Primjena pedobarografije u kineziterapiji

Bukvić, Tomislav

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:890797

Rights / Prava: Attribution 4.0 International/Imenovanje 4.0 međunarodna

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Kinesiology, University of Zagreb - KIFoREP

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

(studij za stjecanje visoke stručne spreme

i stručnog naziva: magistar kineziologije)

Tomislav Bukvić

PRIMJENA PEDOBAROGRAFIJE U KINEZITERAPIJI

(diplomski rad)

Mentor:

prof. dr. sc. Vladimir Medved

Zagreb, rujan 2017.

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Vladimiru Medvedu na korisnim informacijama i usmjeravanju tijekom izrade diplomskog rada. Također, zahvaljujem se kolegi Filipu Bolčeviću na pomoći pri provođenju mjerenja u Laboratoriju za biomehaniku Kineziološkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu.

PRIMJENA PEDOBAROGRAFIJE U KINEZITERAPIJI

Sažetak

Spušteni svodovi stopala i ostale deformacije narušavaju posturu stopala. Narušena postura stopala utječe na posturu cijelog tijela te tako i na kvalitetu života. Mnogo je istraživanja i analiza koje potvrđuju razine spuštenost svodova stopala, ali za pedobarografiju je specifično utvrđivanje spuštenosti poprečnog svoda stopala. Pedobarografija je elektronsko mjerenje opterećenja stopala, a pedobarografska analiza pokazuje distribuciju plantranih tlakova. U ovom radu prikazan je proces mjerenja ispitanika pedobarografijom te slikoviti prikaz dobivenih podataka.

Ključne riječi: pedobarografija, deformacije stopala, analiza hoda.

Summary

Flatfoot and other foot deformities affect the foot posture. This also affects the body posture and by that, also the quality of life. Many studies show the levels of the prolapsed arches of the foot, but pedobarography specifically measures prolapse of the transversal foot arch. Pedobarography is an eletronical system that measures foot pressures, and pedobarographic analyses showes the ditribution of the plantar pressures. Pedobarographic measurment and data analyses is shown in this thesis.

Key words: Pedobarography, Foot deformities, Gait analyses.

SADRŽAJ

1. UVOD ……..……... 6

2. STRUKTURALNA ANATOMIJA STOPALA I POTKOLJENICE..... 8

2.1. Kosti potkoljenice …….. 8

2.2. Golijenski mišići…… 8

2.2.1. Prednja skupina golijenskih mišića……. 9

2.2.2. Lateralna skupina golijenskih mišića…….. 10

2.2.3. Stražnja skupina golijenskih mišića…… 11

2.3. Kosti stopala…….. 13

2.4. Mišići stopala……. 15

2.4.1. Hrpteni (dorzalni) stopalni mišići…… 15

2.4.2. Tabanski (plantarni) stopalni mišići…… 16

3. FUNKCIONALNA ANATOMIJA STOPALA…….. 18

3.1. Statičke funkcije stopala – svodovi stopala……. 18

3.1.1. Medijalni svod stopala…….. 19

3.1.2. Lateralni svod stopala……... 20

3.1.3. Distalni poprečni stopalni luk…….. 21

3.2. Dinamičke funkcije stopala…….. 22

3.2.1. Mehanika gornjeg gležanjskog zgloba…… 22

3.2.2. Mehanika donjeg gležanjskog zgloba…….. 23

3.2.3. Mehanika tarzalnih, tarzometatarzalnih i intermetatarzalnih zglobova……. 24

4. DEFORMITETI STOPALA…… 25

4.1. Spušteno (ravno) stopalo (pes planovalgus, planus et transversoplanus) …… 27

4.2. Sindrom prenaprezanja…… 28

5. ANALIZA HODA……. 30

5.1. Sastavnice hoda……. 31

5.2. Vremenski parametri…… 32

5.3. Sila …….. 32

5.4. Prikaz kretnji gležnja i stopala tijekom hoda……. 33

5.4.1. Period kontakta pete……. 33

5.4.2. Period sredine opterećenja……... 34

5.4.3. Period odraza ……. 34

5.4.4. Faze kretnje……... 34

5.5. Aktivnost mišića potkoljenice i stopala tijekom hoda……...…… 35

6. PRIKAZ MJERENJA…….. 37

7. ZAKLJUČAK 42

8. LITERATURA…….. 43

1. UVOD

Moderni pristup dijagnostici ljudskog kretanja, za potrebe medicinskih, kao i raznih sportskih primjena, bazira se na laboratorijskim biomehaničkim mjerenjima i analizama (Medved i Kasović, 2007). Novi se izumi od davnina koriste u svrhu unapređenja kvalitete života čovjeka. Sposobnost stvaranja i primjene tehnoloških alata predstavlja motor pokretač napretka i razvitka ljudske vrste. Upravo je tehnološki napredak u znanosti, medicini, industriji i mnogim drugim područjima rezultirao sve dužim životnim vijekom čovjeka s jedne strane, te pojavom brojnih bolesti današnjice s druge strane (Trošt Bobić, Ciliga, 2015). Bolesti uslijed nedostatka kretanja i tjelesne neaktivnosti mogu se smatrati značajnim patogeno uvjetovanim čimbenikom (Kosinac, 2012). Obzirom na sve veću rasprostranjenost kroničnih bolesti koje utječu na ljudsku lokomociju, pojavila se potreba unapređenja rehabilitacijske znanosti i prakse, a u cilju poboljšanja svakodnevne lokomotorne funkcije čovjeka (Trošt Bobić, Ciliga, 2015). Svojom impresivnom građom te biomehaničkom ulogom elastične opruge koja nas nosi i pokreće, amortizirajući udarce o podlogu, a istodobno prilagođavajući se različitim terenima, stopalo predstavlja neophodni dio našeg tijela kako pri statičkom, tako i pri dinamičkom opterećenju (Kovač i Čačić Ruven, 2001). Statički promatrano, stopalo mora biti dovoljno čvrsto da nosi tjelesnu težinu, dok se dinamički mora prilagoditi podlozi, ublažiti udarce o podlogu i tako omogućiti hodanje, trčanje i skakanje (Trošt, Ciliga, Petrinović-Zekan, 2005). U današnje vrijeme sve je raširenija praktična primjena novih mogućnosti objektivnog kvalitativnog ali i kvantitativnog određivanja deformacija stopala u djece i mladeži. Nova mogućnost kvantitativnog određivanja deformacija stopala jest prije svega pedobarografija, posebna tehnička disciplina koja se razvila unutar podologije, ortopedske subspecijalnosti koja se bavi stopalom. Otisci tabana mogu se vidjeti pomoću podoskopa, a registrirati u vidu plantograma. Koraci, odnosno hodanje može se proučavati jedino elektronskim mjerenjem pojedinih faza koraka. Kod sportaša dolazi do velikih problema ukoliko je statika stopala nepravilna jer pod velikim opterećenjima koja se proizvode, osobito kod doskoka na stopalo, dolazi do većih deformacija nego što bi inače nastale, te do sindroma prenaprezanja i ozljeda (Milošević i sur., 2002). Međutim, stopalo čovjeka još uvijek se nije u potpunosti hominiziralo, odnosno nije se u cijelosti prilagodilo dvonošcu, čovjeku, bez obzira na tako dugi evolucijski put. Upravo zato stopalo čovjeka je itekako osjetljivo i vulnerabilno na razna preopterećenja civiliziranog čovjeka. To se osobito odnosi na preopterećenja u sportu. Pri tome su najbitnija tzv. kontinuirana dugotrajna opterećenja kojih kumulativni efekt dovodi do tzv. sindroma

prenaprezanja na svim strukturama stopala (Mađarević i sur., 2007). Unapređenje svakodnevne kvalitete života pacijenata uključenih u rehabilitacijski proces kroz pokret, glavni je cilj kineziterapije. Kako bi kineziterapija bila što učinkovitija potrebno je pri planiranju programa vježbanja uzeti u obzir sva osnovna znanja iz područja kineziologije, kao i znanja o zakonitostima upravljanja procesima vježbanja kod različitih patoloških stanja (Trošt Bobić, Ciliga, 2015).

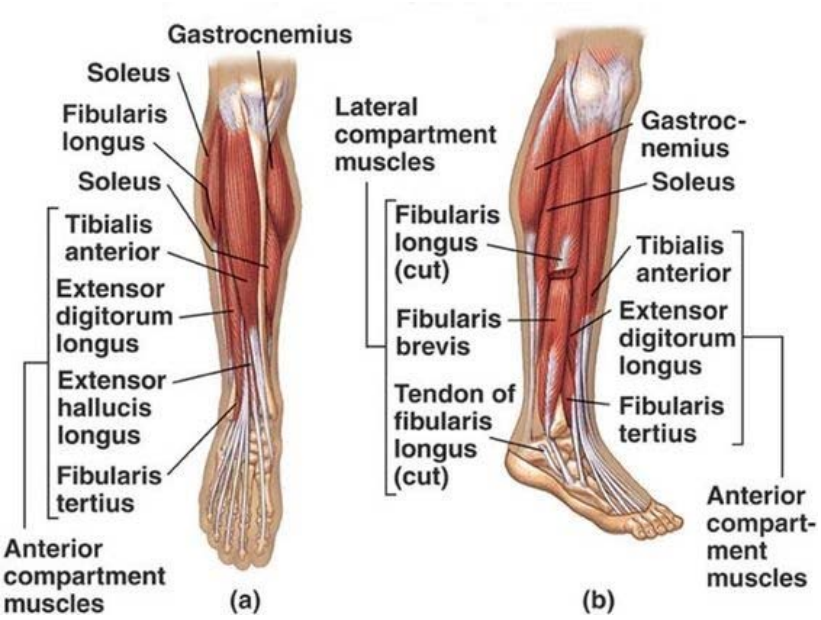
2. STRUKTURALNA ANATOMIJA STOPALA I POTKOLJENICE

2.1. Kosti potkoljenice

U kosti potkoljenice ubrajamo goljeničnu i lisnu kost. Goljenična kost, tibia, duga je krupna kost postavljena okomito, a ima tijelo i dva zadebljana kraja.Tijelo goljenične kosti je trokutasto te ima tri površine i tri ruba. Lisna kost, fibula, tanka je poput šipke i služi samo za vezanje mišića, a nije u zglobu s bedrenom kosti pa ne prenosi izravno tjelesnu masu. Ipak, u sklopu s međukoštanom opnom itekako sudjeluje u prijenosu opterećenja, čak i do jedne šestine ukupnog opterećenja goljeni.Tijelo lisne kost je tanko i ima tri oštra ruba i tri površine(Keros i Pećina, 2006).

2.2.Golijenski mišići

Golijenski mišići s mišićima stopala povezuju kostur golijeni sa stopalim kostima i tvore distalni mišićni sustav donjeg uda. Djelovanje tih mišića omogućuje pokrete stopala, a mišići istodobno poput aktivnih sveza održavaju stopalne lukove i osiguravaju njihovu funkcionalnost. Golijenski se mišići dijele na prednju, lateralnu i stražnju skupinu (Keros i Pećina, 2006) (slika 1).



Slika 1. Mišići potkoljenice

2.2.1. Prednja skupina golijenskih mišića

U prednjoj skupini se nalaze: m. tibialis anterior, m. extensor digitorum lingus, m. peroneus tertius, m. extensor hallucis longus.

Prednji golijenični mišić, m. tibialis anterior, prizmatičan je i smješten uz lateralnu stranu i prednji rub tibije, najmedijalnije od svih mišića prednje skupine.

Mišić započinje s lateralnog kondila tibije, s lateralnog dijela tuberositas tibije i s gornjih dviju trećina lateralne površine tibije, te s medijalne polovice gornjeg dijela međukoštane opne. Mišićna vlakna se spuštaju dolje te u donjoj trećini golijeni prelaze u dugu i snažnu tetivu koja se veže na medijalnu stranu medijalne kuneiformne kosti i na bazu prve metatarzalne kosti.

Inervacija: n.fibularis profundus (L4 i L5)

Djelovanje: m. tibialisa anterior snažno pregiba stopalo prema golijeni i privlači ga prema središnjoj ravnini, odnosno dorzalno flektira i aducira stopalo. Ako je stopalo učvršćeno, mišić povlači golijen naprijed i medijalno, odnosno priječi pokret golijeni unatrag i lateralno.

Dugi mišić ispružač prstiju, m. extensor digitorum longus, započinje s lateralnog kondila tibije, s gornjih dviju trećina unutarnje strane fibule, s lateralne polovice interosealne opne i s intermuskularne pregrade.

Tanko mišićno tijelo u donjoj trećini golijeni prelazi u dugu i čvrstu tetivu. Tetiva se potom dijeli na četiri tetive koje prolaze dorzumom stopala, pokrivaju m. extensor digitorum brevis i završavaju u drugom, trećem, četvrtom i petom prstu. U području proksimalnoga članka prsta svaka se tetiva dijeli na tri snopa: srednji i dva postrana. Srednji snop se veže na bazu srednjega članka prsta,a dva postrana tetivna snopa prolaze bočnim stranama srednjeg članka, sjedinjuju se i vežu za bazu distalnogčlanka. U razini proksimalnog članka, na lateralne se rubove tetiva drugog, trećeg i četvrtog prsta vežu tetive m. extensor digitorum brevisa, a tetivnim se proširenjima vežu i lumbrikalni te interosealni mišići.

Inervacija: n. Fibularis profundus (L5 i S1)

Djelovanje: m.extensor digitorum longus ekstenzira proksimalne članke drugog do petog prsta, a srednje i distalne članke stopalnih prstiju ekstendiraju lumbrikalni i interosealni mišići. Mišić je snažan dorzalni fleksor stopala, a također abducira i rotira stopalo prema van te podiže lateralni rub stopala.

Treći lisni mišić, m. fibularis (peroneus) tertius, započinje s donje trećine medijalne strane fibule i s donjeg dijela interosealne opne. Mišićna vlakna su usmjerena dolje i prelaze u tetivu

koja se zajedno s tetivom m. ekstenzor digitorum longusa veže na gornju stranu baze pete metatarzalne kosti.

Inervacija: n. Fibularis profundus (L5 i S1)

Djelovanje: m. fibularis tertius dorzalni je fleksor, adbuktor i rotator stopala prema van, te potpomaže djelovanju m. ekstenzor digitorum longusa.

Dugi mišić ispružač palca, m.extensor hallucis longus, započinje sa srednje i donje trećine medijalne strane fibule i s interosealne opne. Mišićna vlakna su usmjerena dolje i prelaze u dugu i čvrstu završnu tetivu, koja se veže na bazu distalnog članka palca.

Inervacija: n. Fibularis profundus (L5 i S1).

Djelovanje: m. extensor hallucis longus ekstenzira palac prema stopalu, a sudjeluje i u dorzalnoj fleksiji stopala, te u adukciji i rotaciji stopala prema unutra (Keros i Pećina, 2006).

2.2.2. Lateralna skupina golijenskih mišića

Lateralnu skupinu mišića tvore m. fibularis longus i m. fibularis brevis.

Dugi lisni mišić, m. fibularis (peroneus) longus, započinje s prednjeg i lateralnog dijela glave i s gornje trećine lateralne strane fibule, s lateralnog kondila tibije, s intermuskularnih pregrada i s kruralne fascije. Pri hvatištu tetiva se veže na lateralnu stranu baze prve metatarzalne kosti, a dijelom na medijalnu kuneiformnu kost i bazu druge metatarzalne kosti.

Inervacija: n. fibularis superficijalis (L5 i S1).

Djelovanje: m. fibularisa longusa plantarni je ekstenzor, abduktor i rotator stopala prema van, te je antagonist m. tibijalis anterioru. Pritom mišić poglavito obavlja plantarnu ekstenziju prednjega dijela stopala. Abdukcijom i pronacijom stopala dugi fibularni mišić podiže lateralni rub stopala pa dovodi stopalo u valgus položaj, a ima važnu statičku funkciju jer održava poprečni stopalni luk (Keros i Pećina, 2006).

Kratki lisni mišić, m. fibularis (peroneus) brevis, započinje sa srednjeg dijela lateralne površine i prednjeg ruba fibule, te s intermuskularnih pregrada, a veže se na hrapavost pete metatarzalne kosti.

Inervacija: n. fibularis superficijalis (L5 i S1).

Djelovanje: m. fibularis brevis je plantarni ekstenzor, abduktor i rotator stopala prema van.

Fibularni su mišići glavni pronatori stopala, a pri stajanju na jednoj nozi njihovo djelovanje priječi pokret golijeni unaprijed i medijalno i time sprječava padanje tijela (Keros i Pećina, 2006).

2.2.3. Stražnja skupina golijenskih mišića

Stražnji golijenski mišići dijele se na površinski i dubinski sloj.Površinski sloj stražnje skupine mišića čine: m. triceps surae i m. plantaris.

Troglavi lisni mišić, m. triceps surae, oblikuje stražnji, mesnati dio golijeni, a tvore ga dva mišića: m. gastrocnemius i m. soleus koji zajedničkom tetivom završavaju na petnoj kosti.

Trbušasti mišić lista, m. gastrocnemius, najpovršniji je i ima dvije krupne široke glave: medijalnu, koja je razvijenija, i lateralnu.

Medijalna glava, caput mediale, započinje snažnim plosnatim mišićnim snopom s medijalne strane medijalnog kondila i sa stražnje strane bedrene kosti iznad kondila, te sa zglobne čahure.Lateralna glava, caput laterale, započinje mišićnotetivnim vlaknima s lateralne strane lateralnog kondila i s lateralnog epikondila bedrene kosti, te sa zglobne čahure. Završna se tetiva naposljetku spaja s tetivom m. soleusa pa tvore zajedničku (Ahilovu) petnu tetivu.

Listoliki mišić, m. soleus, započinje aponeurotskim vlaknima sa stražnjeg dijela glave, sa stražnje strane te lateralnog ruba fibule, i sa stražnje međustanične pregrade, a na tibiji započinje s medijalnog ruba tibije i s linea m. solei. Veže se na petnu tetivu.

Ahilova petna tetiva, tendo calcaneus (Achilis), spušta se prema stopalu i veže na donju polovicu stražnje strane tuber kalkanei, a najsnažnija je tetiva u ljudskom tijelu. Tetiva je duga pet do šest centimetara, a debela je pet do šest milimetara i gore je šira nego dolje, a stražnja je strana tetive pokrivena kožom i kruralnom fascijom koja tetivu potpuno obavija.

Inervacija: n. tibialis (S1 i S5).

Djelovanje: m. tricepsa surae je glavni plantarni ekstenzor stopala, te podiže stopalo i time cijelo tijelo na prste, a također je aduktor stopala i rotator prema unutra. Mišić snažno podiže stražnji dio stopala, odvaja ga od podloge i odbacuje prema naprijed, pa je njegovo djelovanje nužno pri hodu, trčanju i skakanju.

M. gastrocnemius je fleksor golijeni u koljenu, a kad je koljeno ispruženo, mišić je napet i snažnije djeluje u gležanjskom zglobu. M. soleus, ako je stopalo učvršćeno na podlozi, povlači gornji dio golijeni unatrag i time posredno ispruža koljeno, a također priječi pomak golijeni prema naprijed i padanje tijela.

M. triceps surae zajedno s m. kvadriceps femorisom i m. gluteus maksimus tvori ekstenzorni kinetički niz koji kontrakcijom snažno ispruža nogu i podiže tijelo iz čučnja, a pri skakanju ga snažno odbacuje unaprijed (Keros i Pećina, 2006).

Tabanski mišić, m. plantaris, započinje s lateralnog kondila bedrene kosti, a veže se na tuber kalkanei, a kadšto se veže i na plantarnu aponeurozu.

Inervacija: n. tibialis (S1 i S2).

Djelovanje: m. plantaris pomaže djelovanju m. tricepsa sure.

Duboki sloj stražnje strane golijenskih mišića tvore m. popliteus, m. tibialis posterior, m. flexor digitorum longus i m. fleksor hallucis longus (Keros i Pećina, 2006).

Zakoljeni mišić, m. popliteus, započinje tetivno iz udubine na lateralnoj strani lateralnog kondila bedrene kosti i sa zglobne čahure koljenoga zgloba, avežese na polju iznad linea m. solei i na medijalni rub tibije.

Inervacija: n. tibialis (L4, L5 i S1)

Djelovanje: m. popliteus sudjeluje u fleksiji golijeni prema bedru i rotaciji prema unutra.

Stražnji goljenični mišić, m. tibialis posterior, započinje s gornjih dviju trećina lateralne polovice stražnje strane tibije, s gornje polovice međukoštane opne, s gornjih dviju trećina medijalne strane fibule i s međumišićnih pregrada, a veže se za tetivu sagitalno postavljenu sredinom mišića, a koja se nastavlja u završnu tetivu. Naposljetku se od završne tetive odvajaju brojna zrakasto usmjerena vlakna i vežu se na kuneiformne kosti, na kuboidnu kost i na proksimalne krajeve prve do četvrte metatarzalne kosti.

Inervacija: n. tibialis (L1 i L5)

Djelovanje: m. tibialis posterior plantarni je ekstenzor, aduktor stopala i rotator prema unutra. Mišić ima posebnu važnost u statici stopala, jer zajedno s m. fibularis longusom tonusom i napinjanjem održava poprečni i uzdužne lukove stopala. Zato se pri slabosti tih mišića spušta stopalni svod. Slabost uzrokuje i izvrtanje stopala prema van (Keros i Pećina, 2006).

Dugi mišić pregibač prstiju, m. flexor digitorum longus, započinje sa srednje trećine stražnje strane tibije, s duboke kruralne fascije i s intermuskularne pregrade. Tetiva se dijeli na četiri snopa za drugi, treći, četvrti i peti prst. Tetivni snopovi u području proksimalnih članaka prstiju vežu se za bazu distalnog članka.

Inervacija: n. tibialis (S1 do S3).

Djelovanje: m. flexor digitorum longus fleksor je distalnih članaka drugog do petog prsta, a plantarni je ekstenzor stopala i rotator prema unutra. U hodu mišić na podlogu pritiskuje prste, koji zato djeluju kao kratke elastične opruge pri podizanju stopala od tla. Ako je noga u cipeli s uskim vrhom, ta je zadaća mišića otežana (Keros i Pećina, 2006).

Dugi mišić pregibač palca, m. flexor hallucis longus, započinje s donjih dviju trećina i s lateralnog ruba fibule, s međukoštane opne i međumišićnih pregrada, a naposljetku se veže u brazdu palčanog distalnog članka.

Inervacija: n. tibialis (S1 do S3).

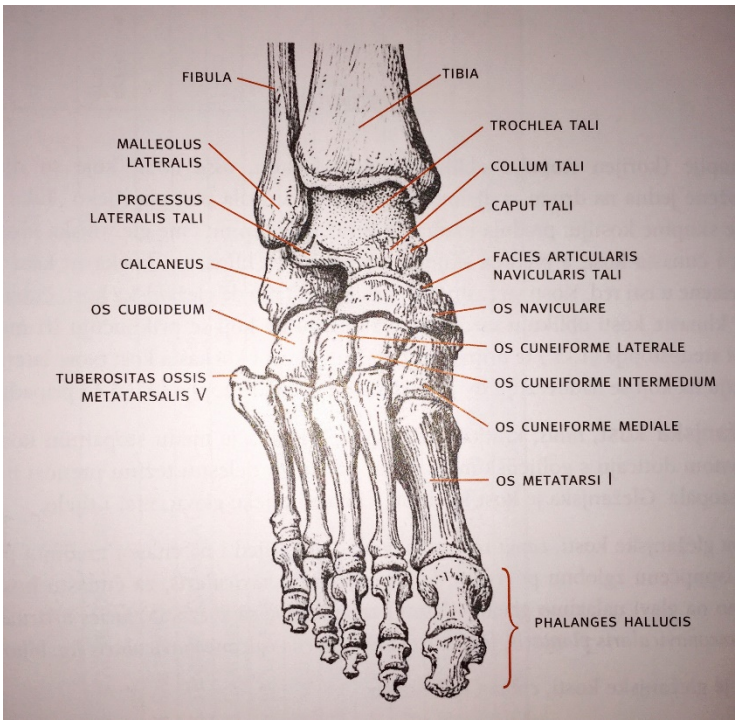
Djelovanje: m. flexor hallucis longus fleksor je distalnog članka palca, te plantarni ekstenzor, aduktor i rotator stopala prema unutra. Mišić je istodobno važan u održavanju stabilnosti uzdužnog stopalnog luka, te podržava sustentakul i priječi izvrtanje petne kosti. Pri hodu mišić kontrakcijom omogućuje odizanje palca od podloge djelujući poput elastične opruge (Keros i Pećina, 2006).

2.3. Kosti stopala

Kostur stopala oblikuje sklop malih kostiju ossa pedis, koji se priključuje na golijenske kosti i dijeli se na zastoplje, tarsus, sredostoplje, metatarsus, i prste (slika 2).

Gležanjska kost, talus,kratka je i krupna.Jedino ona od stopalnih kostiju ima izravan doticaj s golijenskim kostima, pa čitavu tjelesnu težinu prenosi na ostali dio stopala. Gležanjska kost je kockastog oblika i ima tri dijela: glavu, vrat i tijelo (Keros i Pećina, 2006).

Donekle je kubičnog oblika na kojoj možemo razlikovati šest ploha. Na gornjoj površini trupa je konveksno zglobno tijelo za goljeničnu kostnalik na nepravilan, poprečno položen vijak, trochlea tali.Konveksna je u anteroposteriornom, a konkavna u mediolateralnom smjeru. Pri kraju trochlea je tanja nego u prednjem dijelu što je značajno za funkciju zglobnog tijela s potkoljenicom (Peharec, 2000).



Slika 2. Kosti stopala

Zglobne površine za artikulaciju s petnom kosti su na donjoj površini trupa, donjoj strani vrata i donjoj plohi glave gležnjevca. Broj ovih ploha varira od jednedo tri i predstavlja jednu od najčešćih varijacija na stopalu. Vezano za broj zglobnih ploha značajno se mijenja i opseg kretnji u subtalarnom zglobnom tijelu. Između zadnje zglobne plohe je žlijeb koji s analognim žlijebom na petnoj kosti čini tarzalni kanal, sinus tarsi. Na distalnoj površini glave gležnjevca je konveksna zglobna ploha za artikulaciju sa čunjastom kosti, facies articularis navicularis.Na zadnjoj

plohi gležnjevca je nastavak, processus posterior tali koji se dijeli na dvije kvržice: tuberculum mediale et laterale. Tuberculum fibulare može postojati kao zasebna kost, os trigonum. Između dva tuberkuluma je brazda, sulcus tendinis musculi flexoris hallucis longi u kojoj je tetiva istoimenog mišića (Peharec, 2000).

Petna kost, calcaneus,je najveća kost korijena stopala. Smještena je ispod gležanjske kosti i jedina je koja je u direktnom doticaju s tlom pri hodu i stajanju. Kost je oblika pravilne četverostrane prizme, pa na njoj razlikujemo šest ploha. Stražnji dio je malo viši nego prednji. Stražnja strana kosti je u donjem dijelu hrapava, a gore glatka. Tu se veže tendo Achillis(Keros i Pećina, 2000).

Čunasta kost, Os naviculare, ima oblik malog čuna. Smještena je ispred gležanjske kosti i iza triju klinastih kostiju. Stražnja strana kosti je konkavna i zglobljena je s glavom gležanjske kosti. Prednja strana je konveksnog oblika s blago izraženim koštanim prugama podijeljena je na tri zglobne površine za klinaste kosti. Na stopalu se prilično često nalaze pridodane kosti. Upravo takva je Os naviculare secundarium,analazi se u 10 do 15% ljudi, češće u žena. Važno ju je poznavati radi diferencijalne dijagnoze pri ozljedama stopala (Keros i Pećina, 2006).

Klinaste kosti, Os cuneiforme mediale, intermedium et laterale, su tri klinaste kosti, medijalna, srednja i lateralna. Sve tri kosti imaju straga zglobne plohe za čunastu kost, a naprijed svaka ima zglobnu plohu na koju se nadovezuju tri medijalne metatarzalne kosti (Keros i Pećina, 2006).

Kockasta kost, Os cuboideum, je kratka i položena između petne kosti i metatarzalnih kostiju. Stražnji dio kosti se zglobnom plohom spaja s petnom kosti. Prednja strana je podijeljena na dvije zglobne plohe na koje se spajaju dvije lateralne metatarzalne kosti(Keros i Pećina, 2006).

Sredostopalne kosti, Ossa metatarsi I-V

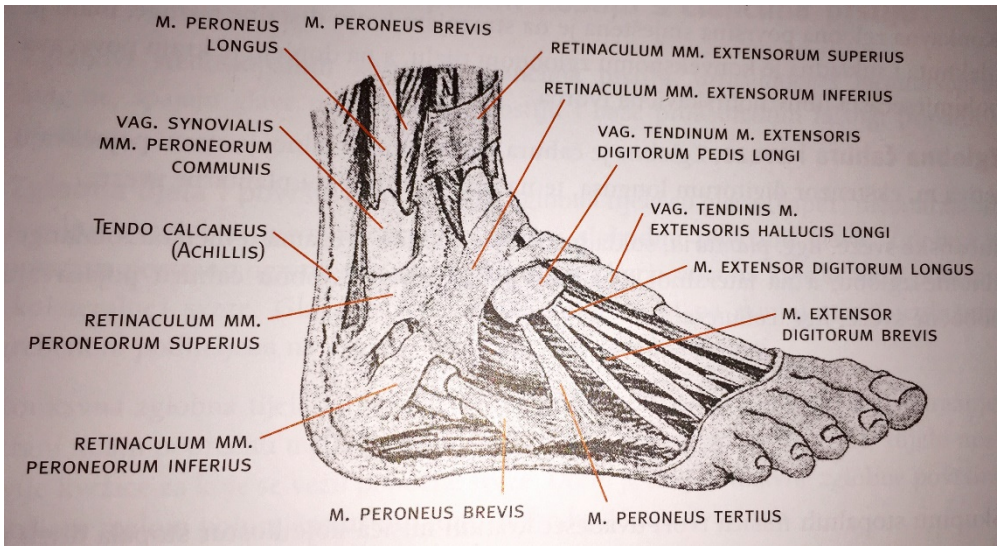
Sredostopalne kosti su dugoljaste i skrivene, a u stopalu ih ima pet. Metatarzalne kosti imaju tijelo i dva zadebljanja. Prva kost je najduža, a ostale se postupno smanjuju. Funkcija im je opiranje u podlogu. Posebno je bitan odnos prve i druge metatarzalne kosti koji se naziva metatarzalnim indeksom. Ako je prva metatarzalna kost kraća od druge, govorimo o „minusu“, a ako je obratno govorimo o „plusu“ ako su jednake duljine govorimo o „plus-minus“ indeksu. Pri tome možemo razlikovati tri oblika stopala: „grčki“-minus, „egipatski“-plus, i četvrtasto stopalo (Keros i Pećina, 2006).

Kosti prstiju stopala, Ossa digitorum

Kosti prstiju su dugoljaste kosti. Kod prvog prsta postoje samo dva članka, dok kod svih ostalih prstiju nalazimo po tri članka. Baza članka je udubljeno je zglobno tijelo. Distalni rub članka je ispupčen, oblika poprečno postavljenog valjka (Keros i Pećina, 2006).

2.4. Mišići stopala

Grupu stopalnih mišića čini dvadeset kratkih mišića koji kostur stopala dijele na dorzalnu i plantarnu grupu.



Slika 3. Mišići stopala

2.4.1. Hrpteni (dorzalni) stopalni mišići

Kratki mišić pregibač prstiju, m. extensor digitorum brevis, polazi s lateralne i gornje strane petne kosti u visini sinusa tarsi i s lateralnog kraka lig. cruciformis. Mišićni snopovi su usmjereni prema naprijed i medijalno, a zatim se dijele na četiri vretenasta mišića snopa koji završavaju okruglim tetivama.

Prvi snop za palac katkad je u potpunosti odijeljen u zaseban mišić, pa se opisuje kao poseban mišić ispružač palca, m. extensor hallucis brevis.

Inervacija: n. fibularis profundus (S1 i S2)

Djelovanje: kratki mišić pregibač prstiju i ispružač palca ekstendiraju prva četiri prsta i palac, te ih povlače lateralno (Keros i Pećina, 2006) (slika 3).

2.4.2. Tabanski (plantarni) stopalni mišići

Plantarni stopalni mišići dijele se u tri grupe mišića: medijalnu, lateralnu grupu i mišiće sredine stopala. Dobro su razvijeni te djeluju kao aktivna sveza stopalnog svoda.

Mišić odmicač maloga prsta, m. abductor digiti minimi,kreće s lateralnog ruba tuber calcaneus, s plantarne aponeuroze i s lateralne međumišićne pregrade, te s hrapavosti pete metatarzalne kosti. Završava na vanjskoj strani proksimalnog članka malog prsta.

Inervacija: n. plantaris lateralis (S1 i S2)

Djelovanje: odmicač malog prsta je abduktor i fleksor maloga prsta (Keros i Pećina, 2006).

Mišić pregibač maloga prsta, m. flexor digiti minimi brevis, polazi s baze pete metatarzalne kosti i lig. plantarne lingum i hvata se na donju stranu baze prve falange petog prsta.

Inervacija: n. plantaris lateralnis (S1 i S2)

Djelovanje: pregibač malog prsta flektira mali prst (Keros i Pećina, 2006).

Mišić suprotstavljač maloga prsta, m. opponens digiti minimi, polazi s baze pete metatarzalne kosti i s duge plantarne sveze, a veže se na prednjem dijelu lateralnog ruba pete metatarzalne kosti.

Inervacija: n. plantaris lateralis (S1 i S2)

Djelovanje: mišić suprotstavljač malog prsta flektira mali prst i povlači ga medijalno (Peharec, 2000).

Dorzalni međukoštani mišićiflektiraju proksimalni članak, a ekstenziraju srednji i distalni članak prsta te abduciraju prste.

Inervacija: n. plantaris lateralis (S1 i S2).

Plantarni međukoštani mišići flektiraju proksimalni članak prsta, a ekstenziraju srednji i distalni, aduciraju treći, četvrti i peti prst prema drugome.

Inervacija: n. plantaris lateralis (S1 i S2) (Keros i Pećina, 2006).

Četverokutni tabanski mišić, m. quadratus plantae, ima lateralnu i medijalnu glavu, zajedno se s lubrikantnim mišićima nalazi u srednjemu sloju mišića sredine stopala.

Inervacija: n. plantaris lateralis (S1 i S1)

Djelovanje: četverokutni tabanski mišić ispravlja i dopunjuje djelovanje m. fleksor digitorum longusa, koji bi zbog kosog položaja povlačio prste medijalno.

Glistoliki mišić, mm. lumbiricales,je skupina kratkih mišićasmještenih uz tetive m. fleksora digitorum longusa,ima ih četiri.

Inervacija: dva medijalna mišića inervira n. plantaris medialis (L5), a dva leteralna inervira n. plantaris lateralis (S1 i S2).

Djelovanje: mm. lumbricales su fleksori proksimalnih članaka, a djeluju istovjetno kao i međukoštani mišići, stoga ekstenziraju srednji i distalni članak pripadnog prsta (Keros i Pećina, 2006).

Kratki mišić pregibač prstiju, m. flexor digitorum brevis, polazi s medijalnog nastavka petne kvrge, s plantarne aponeuroze i sa septa intermuscularia. Usmjeren je prema naprijed i dijeli se u četiri tetive koje se hvataju na baze drugih falangi zadnja četiri prsta.

Inervacia: n. plantaris medialis (L5, S1 i S2)

Djelovanje: kratki mišić pregibač prstiju je fleksor prednjih članaka drugog do petog prsta (Keros i Pećina, 2006).

Mišić odmicač palca, m. abductor hallucis, je mišić koji započinje s medijalnog maleola, s retinaculuma mm. flexorum, s tuberositas ossis navicularis, s medijalnog nastavka tuber calcanei, te s tetivnog luka, s plantarne strane medijalne klinaste kosti i s gornje strane plantarne aponeuroze. Hvata se na medijalnu stranu baze proksimalnoga članka palca. Slabost ovog mišića uzrokuje deformaciju „hallux valgus".

Inervacija: plantaris medijalnis (L5, S1)

Djelovanje: mišić odmicač palca abducira i flektira palac.

Kratki mišić pregibač palca, m. flexor hallucis brevis, mišić polazi s intermedijalne i lateralne klinaste kosti, s plantarne kalkaneokuboidne sveze i s plantarnih produžetaka tetive m. tibijalis posteriora. Oblikuje dvije glave, medijalna se veže za medijalnu stranu proksimalnog članka palca, a lateralna na lateralnoj strani proksomalnog članka palca.

Inervacija: medijalnu glavu inervira plantaris medialis, a lateralnu inervira plantaris lateralis (L5 i S1).

Djelovanje: kratki mišić pregibač palca pregiba palac.

Mišić primicač palca, m. adductor hallucis, ima dvije glave:kosu i poprečnu. Kosa glava polazi s kuboidne kosti, s lateralne klinaste kosti, iz brazde druge, treće i četvrte metatarzalne kosti i s druge plantarne sveze. Kosa glava mišića hvata se na lateralnu stranu proksimalnog članka palca. Poprečna glava započinje s trećeg, četvrtog i petog metatarzalnoga zgloba, s lig. metatarseum profundum te se spaja s tetivom kose glave.

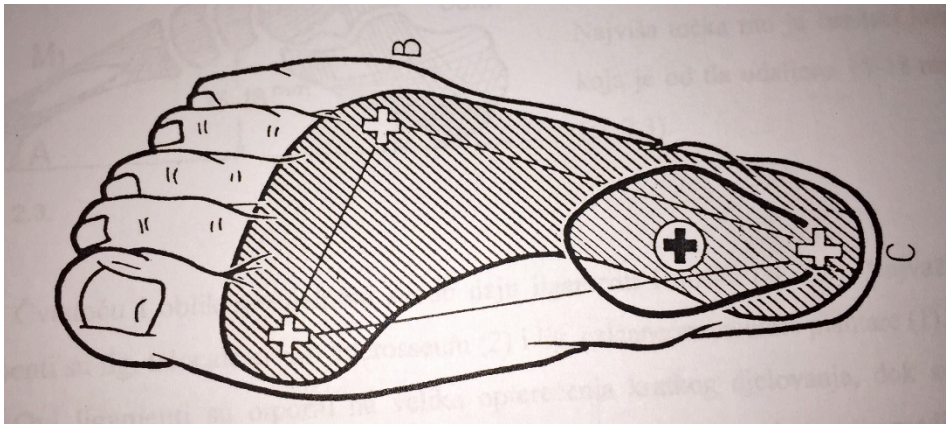
Inervacija: n. plantaris lateralis (S1 i S2)

Djelovanje: mišić primicač palca je aduktor i fleksor palca (Keros i Pećina, 2006).

3.FUNKCIONALNA ANATOMIJA STOPALA

3.1. Statičke funkcije stopala – svodovi stopala

Stopalo je jedinstvena funkcionalna cjelina, a njezine temeljne zadaće kao organa oslonca, odnosno kretanja, omogućuje vrlo složena građa koja se sastoji od 26 kostiju, uz dvije sezamske kosti 28, povezanih čvrstim svezama, a osigurana dugim i kratkim potkoljeničnim odnosno stopalnim mišićima. Stopalo ima tri točke neposredna koštanog uporišta: stražnju uporišnu točku koju čini tuber kalkaneusa, prednju medijalnu uporišnu točku koju čini glavica prve metatarzalne kosti te prednju lateralnu uporišnu točku koju čini glavica pete metatarzalne kosti (Pećina i sur., 2000) (slika 4).Stopalo se opire o podlogu u četiri uporišne točke, ali tuber kalkanei možemo pojednostavljeno zamisliti kao jedinstvenu uporišnu točku pa govorimo o tri statistički važne uporišne točke stopala. Istodobno postoje i tri aktivnim mišićnim djelovanjem ustaljene kinetičke točke stopala, koje osiguravaju statičke i dinamičke funkcije stopala, a to supripojišta mišića tricepsa sure, mišića tibijalis anteriora i mišića peroneus tercijusa (Keros i Pećina, 2006). Te tri uporišne točke spojene su uzdužnim i poprečnim lukovima (slika 5). Strukture koje ih čine su:kosti, sveze i mišići (Pećina i sur., 2000).Stopalo kao samostalni organ čine kosti, ligamenti i mišići. Kosti su povezane tako da tvore vanjski i unutarnji svod stopala. Glavna zadaća svodova stopala je prijenos mehaničke sile na podlogu prouzročenu težinom tijela, pokretima i inercijom hoda. Pojam elastičnosti svoda podrazumijeva mogućnost prilagodbe podlozi, ujedno i efektivno ublažava opterećenja noge pri stajanju i hodu (Kosinac, 2002).



Slika 4. Uporišne točke stopala

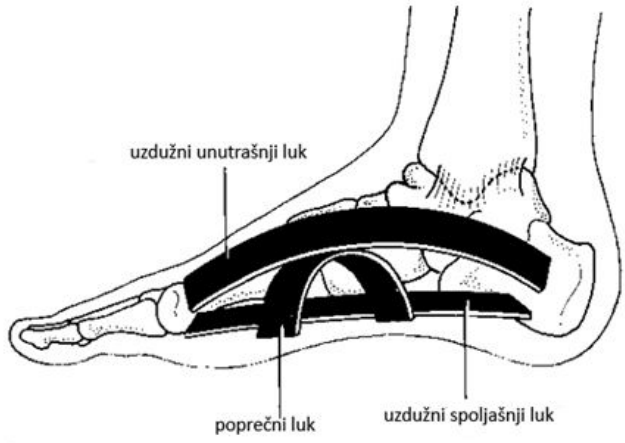
Masa čitavog tijela se prenosi golijenskim kostima na gležanjsku kost i odatle se veći dio opterećenja prenosi na petu, a manji dio prema naprijed, poglavito na glavu prve metatarzalne kosti. Najmanji se dio tereta prenosi na glavu pete metatarzalne kosti (Keros i Pećina, 2006). Relativna distribucija sila na te tri točke je takva da 50% ide na petu, 33% na prednju

medijalnu točku i 17% na prednju lateralnu točku (Peharec, 2000).Najvažniju ulogu u održanju fizioloških lukova stopala imaju mali mišići stopala kao i mišići potkoljenice, koji za razliku od sveza koje djeluju pasivno,djeluje aktivno. Važno je spomenuti da se mali mišići stopala mogu suprotstaviti pritisku preko 200 kg osiguravajući lukove stopala. Umor mišića uzrokuje spuštanje svodova stopala što dovodi do produženja i proširenja stopala, a odmoreni mišići skraćuju stopalo i oblikuju lukove. Jedan od značajnijih mehanizama održavanja lukova stopala čine završne tetive dugog peronealnog mišića i stražnjeg tibijalnog mišića (Mađarević i sur., 2007). Za normalan oblik i funkciju stopala važni su pravilan oblik i položaj kostiju te dobro razvijene sveze i mišići. Danas se smatra da su mišići jedini aktivni potpori svodova, a kosti i sveze uglavnom podržavaju svodove pasivno do određenog opterećenja. Svodovi stopala nastaju intrauterino, ali se jasno vide tek od druge godine života. U svakodnevnom životu otisak tabana, a time i stopalne svodove, možemo vidjeti ako vlažnim stopalom stanemo na ravno tlo. U medicini se svodovi stopala mogu vidjeti pomoću podoskopa, a trajno registrirati posebnim napravama – plantografima. Danas postoje mogućnosti elektronskog mjerenja distribucije sile stopala u stajanju i hodu uz analizu samog hoda. Ta metoda se zove pedobarografija (Pećina i sur., 2000).

3.1.1. Medijalni svod stopala

Medijalni svod je građen od kalkaneusa, gležnjevca, čunaste kosti, prve klinaste kosti i prve stopaljne kosti (Peharec, 2000). Medijalni dio uzdužnog stopalnog luka, pars medialis arci pedis longitudinalis, započinje od medijalne kvržice petne kvrge pa preko sustentakula kalkaneusa, talusa, navikularne i kuneiformnih kostiju seže do glava prve do treće metatarzalne kosti (Keros i Pećina, 2006). Najviša točka unutrašnjeg uzdužnog svoda jest navikularna kost, čiji donji rub odstoji od tla za 15 do 20 milimetara, i tvori karakteristično udubljenje na otisku tabana na tlu (Pećina i sur., 2000). Čvrstoću i oblik medijalnom svodu daju ligamenti i mišići. Najvažniji ligamenti su lig.talocalcaneum interosseum i lig. calcaneo naviculare plantare. Ovi ligamenti su otporni na velika opterećenja kratkog djelovanja, dok su za suprotstavljanje silama sporog djelovanja zaduženi mišići. Mišići osiguravaju medijalni svod poput konopa. Oni mogu u potpunosti ili samo djelomično povezivati dvije točke medijalnog svoda. M. tibialis posterior je parcijalna veza u medijalnom svodu. Svojom aktivnošću povlači čunastu kost prema dolje i natrag i time smanjuje visinu prednjeg dijela svoda (Peharec, 2000). Uloga peronealnih tetiva u pokretanju gležnja i stopala dvojaka je. S jedne strane, m. peroneus brevis je glavni evertor stopala, dok je njegova uloga u plantarnoj

fleksiji zanemariva. S druge strane, važna uloga m. peroneus longus jeplantarna fleksija stopala, a sudjeluje i u everziji stopala. Međutim, glavna uloga m. peroneus longus jest podupiranje medijalne strane poprečnog svoda za vrijeme stajanja, dok je glavna zajednička uloga peronealnih tetiva dinamička stabilizacija lateralnog kompleksa gležnja (Bojanić, Dimnjaković i Smoljanović, 2014). On flektira prvu metatarzalnu kost i medijalnu klinastu kost u odnosu na čunastu. M. flexor hallucis longus uz pomoć zajedničkog fleksora prstiju djeluje na konkavitet medijalnog svoda. On stabilizira gležnjevac i petnu kost. Uložen između stražnjeg tuberkula ovih kostiju sprečava pomak gležnjevca prema natrag, kamo ga gura čunasta kost, a na prednjem dijelu petne kosti suprotstavlja se sili kojom talus gura kalkaneus i podiže ga. M. adductor hallucis je potpuna, čvrsta veza medijalnog svoda. On podiže svod približavajući dva kraja stopala te djeluje kao vrlo efikasan tenzor. M. extenzor hallucis i m. tibialis enterior smanjuju i ravnaju medijalni svod (Peharec, 2000).



Slika 5. Svodovi stopala

3.1.2. Lateralni svod stopala

Lateralni svod stopala je građen od tri kosti: glavica pete metatarzalne kosti koja je ujedno uporište vanjskog luka, kuboidna kost i petna kost koja je zadnje uporište ovog luka (Peharec, 2000). Lateralni stopalni luk, pars lateralis arci pedis longitudinalis, započinje od lateralne kvržice tubera kalkanei, pa preko kalkaneusa i kuboidne kosti seže do glava četvrte i pete metatarzalne kosti. Visina lateralnog stopalnog luka je 3 do 5 milimetara a luk nosi najveći dio stopalnih opterećenja pa je nazvan uporišni luk (Keros i Pećina, 2006). Prijenos opterećenja ide putem gležanjske kosti na petnu kost preko dva sustava trabekula. Stražnje trabekule kreću od prednjeg korteksa tibije preko gležanjske kosti na petnu kost. Prednje

trabekule kreću od stražnjeg korteksa tibije preko gležanjske kosti na petnu kost i dalje preko kuboidne kosti na petu metatarzalnu kost koja je njihov oslonac. Petna kost ima dva sustava trabekula koje prenose sile. Jedne su u obliku luka s konkavitetom okrenutim prema dolje. Njegova vlakna djeluju u kompresiji. Donji je sustav u obliku luka s konkavitetom okrenutim prema gore i aktivan je pri pokretima izduživanja. Vanjski je svod rigidan i provodi prijenos sile koju stvara m. triceps sure. Rigiditet osigurava veliki lig. kalkaneo- kuboidni, koji onemogućava gibanja u kalkaneokuboidnom i kuboidnometatarzalnom zglobu. Tjeme vanjskog svoda nalazi se u velikoj apofizi kalkaneusa (Peharec, 2000).

Tri mišića formiraju aktivne tenzore lateralnog luka. M. peroneus brevis je parcijalna zatezna veza ovog luka. On onemogućava dijastazu donjih dijelova zglobova u lateralnom svodu. M. peroneus longus ima sličnu ulogu kao i kratki peronealni mišić. Uz to, on još i elastično pridržava prednji dio petne kosti što na unutarnjoj strani čini fleksor palca. M. abduktor digitiquinti cjelovita je veza lateralnog svoda. Ima identičnuulogu aduktoru palca kod medijalnog svoda stopala. Na konveksnost vanjskog svoda stopala utječu i m. extenzor digitorum i m. triceps surae (Peharec, 2000).

3.1.3. Distalni poprečni stopalni luk

Distalni poprečni stopalni luk, arcus pedis transversus distalis, se sastoji od pet (I-V) metatarzalnih kostiju(Keros i Pećina, 2006). Poprečni prednji svod povezuje uporišne točke stopala, a to su glavice prve i pete metatarzalne kosti. Kod odraslih osoba je najviša točka poprečnog svoda glavica II. metatarzalne kosti. Kod djece zbog invertiranosti stopala najviša točka poprečnog svoda je glavica I. metatarzalne kosti (Pećina i sur., 2000). Konkavitet prednjeg svoda stopala je blago izražen, a podržavaju ga poprečna glava abduktora palca i intermetatarzalni ligament. Konkavitet u potpunosti ispunjavaju meka tkiva. Prednji se svod lako i često deformira. Tako se javlja ravni prednji svod ili čak dolazi do inverzije i pojave njegovoga konveksiteta što uzrokuje formiranje kalusa ispod glava spuštenih metatarzalnih kostiju. Kut između podloge i svake metatarzalne kosti postupno se smanjuje od medijalnog prema lateralnom rubu stopala. Peta metatarzalna kost gotovo je paralelna s podlogom. U razini klinastih kostiju transverzalni svod obuhvaća samo četiri kosti i oslonjen je na svoj vanjski dio. Najviši dio poprečnog svoda, a ujedno i osovinu stopala čine medijalna klinasta kost s drugom metatarzalnom kosti. Ovaj svod održava tetiva m. peroneus longus. U razini navikularne i kuboidne kosti transverzalni se svod oslanja samo svojim lateralnim krajem.

Mišići koji podupiru svod u ovoj osi su: m. tibialis posterior, m. abductor hallucis i m. peroneus longus (Peharec, 2000).

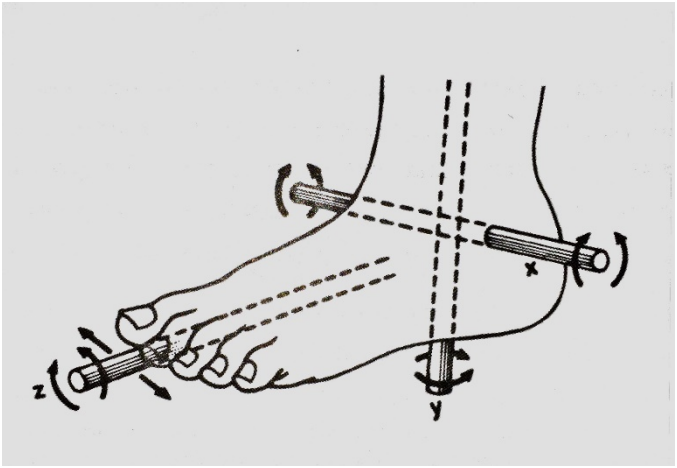
3.2. Dinamičke funkcije stopala

Središte tjelesne mase mora se podizati i spuštati sa svakim korakom za vrijeme hoda (Jajić i sur., 2008), a sile koje prilikom hoda djeluju na svodove stopala izazivaju njihovu deformaciju (Peharec, 2000). Opterećenje koje se javlja prilikom hoda izdužuje i ravna lukove svodova stopala. Na nivou unutarnjeg svoda, kvrga petne kosti se spušta za 7 – 10 milimetara, velika apofiza za 4 milimetara, gležnjevac se pomiče unatrag, a čunasta kost se podiže u odnosu na gležnjevac. Zglobovi tarzusa se proširuju i peta se pomiče prema unatrag. Na nivou lateralnog svoda spuštaju se: petna, kuboidna i peta metatarzalna kost, a tarzalni zglobovi se blago šire. Na nivou prednjeg svoda dolazi do njegovog proširenja na obje strane, od druge metatarzalne kosti i spuštanja njegova tjemena. Ukupno proširenje prednjeg stopala pod težinom tijela iznosi otprilike 12,5 milimetara. Uslijed opterećenja pomiče se glava gležanjske kosti za 2 – 6 milimetara unutra, a velika apofiza za 2-4 milimetara. Na nivou srednjeg metatarzusa dolazi do torzije stopala uslijed koje stražnji dio stopala rotira u adukciju – pronaciju i blagu ekstenziju, dok prednji dio provodi relativni pokret fleksije – abdukcije – supinacije (Peharec, 2000). Gornji i donji gležanjski, odnosno dva funkcijski najvažnija stopalna zgloba, zajedno tvore kuglasti zglob u kojem se obavljaju pokreti stopala u svim smjerovima. Ustroj zglobnih tijela i čvrste sveze ograničuju te kretnje, ali istodobno osiguravaju čvrstoću i stabilnost stopala (Keros i Pećina, 2006).

3.2.1. Mehanika gornjeg gležanjskog zgloba

Gornji gležanjski zglob tvore trohlea gležnjevca i distalni krajevi goljenične i lisne kosti. Ovo je najvažniji zglob stražnjeg dijela stopala. Njegova sprega s osovinskom rotacijom koljena omogućava prilagođavanje plantarnog dijela stopala raznovrsnim zahtjevima terena (Peharec, 2000). Zasebno promatran, gornji je gležanjski zglob pravi kutni zglob. Zglobna je os postavljena poprijeko i prolazi donjim rubom lateralne maleolarne površine talusa, pa na medijalnoj strani seže malo ispod medijalne maleolarne površine talusa (slika 6). Oko poprečne osi gornjeg gležanjskog zgloba moguće su samo dorzalna fleksija i plantarna ekstenzija. Pri dorzalnoj fleksiji širi dio konveksnoga zglobnoga tijela ulazi među rašlje konkavnoga zglobnog tijela i u tom je položaju zglob učvršćen, primjerice kada stojimo i

stopalo je prilagođeno podlozi. U plantarnoj ekstenziji stražnji dio trohleje tali dospije među rašlje konkavnoga zglobnog tijela i u tom je položaju zglob labav. To je važno jer se stopalo mora prilagoditi podlozi i tek nakon toga učvrstiti. U osnovnom stavu opseg kretnji u gornjem gležanjskom zglobu iznosi oko 70°, dorzalna fleksija oko 25° i plantarna ekstenzija oko 45° (Keros i Pećina, 2006).



Slika 6. Kinematika stopala

3.2.2. Mehanika donjeg gležanjskog zgloba

Donji gležanjski zglob tvore gležnjevac i petna kost. Vrlo se rijetko govori o individualnim varijacijama ovog zgloba koje imaju veliki utjecaj na njegovu mobilnost. Ovaj zglob mogu sačinjavati jedan, dva ili tri odvojena zgloba.Mobilnost je najveća kada je prisutan jedan zglob, a najmanja kada ga tvore tri odvojena zgloba (Peharec, 2000). Os donjeg gležanjskog zgloba započinje od hvatišta kalkaneofibularne sveze na lateralnoj strani kalkaneusa, usmjerena je ukoso naprijed i prolazi glavom talusa i seže do pripojišta talonavikularne sveze. U donjem su gležanjskom zglobu osim dorzalne fleksije i plantarne ekstenzije moguće još i abdukcija, adukcija stopala te rotacija stopala. Iz osnovnog je stava opseg kretnji u donjemu gležanjskom zglobu izvediv za 30° everzije i 60° inverzije (Keros i Pećina, 2006).

3.2.3. Mehanika tarzalnih, tarzometatarzalnih i intermetatarzalnih zglobova

U poprečnome tarzalnom zglobu, te u kuneonavikularnom i interkuniforminim zglobovima, moguća su samo neznatna klizanja zglobnih površina. Pritom je talokalkaneonavikularni zglob funkcijski blisko povezan s mehanikom kalkaneokuboidnog zgloba. Isto vrijedi i za tarzometatarzalne i intermetatarzalne zglobove, a čitava je koštana cjelina važna u prilagodbi stopala njegovim statičkim i kinetičkim funkcijama (Keros i Pećina, 2006).

Chopartov zglob jedinstvena je funkcionalna jedinica sastavljena od dva zgloba, kalkaneokuboidnog i talonavikularnog. Moguće kretnje u ovom zglobu su dorzalna fleksija, plantarna ekstenzija, abdukcija, adukcija, inverzija i everzija(Peharec, 2000).

Lisfrancov zglob je spoj tarzalnih kostiju s metatarzalnim kostima. Zglobne površine koje čine zglob su prednja površina triju klinastih kostiju i prednja površina kuboidne kosti (Peharec, 2000).

Metatarzofalangijalni zglobovi su kuglasti zglobovi i u njima su, osim fleksije i ekstenzije, moguće abdukcija, adukcija, cirkumdukcija i rotacija. Sve su kretnje moguće u položaju potpune ili djelomične ekstenzije zgloba, jer tada nisu napete kolatelarne sveze.

Interfalangijalni zglobovi su kutni zglobovi i moguće su kretnje fleksija i ekstenzija, a kretnje se u oba interfalangijalna zgloba pojedinog prsta redovito istodobno zbivaju (Keros i Pećina, 2006).

4. DEFORMITETI STOPALA

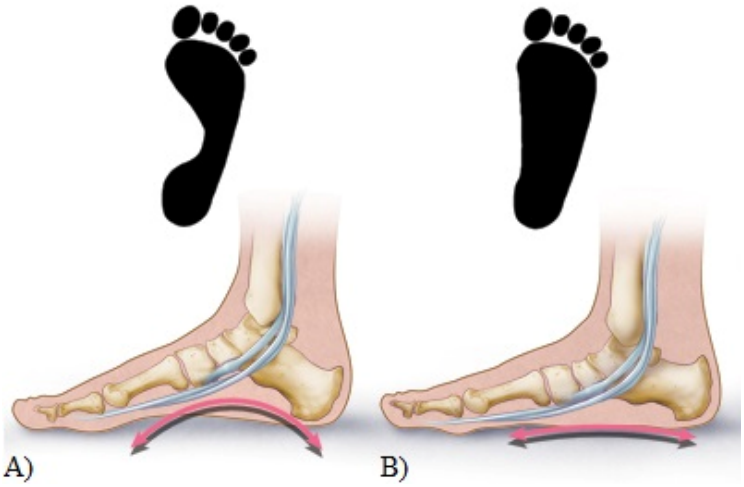
Statističke analize ukazuju da se najbrojniji poremećaji i deformiteti sustava za kretanje u školske djece i mladeži odnose na različite oblike i stadije spuštenoga stopala. Učestalost ovoga deformiteta javlja se u 40-75% slučajeva. U najvećem broju slučajeva radi se o funkcionalnom poremećaju, tzv. insuficijentnom stopalu (Kosinac, 2002). Isto potvrđuje Pećina, koji kaže da je spušteno stopalo (pes planovalgus, planus et transversoplanus) najčešća deformacija stopala, a karakterizirana je gubitkom njegovih normalnih, fizioloških svodova. Gotovo redovito postoji još i valgozitet stražnjeg dijela stopala, što je vjerojatno početna promjena pri procesu spuštanja i deformacije stopala (Pećina i sur.,2000).Istraživanje Ruszkowskog iz 1990. godine kaže da je najčešća deformacija stopala upravo spušteno stopalo (Ruszkowski i sur., 1990).Mjerenja koje su proveli Jelić i suradnici 2001. godine pokazala su da je najčešće postavljena dijagnoza pedes transversoplani ili spušten poprečni svod, odnosno kod djece govorimo o nedovoljno formiranom poprečnom svodu stopala. Zatim slijedi varus položaj metatarzusa, a potom deformacija palca, hallux valgus, koji je češći u žena. Tek nakon toga po učestalosti dolazi do spuštenog uzdužnog svoda stopala, iako je to najčešća uputna dijagnoza. Upravo se u dijagnostici položaja stopala može razlučiti nalazi koji kliničkom procjenom nisu uvijek mogući. Valgus i varus položaj stopala može postojati duž čitavog stopala, ali isto tako samo i na peti ili samo na metatarzusu. Pedobarografska analiza precizno pokazuje te razlike koje su vrlo bitne prilikom dizajniranja i izrade ortopedskih uložaka. Vrlo je česta asimetrija nalaza između lijevog i desnog stopala. Ona može biti posljedica traume, antalgičnog hoda, skraćenja donjeg ekstremiteta, ali i nepravilnog položaja skeleta. Pored samog stopala, bolno mjesto može biti i neki drugi dio lokomotornog sustava: gležanj, potkoljenica, koljeno, natkoljenica, kuk ili kralješnica (Jelić i sur., 2001,).Mogućnosti objektivnog kvalitativnog i kvantitativnog prikazivanja deformacija stopala na osnovu statičke i dinamičke kompjutorske analize hoda omogućavaju nam bolji prikaz najčešćih tipova i deformacija stopala, te abnormalnosti koje se javljaju u hodu. Podaci, istraživanja provedenog 2002. godine na mladim nogometašima, pokazuju varus položaj metatarzusa stopala u nogometaša, koji se javlja kod 60% ispitanika.Učestala je i dijagnoza calcanei valgi 73%, te pedes plani kod 30% ispitanika. Testiranjem mladih nogometaša, te usporedbom s nalazima mladeži nesportaša, te odraslih osoba željelo se pokazati na specifičnost nalaza deformacije stopala u mladih nogometaša. Tokom sporta zahtjev koji je upućen stopalu vrlo je velik, a podložnost ozljedama, prenaprezanjima i deformacijama također se povećava. U analizi ozljeda mladih nogometaša 81% čine ozljede stopala i gležnja (Milošević i sur., 2002).Također se veliki zahtjev na stopalu javlja kod osoba koje nose neadekvatnu obuću. To su mnogo češće žene, koje osim nepravilnog oblika cipele

koriste i potpetice koje narušavaju statiku stopala. Stoga se kod njih češće javljaju deformacije palčeva, ali i bol u metatarzusu, te natisci na koži ispod glavica metatarzalnih kostiju (Jelić i sur., 2001).Hallux valgus spada u učestale deformacije stopala i to češće u civiliziranim društvima iako se javlja u svih naroda i rasa. Smatra se da 25-30% civiliziranog stanovništva ima takav deformitet i manje je ili više izražen. Deformacija se obično javlja u adolescentskom periodu razvoja te postupno napreduje. Dolazi do divergencije odprve do pete metatarzalne kosti, tako da je prednji dio stopala lepezasto proširen. Prva metatarzalna kost ide u adukciju, a budući da palac zbog napetih tetiva mišića ne može slijediti divergenciju I. metatarzalne kosti, on ide u abdukciju. Isto tako zbog nefiziološke obuće palac istim mehanizmom pojačava abdukciju (Pećina, 2000).Stopalo je u evolutivnom razvoju čovjeka doživjelo mnogo promjena, ali se u nekim anatomsko-funkcionalnim osobinama ipak nije dovoljno priviklo na suvremene uvjete života. Svakodnevnim hodanjem po ravnom terenu mišići atrofiraju, iz čega proizlazi sve češća pojava spuštenog stopala. Spušteno stopalo spada u statičke bolesti stopala kao što su udubljeno stopalo, halux valgus, halus rigidus, digiti flexi, metatarsalgija i fasciitis plantaris te calcar calcanei (Kovač i Čačić Ruven, 2001).

U širokoj lepezi oblika stopala susrećemo različite urođene i stečene deformitete stopala. Čupasto stopalo (pes equinovarus) stopalo je uvrnuto prema unutra, uz istovremenu ekstenziju u nožnom zglobu i adukciju u malim zglobovima. Spušteno stopalo (pes planovalgus) uzdužni medijalni svod stopala nije sasvim spušten i ne dodiruje tlo. Ravno stopalo (pes planus) uzdužni medijalni svod sasvim je spušten i dodiruje tlo. Izdubljeno stopalo (pes exavatus) uzdužni svod stopala jako je izražen, što stopalu daje izdubljen izgled. Ovaj deformitet može biti urođen ali i stečen. Srpasto stopalo (pes adductus), prednji dio stopala je u adukciji i naglašenoj torziji, dok je hrbat stopala u valgus položaju. Deformitet može biti stečen ili intrauterinog nastanka. Petno stopalo (pes calcaneus) obratan je deformitet od Pes equinusa. Peta stoji duboko. Postoji skraćenje mekih dijelova i mišića na strani ekstenzora, preduga je Ahilova tetiva. Everzija stopala, stopalo u stojećem stavu je izvrnuto lateralno, „prema van“. Unutrašnji svod je opterećen, a vanjski rub stopala lako odignut. Inverzija stopala, stopalo je izvrnuto medijalno, „prema unutra“. U stojećem stavu vanjski svod stopala je opterećen a unutarnji je lako odignut (Kosinac, 2002).

4.1. Spušteno (ravno) stopalo (pes planovalgus, planus et transversoplanus)

Pod statičkim deformacijama stopala najčešće mislimo na ravna stopala kao sveukupni pojam za sve anomalije stopala definirane fiziološkim popuštanjem svodova, odnosno narušavanjem statio-dinamičke ravnoteže do kliničkih definitivnih patoloških promjena (Kosinac, 2002) (slika 7). Statistički podatci, premda vrlo često varijabilni, pokazuju da se pes planus pojavljuje u 50-80% gradskoga stanovništva, češće u žena (Pećina i sur., 2000). Uspravljanje djeteta tijekom njegovog biološkog razvoja i sazrijevanja te tijekom filogenetskog razvoja stopala od organa za hvatanje i penjanje nastao je organ za hodanje i stajanje (Kosinac, 2002, Pećina i sur., 2000).



Slika 7. A) Zdravo stopalo, B) Spušteno stopalo

Razvoj stopala kao organa nije još završen. Nadalje, ono degenerira zbog stalnog stajanja i hodanja po ravnim i tvrdim podlogama, te zbog neprimjerene obuće, zbog koje su slobodni pokreti stopala, koji su potrebni za pravilan razvoj stopala, onemogućeni (Pećina i sur., 2000). Faza puberteta je od izuzetne važnosti za pojavu spuštenih stopala. U toj fazi kosti brže rastu nego što se uspostavlja mišićno-ligamentorna funkcija, pa potporno tkivozbog hormonalnog upliva postaje senzibilno i insuficijentno. Pod utjecajem raznih vanjskih čimbenika, kao što su opterećenja kod dužeg stajanja, sjedenja, hodanja po ravnim i tvrdim podlogama, pojedinih sportskih aktivnosti, moguće je provocirati funkcionalni disbalans koji često rezultira popuštanjem stopala deformacijom. Hipokineza u pretile djece, poglavito u fazi intenzivnog rasta često se dovodi u vezu sa spuštenim stopalima. Smanjena pokretljivost dovodi do hipoksije muskulature, a ova do funkcionalne insuficijencije potpornog tkiva, što uvjetuje patogenezu ravnih stopala.Poremećena ravnoteža odnosa između snage stopala i opterećenjakoje djeluje na stopalo te nedovoljna aktivnost muskulature potkoljenice i stopala

dovodi do mijenjanja odnosa između kostiju stopala. U razvoju ove deformacije razlikujemo tri stupnja: pes valgus, pes planovalgus i pes planus (Kosinac, 2000).

Pes valgus, prvi znak funkcionalnog popuštanja jest valgozitet pete, obično simetričan, što će se najbolje vidjeti promatranjem bolesnika s leđa. Normalna uzdužna os potkoljenice i pete tvore kut od pet stupnja. Često je korisno pogledati obuću bolesnika koja prema mjestima trošenja potplate i pete otkriva položaj stopala (Pećina i sur., 2000). Svodovi stopala su još uvijek održani, a uzrok nastanka je zamor i insuficijencija medijalne strane stopala i potkoljenice (dugih fleksora) (Kosinac, 2002).

Pes planovalgus drugi je stupanj u razvoju deformacije stopala. Promjene su osim muskulature zahvatile i ostale meke dijelove stopala i potkoljenice. Od mehaničkih faktora, koji uvjetuju pojavu planovalgusa stopala, spominju se genua valga i unutarnja rotacija femura. Klinička slika održava popuštanje mišića i ligamenata, jače naglašeni konveksitet Ahilove tetive te stopalo u everziji (Kosinac, 2002).

Pes planus, medijalni longitudinalni svod je skoro potpuno nestao, osoba gazi čitavim stopalom, što izaziva karakterističan hod u abdukciji. Postupno deformitet postaje fiksiran te kod odraslih dovodi do sekundarnih smetnji. Prilikom hodanja često dolazi do bolova u mišićima potkoljenice, jer su oni nefiziološki opterećeni, a nije isključena ni pojava proširenih vena potkoljenice (Kosinac, 2002).

4.2. Sindrom prenaprezanja

Sindromi prenaprezanja sustava za kretanje na donjim ekstremitetima, a osobito na stopalu su česta pojava u sportaša i predstavljaju dijagnostički i terapijski problem (slika 8). Među vanjskim čimbenicima uzroka nastanka sindroma prenaprezanja svakako su najznačajniji poremećaji biomehanike donjeg ekstremiteta i to opet poremećaji biomehanike samog stopala i njegove statičke i dinamičke funkcije.

Za normalnu funkciju stopala, koja je vrlo složena u pojedinim fazama hoda, mora biti usklađen rad pojedinih skupina mišića uz slobodan opseg pokreta zglobova. Smanjenje funkcije, odnosno snage bilo koje grupe mišića dovodi do deformacije fizioloških svodova stopala, jer dolazi do nesrazmjera između snage mišića i težine tijela. Stopala kod velike većine sportaša izložena su daleko većim statičkim i dinamičkim opterećenjima nego što je to slučaj u svakodnevnom životu i naravno da veća opterećenja, dovode do bržeg zamaranja mišića, a što u dužem vremenskom razdoblju dovodi i do promjena na strukturi kosti, samim mišićima i njihovim tetivama. Promjene na kostima, svezama, mišićima i tetivama

uzorkovane spuštenim svodovima stopala se uglavnom manifestiraju kao klinički simptomi ili sindromi koji će se ranije pojaviti kod sportaša koji već imaju spuštene svodove stopala u vrijeme početka sustavnog bavljenja sportom. Prevencija tegoba sa strane stopala može biti aktivna i pasivna. Aktivna prevencija se sastoji u jačanju pojedinih skupina mišića, a pasivna prevencija u korekciji statike, odnosno propisivanjem adekvatnih ortopedskih uložaka.

Jedan od najčešćih sindroma prenaprezanja u području stopala je plantarni fasciitis uz moguću burzu tubera kalkaneusa (Mađarević i sur., 2007). Smatra se da oko 20% osoba ima kalkar kalkanei, ali bez ikakvih tegoba (Pećina i sur., 2000). Za uzrok se smatra preopterećenje plantarne fascije uzrokovano proniranim stopalom, udubljenim stopalom te valgusom položaja pete. Klasični simptom je pojava boli prilikom prvog koraka u visini plantarnog dijela pete da bi se nakon određenog kraćeg vremena bol smirila i nakon daljnjeg opterećenja ponovo pojavila. Hod na peti je bolan, a ako je prisutna i podražena burza, bol je intenzivnija. Bolan je hod i na prstima kad je prisutan samo znak plantarnog fascitisa (Mađarević i sur., 2007).



Slika 8. Sindrom prenaprezanja

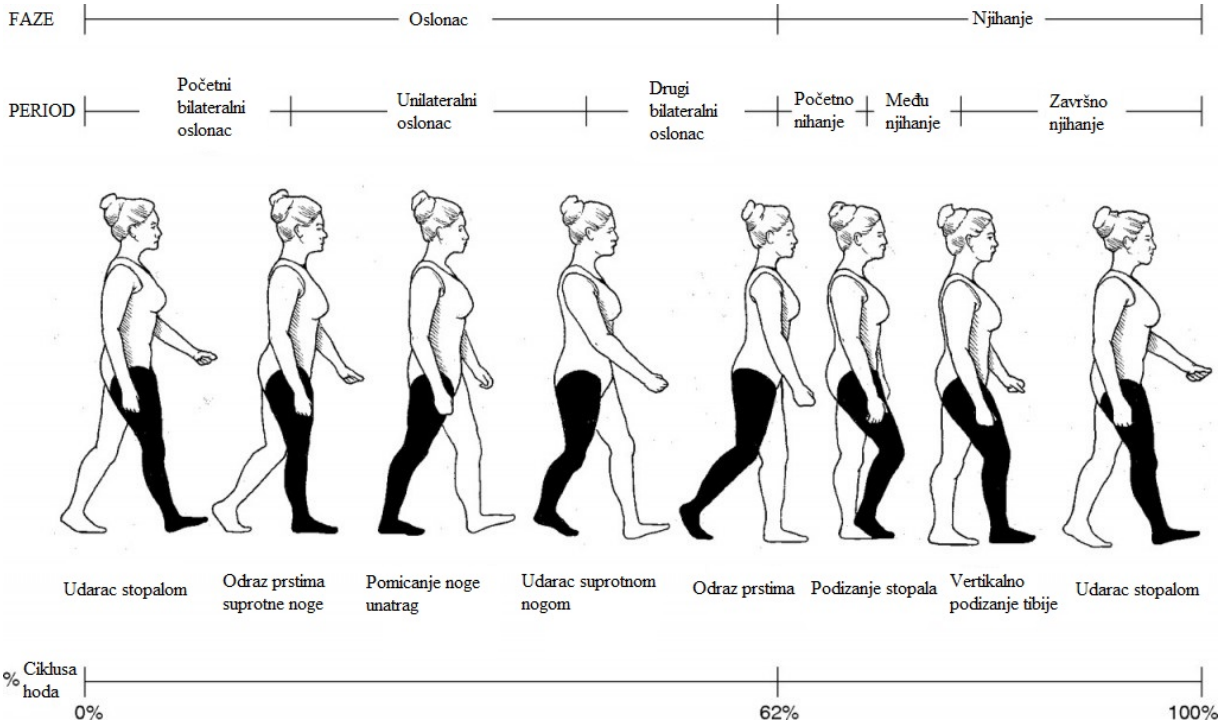
5. ANALIZA HODA

Proces hodanja uključuje kompleksnu interakciju mišićnih sila na kosti, rotacije kroz brojne zglobove i fizikalne sile koje djeluju na ljudsko tijelo (Chambers i Sutherland, 2002). Hod odraslog čovjeka predstavlja individualnu karakteristiku osobe, koja je jedinstvena s obzirom na spol, dob, neuromuskularnu aktivnost, antropometriju, obuću, podlogu i umor. Svi ti čimbenici zajedno rezultiraju interindividualno vrlo različitim i karakterističnim načinom hoda. Može se reći da je hod identifikacijsko sredstvo. Pokreti u hodu postaju tijekom rasta visoko automatizirani (Meyring i sur., 1997). Mehanizmi hoda sazrijevaju u najranijem djetinjstvu, a manifestiraju svoj razvoj već kroz održavanje ravnoteže u uspravnom stavu. U periodu od druge do treće godine života dijete usvaja siguran hod, a u razdoblju od sedme do devete godine ima sve temeljne karakteristike hoda odraslog čovjeka (Peharec, 2000). Ciklus hoda definiramo kao period koji započinje konatktom pete jedne noge do kontakta pete te iste noge (slika 9). Možemo reći da ciklus hoda odgovara jednom dvokoraku odnosno ciklus hoda iznosi dva koraka (Burnfield, J. M., i Powers, C. M.,2006). Prosječan ciklus hoda ili cijeli korak traje tek oko jedne sekunde. Korak se sastoji iz faze kontakta s podlogom koja traje oko 62% koraka i faze njihanja koja traje oko 38% trajanja koraka (Chambers i Sutherland, 2002). Za analizu važno je naglasiti da fazu njihanja smatramo otvorenim kinetičkim lancem jer je njegov distalni kraj, stopalo, slobodno u zraku. Tijekom hoda izmjenjuju se u pravilnom redoslijedu faze bilateralnog i unilateralnog oslonca. Pojedini autori stoga ne govore o fazi kontakta i fazi njihanja već o prvom bilateralnom, prvom unilateralnom, drugom bilateralnom i drugom unilateralnom osloncu. Faza kontakta predstavlja zatvoren kinetički lanac budući da je stopalo u kontaktu s podlogom. Ona se sastoji od tri perioda: period kontakta pete, period sredine opterećenja i period odraza (Viladot, 1991). Ciklična izmjena oslonca jedne pa druge noge i period u kojem su obje noge na podlozi istovremeno, su glavne značajke procesa ljudskog hoda (Chapman, 2008).

Kongenitalne deformacije, razvojni poremećaji, stečeni problemi kao što su amputacije ili traume i degenerativne promjene mogu potencijalno doprinijeti smanjenoj učinkovitosti hoda. Prije radioloških pretraga i terapeutskih intervencija trebala bi biti napravljena sistematska analiza pacijentovog hoda. Ovim pristupom fizijatar koji vodi liječenje može razumjeti prirodu problema hoda te dobiti uvid u etiologiju i odrediti najbolji tretman (Chambers i Sutherland, 2002).

Hod se može analizirati jednostavnim promatranjem pacijentova hoda ili uporabom potpuno kompjutorizirane trodimenzionalne analize pokreta s mjerenjem potrošnje energije. Za učinkovitu analizu liječnik treba razumjeti sastavnice normalnog hoda i znati kako primijeniti

podatke analize hoda za formuliranje prikladnog kliničkog plana (Chambers i Sutherland, 2002).



Slika 97. Prikaz ciklusa hoda

5.1. Sastavnice hoda

Saunders je definirao šest bazičnih sastavnice hoda. Odsutnost ili oštećenje tih pokreta direktno utječu na pravilnost puta centa mase tijela. Sastavnice su: anteriorni odnosno posteriorni pomak zdjelice, podizanje kriste ilijake, fleksija koljena tijekom faze oslonca, gibanje stopala i gležnja, lateralni pomak zdjelice i aksijalne rotacije donjih ekstremiteta. Gubitak ili kompenzacija dvije ili više sastavnica prouzrokuje kompenzatorni i neučinkovit hod (Saunders i sur., 1953). Perry je opisala četiri preduvjeta za normalan hod: stabilnost oslonačne noge tijekom potporne faze, podizanje ne oslonačne noge tijekom faze zamaha, odgovarajuće pred pozicioniranje stopala tijekom završne podfaze njihanja za slijedeći ciklus hoda i adekvatna duljina koraka (Perry,1992). Gage i suradnici su dodali komponentu očuvanja energije, kao peti preduvjet normalnog hoda (Chambers i Sutherland, 2002).

5.2. Vremenski parametri

Vremenski parametri (vremenski razmak) uključuju brzinu koja može biti izražena u centimetrima po sekundi. Srednja vrijednost sedmogodišnjeg djeteta iznosi 114 centimetara po sekundi to jest 143 koraka u minuti. Srednja vrijednost brzine hoda za odrasle, starije od 40 godina, iznosi 123 cm/s, dok srednja vrijednost kadence je 114 koraka u minuti (Chambers i Sutherland, 2002). Burnfield i Power su za dužinu koraka dobili slijedeće rezultate: prosječna kadenca koraka iznosila 116 koraka u minuti, prosječna brzina hoda 80 metara u minuti a prosječna dužina koraka iznosila je 69,5 centimetara (Burnfield, J. M., i Powers, C. M.,2006). Duljina koraka je definirana kao udaljenost između kontakta pete jedne noge do kontakta pete suprotne noge. Duljinu dvokoraka definiramo kao razmak između ipsalateralne pete do sljedeće ipsalateralne pete, tj. duljina dvokoraka je udaljenost između dva sukcesivna kontakta pete iste noge (Chambers i Sutherland, 2002).

5.3. Sila

Hod je izmjena narušavanja i ponovnog uspostavljanja ravnoteže, dok se centar mase tijela konstantno premješta. Sile koje djeluju i modificiraju ljudsko tijelo u pokretu prema naprijed su: sila gravitacije, sila reakcije podloge, sila mišića i sila reakcije zamaha (Chambers i Sutherland, 2002). Sile koje djeluju na tijelo u pokretu Milanović dijeli u dvije skupine: unutarnje sile (aktivna mišićna sila i sile pasivnih dijelova lokomotornog sustava) te vanjske sile (konstanta gravitacijska sila, sila reakcije podloge, sila reakcije zamaha i sila otpora sredine u kojem se gibanje odvija). Navodi, da su parametri međusobno povezani te u interakciji utječu na kvalitetu i konačni efekt motoričke izvedbe (Milanović, 2013). Put centra mase tijela je pravilna krivulja koja se kreće gore i dolje u vertikalnoj ravnini s prosječnim porastom i padom od oko četiri centimetara. Najniža točka jest za vrijeme bilateralne potpore, kada su obje noge na tlu, a najviša točka je za vrijeme perioda sredine opterećenja. Centar mase tijela je također pomaknut bočno u horizontalnoj ravnini za vrijeme kretanja, s osciliranjem od ruba do ruba za oko pet centimetara. Kretanje se odvija prema oslonačnoj nogi i dolazi do lateralnih krajeva za vrijeme perioda sredine opterećenja. Kombinirana vertikalna i horizontalna gibanja centra mase tijela opisana su dvostrukom sinusoidnom krivuljom (Chambers i Sutherland, 2002).

5.4. Prikaz kretnji gležnja i stopala tijekom hoda

Iako se aktivnost mišića može utvrditi promatrajući hod pacijenta, vrlo teško je odrediti da li je mišić aktivan ili neaktivan tijekom pojedinog pokreta. To saznanje je vrlo važno pri određivanju koje će terapijske intervencije ispraviti problem, a to je ključno za određivanje mišića koji će se aktivirati u prijenosu sile tijekom pokreta. Glavni problem kod osoba s teškoćama s hodanjem jest povećana potrošnja energije. Kako bi se postigao normalan hod potrebno je smanjiti naprezanje mišića i zglobova i najvažnije, smanjiti energiju koja se troši tijekom hoda (Chambers i Sutherland, 2002).
Biomehanička organizacija hoda ima za cilj, minimaliziranje potrošnje energije, a opisane mišićne aktivnosti mogu se potvrditi elektromiografskom analizom hoda zdravih ljudi (Perry, 1992).

5.4.1. Period kontakta pete

Kontakt pete označava početak faze opterećenja. Sila kojom stopalo djeluje na tlo individualno varira te je kod nekih osoba to pravi, vrlo bučan udarac, dok drugi tek kliznu petom po tlu. Oko 40% ljudi korak započinje kontaktom srednjeg ili prednjeg dijela stopala. U tom slučaju, kao i kod patološkog hoda, koristi se termin inicijalni kontakt. Postoje sugestije da sile koje proizlaze iz udarca petom, prenoseći se na zglobove koljena, kuka i kralješnice mogu dovesti do degenerativnih promjena na koljenima ili kralješnici. Udarac petom je kratak i obično traje od 10 do 20 milisekundi. Nakon kontakta pete dolazi do prijenosa težine na srednji, lateralni dio stopala koje je sada u ravnom položaju. To se obično događa na oko 8% ciklusa hoda, neposredno prije ulaska kontralateralne noge u fazu kretnje. U intervalu između kontakta pete i punog opterećenja prednjeg stopala, sila reakcije podloge se povećava, a usmjerena je gore i natrag. Pri kontaktu pete s tlom, reakcija tla na oslonac petom je usmjerena prema naprijed. Kako stopalo ne bi previše brzo spustilo na podlogu, dolazi do kontrakcije prednjih tibijalnih mišića koji se ekscentrično kontrahiraju da bi se ovo spuštanje odvijalo što nježnije. U vrijeme kontakta peta je obično blago invertirana, a stopalo je u blagom položaju everzije (Peharec, 2000).

5.4.2. Period sredine opterećenja

Ovaj period započinje punim opterećenje cijelog stopala i završava podizanjem pete. U ovom periodu stopalo se mora transformirati iz mekanog amortizera, u rigidnu polugu koja će moći izvršiti odraz u slijedećem periodu. Period od punog opterećenja stopala do odraza pete karakteriziran je unutarnjom rotacijom tibije oko gležnja koja se odvija od oko 15° plantarne fleksije do oko 10° dorzalne fleksije. Na sredini opterećenja gležanj je obično između neutralne pozicije i 5° plantarne fleksije koja traje do oko 10° dorzalne fleksije. Sila reakcije podloge usmjerena je naprijed duž stopala od trenutka punog opterećenja prednjeg stopala. Napredovanjem faze opterećenja, tibija se rotira prema van, a subtalarni zglob izlazi iz inverzije(Peharec, 2000).

5.4.3. Period odraza

Ovaj period započinje podizanjem pete i taje sve do podizanja prstiju od podloge. Podizanjem prstiju ujedno završava i dio koraka u kojem je tijelo bilo oslonjeno na obje noge. Odraz se u ovom periodu ostvaruje snažnom mišićnom kontrakcijom. Sada dolazi doponovnog približavanja krajeva plantrane fascije čime se vraća dio energije hoda uskladišten u medijalnom svodu tijekom perioda kontakta. Vrh dorzi fleksije gležnja dosegnut je u trenutku podizanja pete. Kut gležnja je tada 10°-15°. Podizanje pete prate fleksija koljena i plantrana fleksija gležnja (Peharec, 2000).

5.4.4. Faze kretnje

Fazi kretnje jedne noge odgovara period sredine opterećenja druge noge. To je vrijeme kada noga u kretnji prolazi kraj stajne noge, a stopala su jedno uz drugo. Faza kretnje je podijeljena u dva perioda: period akceleracije i period deceleracije. Da bi noga ostala u zraku uz fleksiju koljena potrebno je i gibanje gležnja u smislu smanjenja plantarne fleksije do neutralnog položaja i male dorzalne fleksije. Stopalo je pri odrazu prstiju u položaju inverzije, i ostaje u tom položaju sve do slijedećeg kontakta pete (Peharec, 2000).

5.5. Aktivnost mišića potkoljenice i stopala tijekom hoda

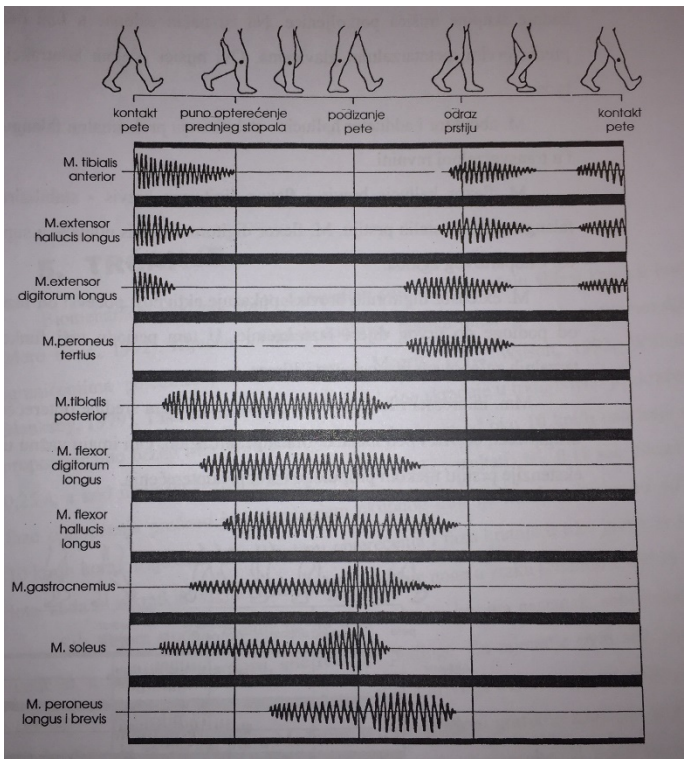
M. tibialis anterior održava inverziju prednjeg stopala oko uzdužne osovine Chopartovog zgloba. Ponovno se njihova aktivnost zapaža krajem faze oslonca kada ubrzavaju kretanje tijela prema naprijed.

M. extensor digitorum longus i m. peroneus brevisprovode dorzifleksiju gležnja i održavaju prednje stopalo u položaju pronacije oko kose osovine Chopartovog zgloba. Ponovna aktivnost ovih mišića pojavljuje se krajem faze kretnje kada vrše dorzifleksiju gležnja i metatarzofalangealnih zglobova.

M. tibialis posterior, m. flexor digitorum longus i flexor hallucis longus pokazuju glavnu aktivnost za vrijeme sredine opterećenja kada se koncentrično kontrahiraju vraćajući subtalarni zglob u neutralnu poziciju, što izaziva istovremenu vanjsku rotaciju noge.

M. gastrocnemius i m. soleus maksimalnu aktivnost pokazuju krajem sredine opterećenja, kada svojom kontrakcijom podižu petu. M. soleus sprječava dorzalnu fleksiju gležnja, a m. gastrocnemius flektira koljeno i vrši plantarnu fleksiju gležnja. Druga njihova važna uloga je kočenje unutarnje rotacije tibije i femura tijekom perioda kontakta.

M. peroneus longus i brevis pokazuju svoju aktivnost od trenutka odvajanja pete kada je oslonac tijela na prednjem stopalu i zadržava nakon faze odraza. Ovi mišići svojom aktivnošću stabiliziraju tarzus i imaju značajnu ulogu u odrazu stopala (slika 10).



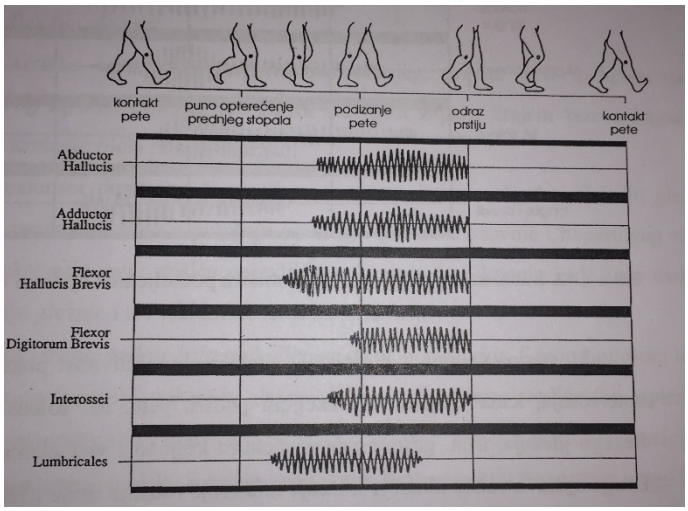
Slika 80. Aktivnost mišića potkoljenice tijekom hoda

M. abductor i adductor hallucis stabiliziraju proksimalnu falangu palca prema tlu i u transverzalnoj ravnini.

M. flexor hallucis brevis i flexor digitorum brevis stabilizira proksimalnu falangu palca i ostalih prstiju. M. flexor digitorum brevis pomaže u supinaciji oko kose osi Chopartovog zgloba.

M. extensor digitorum brevis pokazuje aktivnost počevši od faze odvajanja pete od podloge do prvog dijela faze kretnje. U tom periodu vrši funkciju stabilizacije tarzalnih zglobova u fazi oslonca i odraza.

Mn. Interossei i lumbricales aktivni su krajem sredine opterećenja. Stabiliziraju drugi, treći, četvrti i peti metatarzofalangealni zglob (Peharec, 2000) (slika 11).



Slika 11. Aktivnost mišića stopala tijekom hoda

6. PRIKAZ MJERENJA

Pritisci i sile reakcije podloge su mjereni pedobarografskim uređajem Zebris medical platform FDM 1.5 (ZMP). Dimenzije ZMP-a su 158,0 x 60,5 x 2,5 (dužina x širina x visina). Senzorna površina ZMP-a je 149,0 x 54,2 centimetara (dužina x širina).Raspon zabilježenog pritiska je od 1 do 60 N/cm². Frekvencija ZMP-a je podešena na 300 Hz-a. Za obradu podataka prikupljenih ZMP-om koristio se WinFDM program za Windowse. Sile reakcije podloge su izražene u njutnima (N), a pritisci u njutnima po centimetru kvadratnom (N/cm²). Mjerenje se provodilo u Laboratoriju za biomehaniku Kineziološkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu 24.5.2017. Prije mjerenja ispitanici su dobili uputu da prilikom mjerenja ne gledaju u pedobarograf te da hodaju svojim normalnim hodom. Prije početka protokola mjerenja ispitanici su stajali na početku piste za hod udaljene 4 metra od pedobarografa. Ispitanik je hodao svojim normalnim hodom ravno 9.5 metara, zatim se okrenuo za 180° te nastavio hodati do početnog mjesta, te to ponavljao 2 minute, odnosno dok nije dobio znak da je mjerenje završilo. Ukoliko mjerenje nije bilo uspješno, protokol se ponavljao. Mogući razlozi neuspješnog mjerenja su: hod je bio izmijenjen zbog ciljanja pedobarografa, ukoliko je uređaj zabilježio manje od 3 cijela stopala prilikom protokola mjerenja ili ako je ispitanik bio ometen.Ispitanicima su prije samog mjerenja uzimane slijedeće mjere: visina, težina, dužina nogu, te su uzete informacije o prijašnjim ozljedama, sportu kojim su se bavili te su bili upitani da li se psihički dobro osjećaju. Antropološke karakteristike prikazane su u tablici 1.

Tablica 1. Antropološke karakteristike studenata i studentica

Karakteristike uzorka	**Statistička obrada**	**Studentice**	**Studenti**
Visina (cm)	Minimum	162,9	173,7
	Maksimum	174	196,5
	Prosjek	169	182,3
	SD*	3,5	6,4
Težina (kg)	Minimum	57	68,3
	Maksimum	78,3	95
	Prosjek	65,2	79,1
	SD*	7,2	2,9
Dužina lijeve noge (cm)	Minimum	90	96,8
	Maksimum	101	112,5
	Prosjek	95,8	103,06
	SD*	3,3	4,1
Dužina desne noge (cm)	Minimum	90	97
	Maksimum	101,4	112,7
	Prosjek	95,8	103,04
	SD*	3,3	4,1

*SD – standardna devijacija



Slika 12. Raspodjela pritiska stopala tijekom hoda

Mjerenje je provedeno na zdravoj populaciji što pokazuju i rezultati mjerenja (slika 12 i 13). Usporedbom rezultata dobivenih pedobarografskim mjerenjem uočene su razlike u duljini koraka i raskoraka te širini koraka kod studenata i studentica. Navedene razlike su u skladu s kinantropološkim razlikama između muškog i ženskog spola prikazano u tablici 2.

Tablica 2. Prikaz rezultata mjerenja duljine koraka, raskoraka i širine koraka

Karakteristike uzorka	**Statistička obrada**	**Studentice**	**Studenti**
Duljina koraka (cm) Lijeva noga	Minimum	59	67
	Maksimum	74	73
	Prosjek	66,7	69,7
	SD*	5,1	2,2
Duljina koraka (cm) Desna noga	Minimum	61	65
	Maksimum	77	75
	Prosjek	68,5	69,8
	SD*	4,6	3,3
Duljina raskoraka(cm)	Minimum	121	134
	Maksimum	151	147
	Prosjek	135,1	139,4
	SD*	8,6	4,0
Širina koraka (cm)	Minimum	5	8
	Maksimum	13	18
	Prosjek	8	12,9
	SD*	2,3	2,7

*SD – standardna devijacija

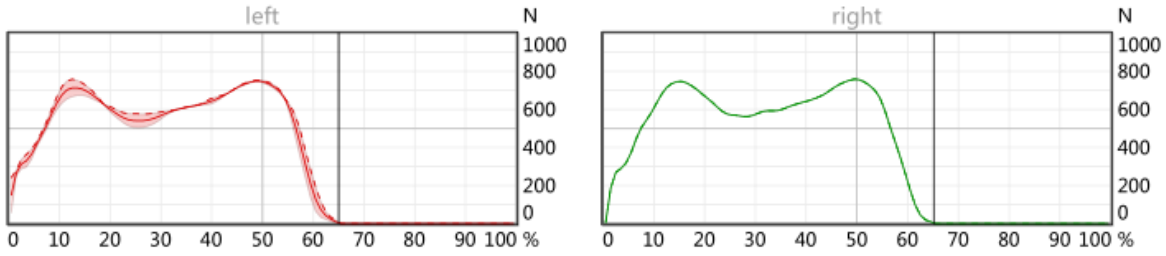
Iako jemaksimalna duljina koraka lijevom i desnom nogom te maksimalna duljina raskoraka zabilježena kod studentica, u prosjeku je vidljivo da studenti imaju duži korak i raskorak. Najveći minimalni, maksimalni i srednji rezultat širine koraka zabilježen je kod studenata. Maksimalne, minimalne i srednje vrijednosti maksimalne sile (N) i maksimalnog pritiska

(N/cm²) također ukazuju na postojanje razlika između studenata i studentica. Kod studenata je maksimalna izmjerena vrijednost maksimalne sile iznosila 940,7 N, a kod studentica 808,7 N. Obje maksimalne vrijednosti ostvarene su prednjim dijelom desnog stopala, prikazano u tablici 3.

Tablica 3. Prikaz rezultata mjerenjamaksimalne sile (N)

Karakteristike uzorka			**Studenti**	**Studentice**
Lijeva noga	Prednji dio stopala	Minimum	696,8	546,1
		Maksimum	882,9	783,1
		Prosjek	781,8	670,3
	Srednji dio stopala	Minimum	113,1	45,8
		Maksimum	255	195,6
		Prosjek	171,5	124,6
	Peta	Minimum	432,6	381,8
		Maksimum	652,6	550,2
		Prosjek	546,2	441,3
Desna noga	Prednji dio stopala	Minimum	693,9	565,4
		Maksimum	940,7	808,7
		Prosjek	781	685,6
	Srednji dio stopala	Minimum	70,2	70,8
		Maksimum	242,8	232,9
		Prosjek	153,7	138,9
	Peta	Minimum	430,6	373,5
		Maksimum	603,1	548,6
		Prosjek	526,7	444,9

Najveća izmjerena vrijednost maksimalnog pritiska iznosi 65,5 N/cm² ostvarena prednjim dijelom lijevog stopala u studenata dokkod studentica najveća izmjerena vrijednost iznosi 57,7 N/cm² ostvarena prednjim dijelom desnog stopala što je za 3,3 N/cm² više od izmjerenog rezultata kod studenata iste varijable prikazano u tablici 4.



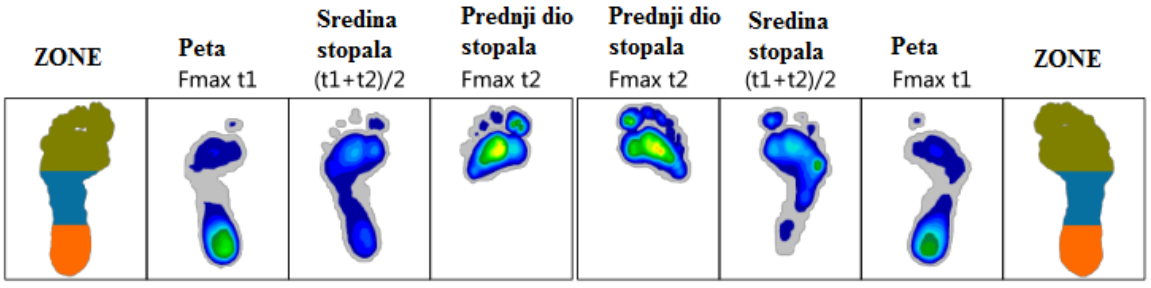
Slika 13. Tipična reakcija opterećenja podloge tijekom koraka

Tablica 4. Prikaz rezultata mjerenja maksimalnog pritiska (N/cm²)

Karakteristike uzorka			Studenti	Studentice
Lijeva noga	Prednji dio stopala	Minimum	30,4	22,8
		Maksimum	65,5	51,4
		Prosjek	46,5	38,1
		SD*	10,3	8,6
	Srednji dio stopala	Minimum	7	5,9
		Maksimum	38,4	17,7
		Prosjek	14,6	10,6
		SD*	10	3,3
	Peta	Minimum	27,6	25,1
		Maksimum	48,1	36,7
		Prosjek	33,5	29,9
		SD*	6,6	4,3
Desna noga	Prednji dio stopala	Minimum	39,5	29,8
		Maksimum	54,4	57,7
		Prosjek	43,1	36,9
		SD*	4,6	8,4
	Srednji dio stopala	Minimum	7,8	7,3
		Maksimum	21,3	19,5
		Prosjek	11,4	12,6
		SD*	3,8	3,8
	Peta	Minimum	24	24,5
		Maksimum	48,6	35,7
		Prosjek	32,6	30,3
		SD*	7,8	3,3

*SD – standardna devijacija

Srednje vrijednosti vremena kontakta poprilično su jednake u oba spola izmjerene na prednjem i srednjem dijelu stopala prikazano u tablici 5. Vrijednosti izmjerene na peti lijeve noge više su za 8,4 %, te za 5,8 % kod desne noge u studentica (slika 14).



Slika 14. Prikaz rezultata mjerenja analize tri zone stopala

Tablica 5. Prikaz rezultata mjerenjavremena kontakta, % od faze oslonca

Karakteristike uzorka			Studenti	Studentice
Lijeva noga	Prednji dio stopala	Minimum	88,5	88,1
		Maksimum	94,8	91,1
		Prosjek	90,7	89,7
		SD*	2	0,9
	Srednji dio stopala	Minimum	58,8	58,2
		Maksimum	82,9	76,6
		Prosjek	68,9	69,1
		SD*	8	5,9
	Peta	Minimum	39,2	49,9
		Maksimum	59,7	62,4
		Prosjek	47,9	56,3
		SD*	6,5	4,9
Desna noga	Prednji dio stopala	Minimum	88,6	91,4
		Maksimum	94,3	88,5
		Prosjek	90,8	90,2
		SD*	1,5	0,9
	Srednji dio stopala	Minimum	64	61,2
		Maksimum	78	76,9
		Prosjek	70,2	70
		SD*	4,9	4,2
	Peta	Minimum	43	40,6
		Maksimum	56,7	59,6
		Prosjek	48,8	54,6
		SD*	5,6	6,2

*SD – standardna devijacija

Navedene razlike između studenata i studentica posljedica su razlika između spolova. Uvidom u tablicu 1 vidimo da su vrijednosti antropoloških karakteristika izmjerenih studenata puno veće nego što je to u studentica. Najveća izmjerena težina kod studenata iznosi 95 kilograma dok je to kod studentica 78,3 kilograma. Srednja vrijednostizmjerene visine kod studenata iznosi 182,3 centimetara, a kod studentica ona iznosi 169 centimetara.

7. ZAKLJUČAK

Stopalo kao specifični organ oslonca i hoda kod sportaša izloženiji je znatno većim statičkim i dinamičkim silama opterećenja koje u jednom momentu postaju znatno veće nego što to strukture stopala mogu podnijeti i kao posljedica nesklada snage muskulature i opterećenja javljaju se bolni sindromi preopterećenja. Dugotrajnim opterećenjem stopala javljaju se i znaci pojedinih deformacija stopala (Mađarević i sur., 2007). Deformacije stopala često su nalaz ili nusnalaz kod osoba koje imaju tegobe vezane za lokomotorni sustav. Kako otežano kretanje značajno smanjuje kvalitetu života, potrebno je učiniti sve da se pacijentu omogući lakše kretanje (Jelić i sur., 2001). Poznavajući funkcionalnu anatomiju, fiziologiju i biomehaniku stopala, danas se može prevenirati pojavu tegoba na stopalu. Uz klasični klinički pregled stopala u hodu i stajanju te mogućnost elektronskog ispitivanja statičkog i dinamičkog opterećenja stopala mogu se dijagnosticirati i najfinije promjene krivog ili povećanog opterećenja pojedinog dijela stopala (Mađarević i sur., 2007).

Primjena novih informacijskih tehnologija u kineziterapiji znatno poboljšava kvalitetu dijagnostičkih postupaka, procesa vježbanja te praćenja korisnika u realnom vremenu. Ipak, kako znanost napreduje, pojedini mjerni sustavi postaju složeniji te je znanje potrebno za njihovu primjenu, održavanje i razvoj vrlo kompleksno. Upotreba novih tehnologija u kineziterapiji od stručnjaka zahtijeva redovito praćenje novih tehnologijskih trendova i njihovo razumijevanje, uz istovremeno uvažavanje svih zakonitosti upravljanja procesima vježbanja kod različitih zdravstvenih stanja (Trošt Bobić, Ciliga, 2015). Razvoj dijagnostičkih postupaka za analizu stanja stopala ovisan je o razvoju tehnologije i socioekonomskoj klimi određene države. U današnjoj se praksi sve više koriste elektronski dijagnostički postupci koji radi mogućnosti preciznije dijagnostike povećavaju preciznost korekcije deformacija stopala ortopedskim uloškom. Mogućnosti elektronske dijagnostike i izrade ortopedskih uložaka značajno su veće nego ranije, kada su se mjerenja vršila podoskopom ili ulošci izrađivali na temelju plantograma dobivenih pomoću indigo otisaka što bez sumnje osigurava kvalitetno izvođenje osnovnog oblika čovjekova kretanja i svladavanja prostora (Trošt, Ciliga, Petrinović-Zekan, 2005).

8. LITERATURA

1. Barn, R., Brandon, M., Rafferty, D., Sturrock, R.D., Steultjens, M., Turner, D.E., Woodburn J. (2014). Kinematic, kinetic and electromyographic response to customized foot orthoses in patients with tibialis posterior tenosynovitis, pes plano valgus and rheumatoid arthritis. Rheumatology. (53), 123-130.
2. Bojanić, I., Dimnjaković, D., Smoljanović, T. (2014). I peronealne tetive postoje, zar ne?. Liječ. Vjesn., (136), 269-277.
3. Butterworth, P.A., Urquhart, D.M., Landorf, K.B., Wluka, A.E., Cicuttini, F.M., Menz, H.B. (2015). Foot posture, range of motion and plantar pressure characteristics in obese and non-obese individuals. Gait & Posture. (41), 465-469.
4. Cebović, K., Gruić, I., Medved, V. (2017). Pedobarografske asimetrije u muškaraca s lijevom i desnom skoliotičnom posturom. Zbornik radova 15. godišnje međunarodne konferencije Kondicijska priprema sportaša, Zagreb, 260-264.
5. Chambers, H.G., Sutherland, D.H., (2002). A Practical Guide to Gait Analysis. J Am Acad Orthop Surg. (10), 222-231.
6. Chapman, A.E. (2008). Walking and Running. U Biomechanical Analysis of Fundamental Human Movements (str. 96 – 131). USA: Human Kinetics.
7. DeLuca, P.A., Davis R.B., Ounpuu, S., Rose, S., Sirkin, R. (1997). Alterations in surgical decision making in patients with cerebral palsy based on three-dimensional gait analysis. J Pediatr Orthop. (17), 608-614.
8. Grieve, D.W., Rashdi, T. (1984). Pressures under normal feet in standing and walking as measured by foil pedobarography. Annals of the Rheumatic Diseases, (43), 816-818.
9. Hughes, J. (1993). The clinical use of pedobarography. Acta Orthopaedica Belgica, (59), 10-16.
10. Hughes, J., Clark, P., Klenerman, L. (1990). The importance of the toes in walking. J. Bone Joint Surg., (72), 245-251.
11. Jajić, I. (2008). Osnove kineziologije. U Fizikalna i rehabilitacijska medicina: osnove i liječenje (str. 123 – 128). Zagreb: Medicinska naklada.
12. Jelić, M., Vondra Sedlaček, J., Pećina, H.I., Buljat, G., Pećina, M. (2001). Značaj pedobarografije u dijagnostici, prevenciji i liječenju deformacija i

ozljeda stopala. Prvi memorijalni susret „Marija Majkić“, Zagreb, Zbornik radova, 69-72.

13. Jelić, M., Vondra Sedlaček, J., Pećina, H.I., Buljat, G., Pećina, M. (2001). Značaj pedobarografske analize u dijagnostici i liječenju deformacija stopala. 8. kongres obiteljske medicine, Opatija, Zbornik radova, 56-63.
14. Keros, P., Pećina, M. (2006). Funkcijska anatomija lokomotornoga sustava. Zagreb: Naklada Ljevak.
15. Kosinac, Z. (2002). Posebna kineziterapija. U Kineziterapija sustava za kretanje (str. 137 – 304). Split: Udruga za šport i rekreaciju djece i mladeži grada Splita.
16. Kosinac, Z. (2012). Hodanje i trčanje kao terapija i pozitivni atribut zdravlja. Život i škola, (27), 153-166.
17. Kovač, I. i Čačić Ruven, M. (2001). Klinička evaluacija i elektrodijagnostika bolesti stopala. Bolesti i ozljede stopala, Zbornik radova prvog memorijalnog susreta “Marija Majkić”, Zagreb, 16-25.
18. Mađarević, M., Mirković, M., Cicvara-Pećina, T., Klobučar, H., Mahečić, K., Jelić, M., Pećina, M. (2007). Ortopedski ulošci u prevenciji prenaprezanja na stopalu i gležnju. Hrvat. Športskomed. Vjesn., (22), 3-9.
19. Medved, V. (2001). Measurement of human locomotion. USA: CRC Press.
20. Medved, V., Kasović, M. (2007). Biomehanička analiza ljudskog kretanja u funkciji sportske traumatologije. Hrvat. Športskomed. Vjesn., (22), 40-47.
21. Meyring, S., Diehl, R.R., Milani, T.L., Berlit, P. (1997). Dynamic plantar pressure distribution measurements in hemiparetic patients. Clin. Biomech. (12), 60-65.
22. Milošević, M., Jelić, M., Vondra Sedlaček, J., Pećina, M. (2002). Pedobarografija u nogometaša mlađe životne dobi. Hrvat. Športskomed. Vjesn., (17), 3-7.
23. Pataky, T.C., Caravaggi, P., Savage, R., Parker, D., Goulermas, J.Y., Sellers, W.I., Crompton, R.H. (2008). New insights into plantar pressure correlates of walking speed using predobarographic statistical parametric mapping (pSPM). Journal of Biomechanics, (41) 1987-1994.
24. Pećina, M., Antičević, D., Bilić, R., Burić, M., Čičak, N., Hašpl, M., Jelić, M., Koržinek, K., Kovač, V., Orlić, D., Šakić, Š. (2000). Ortopedija. Zagreb: Naklada Ljevak.

25. Pećina, M., Obrovac, K., Pećina, H.I., Jelić, M., Vuković-Obrovac, J. (1998). Kompjuterska dijagnostika deformacija stopala i robotska kompjuterska vođena izrada ortopedskih uložaka. Hrvat. Športskomed. Vjesn., (13), 9-14.
26. Peharec, S. (2000). Pedobarografska analiza hoda i trčanja vrhunskih sportaša. (Magistarski rad). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
27. Perry. J. (1992). Gait analysis. Thorofare: Slack.
28. Ruszkowski, I. i sur. (1990). Ortopedija. Zagreb: Jumena.
29. Saunders, J.B., Inman, V.T., Eberhart, H.D. (1953). The major determinants in normal and pathological gait. J Bone Joint Surg Am (35), 543-558.
30. Trošt Bobić, T., Ciliga, D. (2015). Primjena i utjecaj novih tehnologija na kvalitetu rada u području kineziterapije. 24. ljetna škola kineziologa Republike Hrvatske, Poreč, Zbornik radova, 56-68.
31. Trošt, T., Ciliga, D., Petrinović-Zekan, L. (2005). Klasična i elektronska dijagnostika spuštenog stopala. 14. ljetna škola kineziologa Republike Hrvatske, Rovinj, Zbornik radova, 249-255.
32. Viladot, A. (1991). Patologia e Clinica dell' Avampiede. Rim: Verduci Editore.
33. Milanović, D. (2013). Kinetička analiza gibanja. U Teorija treninga (72). Zagreb. Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Popis slika:

1. Preuzeto dana: 23.5.2017. sa: https://www.google.hr/search?q=mi%C5%A1i%C4%87i+potkoljenice&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj5xdeq7IXUAhUEWhQKHWOqCmEQ_AUICigB&biw=1517&bih=654#imgdii=sog-JHSDYvmb1M:&imgrc=NKTTeZLeggD2AM:
2. Preuzeto dana: 23.5.2017. sa:https://www.google.hr/search?q=stopalni+svodovi&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwio_5vN8IXUAhXDPFAKHYzGAsYQ_AUIBigB&biw=1517&bih=708#tbm=isch&q=stopalo+svodovi&imgrc=zF9V_QNyx8FcEM:

3. Preuzeto dana: 23.5.2017. sa:https://www.google.hr/search?q=seecolombia.travel&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwimtJji8YXUAhWHshQKHbcnByEQ_AUIBigB&biw=1517

&bih=708&dpr=0.9#tbm=isch&q=ciklus+hoda&imgdii=R9k1zo9YUb2t8M:&imgrc=zg-B-cirC3qNJM:

4. Preuzeto dana: 23.5.2017. sa:https://www.google.hr/search?q=spu%C5%A1teno+stopalo&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjnkZD4h4bUAhVGbxQKHZZ5AsMQ_AUIBigB&biw=1517&bih=708#imgrc=sx8tGMyTx0CU1M:
5. Preuzeto dana: 23.5.2017. sa:https://www.google.hr/search?q=sindrom+prenaprezanja+u+stopalu&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj_wv7biIbUAhWCWhQKHa5CBP8Q_AUIBigB&biw=1517&bih=708#imgrc=fHJYWagzlkwbVM:
6. Pećina, M., Antičević, D., Bilić, R., Burić, M., Čičak, N., Hašpl, M., Jelić, M., Koržinek, K., Kovač, V., Orlić, D., Šakić, Š. (2000). Ortopedija. Zagreb: Naklada Ljevak.
7. Preuzeto dana: 23.5.2017. sa: www.musculus.hr/hr/info/ortopedski-ulosci/zdrava-stopala>.
8. Preuzeto dana: 23.5.2017. sa: www.videoreha.com/hr-hr/programi/ltqlimpojeuhiq3144xaxw/ozljede-i-ostecenja-stopala--petni-trn-calcar-calcanei>.
9. Chambers, H.G., Sutherland, D.H., (2002). A Practical Guide to Gait Analysis. J Am Acad Orthop Surg. (10), 222-231.
10. Peharec, S. (2000). Pedobarografska analiza hoda i trčanja vrhunskih sportaša. (Magistarski rad). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
11. Peharec, S. (2000). Pedobarografska analiza hoda i trčanja vrhunskih sportaša. (Magistarski rad). Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
12. Vlastita fotografija.
13. Vlastita fotografija.
14. Vlastita fotografija.