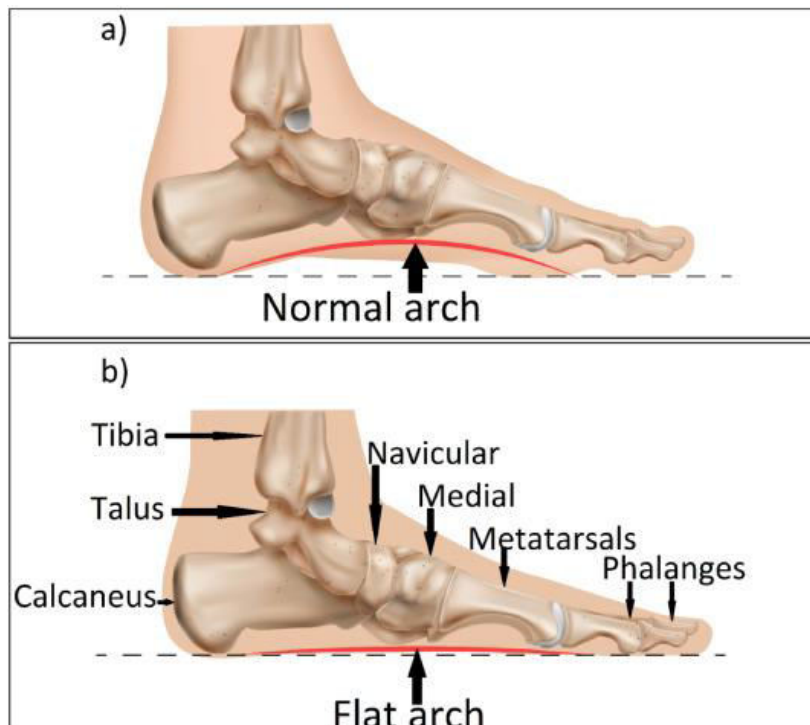
#### Slika 4. Hallux valgus

Izvor:

<https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/14386-bunions-hallux-valgus>

#### 3.5.3. Ravno stopalo

Kod osoba sa spuštenim svodovima stopala, luk ispod stopala je ravniji pa veći dio stopala dodiruje pod kod stajanja ili hodanja. To može postati bolno s vremenom, a ekstremni slučajevi nazivaju se ravnim stopalima, gdje cijeli taban dodiruje pod (Slika 5). Spušteni svodovi i ravna stopala obično se razvijaju s vremenom, a rijetko su urođeni. Uzroci mogu uključivati slabost mišića stopala, nepravilno opterećenje, neprikladnu obuću i upalu zglobova (15).



Slika 5. Ravno stopalo

**Izvor:**

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2773157X23001224>

### 3.5.4. Pronirano stopalo

Kod ove deformacije stopala peta se nagine prema unutra. Pronirana stopala nastaju u djetinjstvu te su često povezana s ravnim stopalom, no obično uzrokuju probleme tek u 30-im ili 40-im godinama života. Osobe s prekomjernom težinom često zadržavaju pronirani položaj stopala (15).

### 3.5.5. Udubljeno stopalo

Osobe s ovim deformitetom stopala imaju neuobičajeno visok svod i povišenu gornju površinu stopala što povećava opterećenje stopala (Slika 6). To može uzrokovati bol i žuljeve. Stopala s visokim svodom često su uzrokovana problemima sa živcima. Kod ovog oblika stopala povećan je rizik od ozljeda gležnja i razvoja kandžastih prstiju (15).



**Slika 6.** Udubljeno stopalo

**Izvor:**

<https://www.linkedin.com/pulse/orthotic-therapy-pes-cavus-foot-carsten-scheibye>

### 3.5.6. Pes equinus

Stopalo je usmjereno prema dolje, a peta se ne može spustiti na pod zbog skraćenih mišića potkoljenice (Slika 7). Osobe s ovim deformitetom hodaju i stoje samo na prednjem i srednjem dijelu stopala, bez glatkog prijelaza od pete do prstiju. Ekvinusno stopalo može nastati zbog oštećenja mozga koje utječe na živce i mišiće, produženog ležanja u krevetu ili ozljede, poput ozljede gležnja (15).



**Slika 7.** Pes equinus

**Izvor:**

[https://www.physio-pedia.com/Equinus\\_Deformity](https://www.physio-pedia.com/Equinus_Deformity)

### 3.5.7. Uvrnuto stopalo ili pes equinovarus

Kod ove teške deformacije stopalo je okrenuto prema dolje i prema unutra, često omogućavajući stajanje samo na vanjskom rubu ili, u ekstremnim slučajevima, na gornjoj površini stopala (Slika 8). Osobe s uvrnutim stopalom imaju poteškoće sa stajanjem i hodanjem, osjećaju bol, a stopalo se s vremenom ukoči. Uvrnuto stopalo je obično urođeno, uzrokovano nepravilnim razvojem određenih mišića tijekom trudnoće, često iz nepoznatih razloga, ali mogu biti uključeni geni i razvojni problemi u majčinoj utrobi. Češće se javlja kod dječaka i može se pojaviti zajedno s displazijom kuka (15).



**Slika 8.** Pes equinovarus

**Izvor:**

<https://zdravlje.eu/2011/04/16/kongenitalni-pes-equinovarus/>

### **3.5.8. Plantarni fasciitis i calcar calcanei**

Bol u prednjem dijelu donje strane pete često je uzrokovana plantarnim fasciitisom, s kalkanealnim trnom ili bez njega. Ovo stanje nastaje zbog napetosti plantarne fascije kod spuštenih stopala i prekomjernog opterećenja što uzrokuje upalu. Često se javlja kod sportaša, posebno trkača, kod onih koji puno stoje ili hodaju te kod osoba sa spuštenim stopalima. Češće se pojavljuje kod žena. Karakteristična je bol pri prvim koracima nakon ustajanja ujutro, koja se smanji, ali se vraća nakon duljeg stajanja, hodanja ili trčanja. Na radiološkim snimkama često se vidi kalkanealni trn na hvatištu plantarne aponeuroze (6).

## 4. ZAKLJUČAK

Biomehantičke karakteristike stopala imaju značajan utjecaj na držanje tijela, hodaње i ravnotežu. Promjene u biomehanici stopala mogu rezultirati različitim problemima muskuloskeletnog sustava. Povezanost između stopala, zdjelice i kralježnice ključna je za razumijevanje biomehanike ljudskog tijela i funkcionalnosti. Biomehantičke abnormalnosti stopala mogu dovesti do neravnomjerne raspodjele opterećenja na zglobovima i mišićima u zdjelici i kralježnici. Pravilna evaluacija i tretman biomehantičkih problema stopala mogu biti važni u prevenciji i liječenju ovih stanja.

Iako je očito da biomehanika stopala igra ključnu ulogu u funkcioniranju muskuloskeletnog sustava, količina istraživanja koja je posvećena ovoj temi je ograničena. Pronalaženje relevantnih izvora može biti teško, što otežava daljnje istraživanje i razumijevanje kompleksnosti ove povezanosti. Nedostatak literature također ograničava mogućnosti za razvoj novih terapijskih pristupa i prevenciju problema povezanih s biomehantičkom stopala. Stoga, daljnja istraživanja i ulaganje u ovo područje su ključni kako bi se riješili ovi nedostaci i pružila bolja razumijevanja važnosti biomehanike stopala za cjelokupno zdravlje i funkcioniranje tijela. Unatoč brojnim istraživanjima, još uvijek postoji značajna nejasnoća u razumijevanju kako se razlikuje utjecaj biomehantičkih značajki stopala na zdjelicu i kralježnicu među muškarcima i ženama. Biomehantičke karakteristike stopala, poput pronacije, supinacije, dužine nogu, mišićne aktivnosti i stabilnosti, raspodjele težine te apsorpcije šoka, mogu varirati ovisno o spolu. Razlike u strukturi i anatomiji stopala između spolova mogu utjecati na način na koji stopala podržavaju tijelo i prenose opterećenje na zglobove, zdjelicu i kralježnicu. Istraživanja pokazuju da žene imaju veći prednji nagib zdjelice, unutarnju rotaciju bedra, valgus koljena i genu recurvatum u usporedbi s muškarcima. Ove razlike u poravnanju prevladavaju na kuku i koljenu, dok nisu primijećene u potkoljenici, gležnju i stopalu, osim u pronaciji stopala. Razlike u mišićnoj snazi, strukturi stopala, kao i hormonalne promjene mogu doprinijeti varijacijama u utjecaju stopala na zdjelicu i kralježnicu između muškaraca i žena. Potrebna su daljnja istraživanja kako bi se razjasnila specifična interakcija između biomehantičkih značajki stopala i mehanike tijela u kontekstu spola.

U cjelini, povezanost između stopala, zdjelice i kralježnice naglašava važnost holističkog pristupa u dijagnostici i tretmanu problema s muskuloskeletnim sustavom, uzimajući u obzir funkcionalnost cijelog tijela, a ne samo izolirane dijelove.

Stručnjaci kao što su ortopedi, fizijatri, podolozi i fizioterapeuti mogu pružiti specijalizirane savjete i tretmane u liječenju ovih problema. Integrirani pristup koji kombinira različite stručnosti omogućava detaljnu procjenu biomehaničkih i funkcionalnih karakteristika stopala te njihovog utjecaja na zdjelicu i kralježnicu. To uključuje prilagodbu ortopedskih uložaka, preporuke za odgovarajuću obuću, te provođenje ciljanih vježbi i terapija koje podržavaju optimalnu funkcionalnost muskuloskeletnog sustava. Holistički pristup također podrazumijeva kontinuiranu procjenu i individualizirani pristup svakom pacijentu, što je ključno za postizanje dugoročnih rezultata i poboljšanje kvalitete života.



## 5. LITERATURA

1. Khamis S, Yizhar Z. Effect of feet hyperpronation on pelvic alignment in a standing position. *Gait & Posture*. 2007 Jan;25(1):127–34.
2. Maiden T. Back and Foot Pain: Biomechanical Link | The Foot Practice Podiatry Clinic Singapore [Internet]. The Foot Practice Podiatry Clinic. 2023 [cited 2024 Jun 2]. Dostupno na: <https://thefootpractice.com/back-and-foot-pain-related/>
3. Predrag Keros, Marko Pećina. Funkcijska anatomija lokomotornog sustava. 2006.
4. Dodig M. Biokinetika čovječjeg tijela. Rijeka: Paradox ; 2019.
5. Physiopedia. Foot and Ankle Structure and Function [Internet]. Physiopedia. 2012. Dostupno na: [https://www.physiopedia.com/Foot\\_and\\_Ankle\\_Structure\\_and\\_Function](https://www.physiopedia.com/Foot_and_Ankle_Structure_and_Function)
6. Pećina M. Ortopedija. Zagreb: Naklada Ljevak ; 2000.
7. Donatelli R. Normal Biomechanics of the Foot and Ankle. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1985 Nov;7(3):91–5.
8. Ruszkowski I. Ortopedija. 1990.
9. Putz R, Müller-Gerbl M. [Functional anatomy of the foot]. *Der Orthopade* [Internet]. 1991 Mar 1 [cited 2024 May 12];20(1):2–10. Dostupno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2034442/>
10. Spinal Biomechanics: What Role Do the Feet Play? | Dynamic Chiropractic [Internet]. dynamicchiropractic.com. [cited 2024 Jun 1]. Dostupno na: <https://dynamicchiropractic.com/article/52427-spinal-biomechanics-what-role-do-the-feet-play>
11. Betsch M, Schnependahl J, Dor L, Jungbluth P, Grassmann JP, Windolf J, et al. Influence of foot positions on the spine and pelvis. *Arthritis Care & Research*. 2011 Nov 29;63(12):1758–65.
12. Kararti C, BİLGİN S, Dadali Y, Büyükturan B, BÜYÜKTURAN Ö, Bek N. Are Biomechanical Features of the Foot and Ankle Related to Lumbopelvic Motor Control? *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 2019 Oct 18;

13. Levine D, Whittle MW. The Effects of Pelvic Movement on Lumbar Lordosis in the Standing Position. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1996 Sep;24(3):130–5.
14. Woźniacka R, Oleksy Ł, Jankowicz-Szymańska A, Mika A, Kielnar R, Stolarczyk A. The association between high-arched feet, plantar pressure distribution and body posture in young women. *Scientific Reports*. 2019 Nov 20;9(1).
15. Information NC for B, Pike USNL of M 8600 R, MD B, Usa 20894. Foot deformities [Internet]. [www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov). Institute for Quality and Efficiency in Health Care (IQWiG); 2018. Dostępno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK513132/>
16. Kuhn J, Alvi F. Hallux Valgus [Internet]. PubMed. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. Dostępno na: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31971732/>

## **6. ŽIVOTOPIS**

### **Osobni podaci**

Ime i prezime: Nataša Orlandini

Datum i mjesto rođenja: 6. prosinca 2001., u Splitu

### **Obrazovanje**

2008. – 2016. Osnovna škola „Skalice“

2016. – 2020. I. gimnazija Split

2021. – 2024. Sveučilišni odjel zdravstvenih studija u Splitu, preddiplomski studij smjera fizioterapije