

SVEUČILIŠTE U RIJECI
FAKULTET ZDRAVSTVENIH STUDIJA
SVEUČILIŠNI DIPLOSKI STUDIJ
FIZIOTERAPIJA

Tomislav Buljan

NAJČEŠĆE BOLESTI I OZLJEDE GLEŽNJA I STOPALA KOD NOGOMETAŠA
1.HRVATSKE NOGOMETNE LIGE

Diplomski rad

Rijeka,2020

UNIVERSITY OF RIJEKA
FACULTY OF HEALTH STUDIES
GRADUATE UNIVERISTY STUDY OF
PHYSIOTHERAPY

Tomislav Buljan

**CORRELATION BETWEEN FOOT MOVEMENT AND FOOT DISEASE IN
FOOTBALL PLAYERS OF THE 1ST CROATIAN FOOTBALL LEAGUE**

Final work

Rijeka,2020.

SAŽETAK

Diplomski rad pod nazivom „NAJČEŠĆE BOLESTI I OZLJEDE GLEŽNJA I STOPALA KOD NOGOMETAŠA 1.HRVATSKE NOGOMETNE LIGE“ osim bolesti i ozljeda rad prikazuje i uvod u stopalo kao ljudski organ. S obzirom da se stopalo smatra najvažnijim organom za kretanje čovjeka, u ovom diplomskom radu, objasnili smo strukturu, povijest i napredak stopala kao organa.

Rad smo podijelili u dijelove. Prvi dio rada odnosi se na opisni i dio vezan za teoriju te objašnjava što je stopalo, kako se dijeli. Osvrnuli smo se i na zglobove i mišiće te podjele unutar njih. Osim tekstom i slikama smo pokušali približiti ovu temu. Drugi dio rada bavi se ozljedama i donosi strune nazive određenih ozljeda vezanih za gležanj i stopalo. Osim ozljeda, tu su navedene i faze oporavka ovisno o težini povrede.

Treći dio rada, ujedno i završni prikazuje istraživanje. Osim općenitih podataka, kao što i sam naziv diplomskog rada kaže, fokus je na igračima 1.hrvatske nogometne lige. Istražili smo i koliko na ozljede gležnja i stopala utječe prijašnje stanje tijela, odnosno stopala. Opisane su metode i materijali korišteni za istraživanje te i sam zaključak koji smo proizveli. Kako bi rad bio upotpunjen tu su i tablice za lakše razumijevanje.

Ključne riječi: gležanj, stopalo, nogometaši, ozljede, istraživanje

SUMMARY

The final work entitled "CORRELATION BETWEEN FOOT MOVEMENT AND FOOT DISEASE IN FOOTBALL PLAYERS OF THE 1ST CROATIAN FOOTBALL LEAGUE" shows not only the disease but also the introduction to the foot as a human organ.

We structure, history and progress the feet as organs. The paper is divided into several parts. The first part of the paper refers to the theoretical part and explains what a foot is, how it is. We also looked at joints and muscles and the divisions within them. In addition to text and images, we tried to bring this topic closer.

The second part of the work deals with injuries and brings the string names of certain injuries related to the feet. In addition to injuries, there are stages of recovery depending on the severity of the injury.

The third part of the work, as well as the final one, presents the research. In addition to general data, as the title of the thesis says, the focus is on the players of the 1st Croatian Football League. We also investigated how much foot injuries are affected by the previous condition of the body, or the feet. The methods and materials used for the research are described, as well as the conclusion we produced. In order for the work to be completed, there are also tables for easier understanding.

Keywords: foot, soccer players, injuries, research

SADRŽAJ

SAŽETAK.....	3
1.UVOD	6
1.1.Kostur stopala	6
1.2. Zglobovi stopala	8
1.3. Mišići stopala.....	9
1.4. Ligamenti stopala statički stabilizatori	11
1.5. Pokreti u stopalu	13
1.6. Djelovanje mišića na zglob stopala	15
1.7.Biomehanika	18
1.8.Hod	20
1.9.Osnove dijagnostike	22
1.10. Ozljede.....	22
1.10.1. Uganuće skočnog zgloba	22
1.10.2. Lateralna distorzija gležnja.....	23
1.11.Žulj.....	27
1.12.Spušteno (ravno) stopalo	28
2.CILJ ISTRAŽIVANJA	30
2.1.METODE I MATERIJALI	30
2.2. REZULTATI I RASPRAVA	40
3. ZAKLJUČAK	63
4.LITERATURA.....	64
PRILOZI.....	66

1.UVOD

Smatra se da je stopalo najvažniji organ za kretanje čovjeka koji je tijekom evolucije značajno napredovao. Ali zbog današnjeg načina života i stila kojim ljudi žive, koče razvoj i povećava se broj patoloških stanja stopala, te je stopalo podložnije ozljedama i tome razlog može biti neadekvatna obuća, premalo kretanja bez obuće, kretanje po betonu, asfaltu, i ostalim tvrdim podlogama koje nisu adekvatne za stopalo i njegov kvalitetan razvoj.

Stopalo čini jedinstvenu cjelinu, i uz to čini završni dio donjega dijela tijela, a temeljna zadaća stopala kao oslonca, odnosno kretanja, omogućuje vrlo složena građa, a građeno je na poseban način.¹ Čini ga broj kostiju od 26 kostiju (plus 2 sezamske, 28 kostiju), koje su povezane čvrstim svezama. Osim povezanosti tu je i osiguranje stopalnim mišićima, dugim i kratkim.²

Tijekom razvoja čovjekova uspravnog stava, stopalo je postalo samostalan organ s dvjema važnim funkcijama statičkom jer nosi težinu cijelog tijela i dinamičkom da se prilagodi podlozi, ublaži udarac o nju te omogući stajanje i pokretanje.³

1.1.Kostur stopala

Kostur stopala sačinjava 26 kostiju i podjeljeni su na:

- Proksimalni dio koji čine petna kost i gležanjska
- Čunasta kost, kockasta i klinaste kosti su srednji dio
- Prednjidio (distalni) i 14 falangi

Marko Pećina smatra da razlikujemo lateralni niz kostiju, te medijalni. To se nalazi na korijenu stopala. Dio medijalnog niza su čunasta, gležanjska i tri klinaste kosti. Medijalni niz se odnosi na srednji dio stopala te ga čine čunasta, gležanjska i tri klinaste kosti. Lateralni niz su petna i kockasta kost s četvrtom i petom kosti donožjaj pripadajućim prstima. Dvostruku

¹ Usp., KRMPOTIĆ-NEMANIĆ J., MARUŠIĆ A., *Anatomija čovjeka, 2.*, Korigi, Medicinska naklada, Zagreb, 2007.

² Usp., PEĆINA, Marko, *Ortopedija Zagreb*, Naklada Ljevak, Zagreb, 2004.

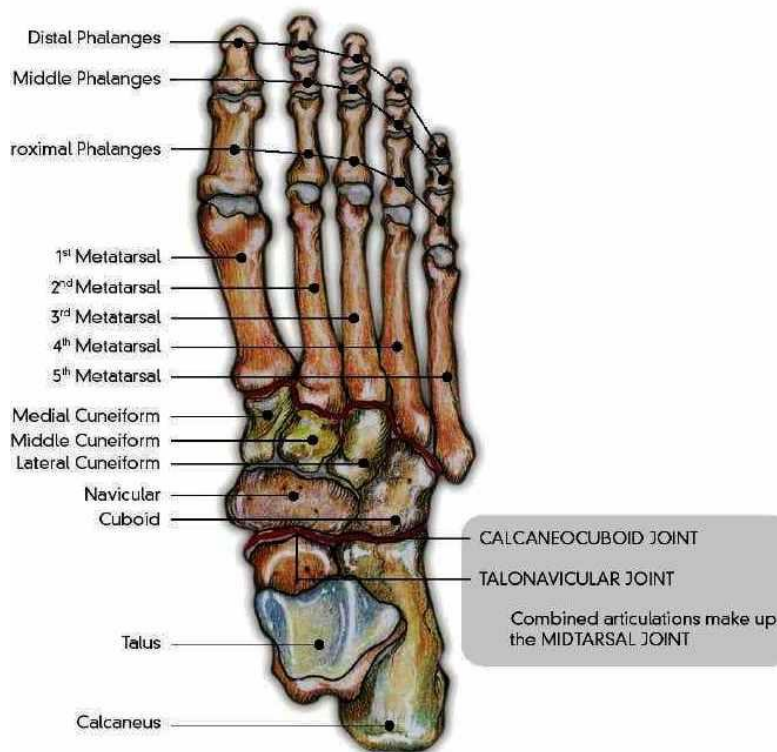
³ Usp., KEROŠ P., PEĆINA M., IVANČIĆ-KOŠUTA M., *Temelji anatomije čovjeka*, Naprijed, Zagreb, 1999.

polugu s dvije uzdužne osovine stvara raspored stopala.⁴

Ossa metatarsalia I-V je naziv koji se odnosi na duguljaste kosti, pripadaju jedna do druge i između ograđuju četiri prostora. Prva kost donožja je najmasivnija, a uz to i najduža. Kost donožja su kao kostizapešća ruke. No građom su prilagođene prijenosu tjelesne težine i zato su deblje u proksimalnom dijelu. One sadrže basis ossismetatarsi, caput ossis metatarsi i corpus ossis metatarsi.

Nemanić i Marušić u svojoj Anatomiji čovjeka navode da palac broji dva članka, a ostali prsti tri. Članak se sastoji od baze (basis phalangis), glave (caput phalangis) i trupa (corpus phalangis).

Kosti stopala su krupnije u odnosu na kosti šake zbog prebacivanja opterećenja tijela na podlogu.



Slika 1. Kosti gležnja i stopala

(Slika preuzeta: https://www.scribd.com/doc/119050249/anatomijastopala?secret_password=1i4h1e18g1msqsgg8rop)

⁴Usp., FANGHAENEL J., VINTER I. WALDEYEROVA, *Anatomija čovjeka*, 1. izdanje. Golden Marketing-Tehnička knjiga, Rijeka, 2009.

1.2. Zglobovi gležnja i stopala

Zglobovi stopala (articulationes pedis) podijeljeni su na zglobove koje stopalo spaja sa potkoljenicom i ostale zglobove stopala.

Zglobovi su gornji i donji nožni zglob. Među zglobove ubrajamo:

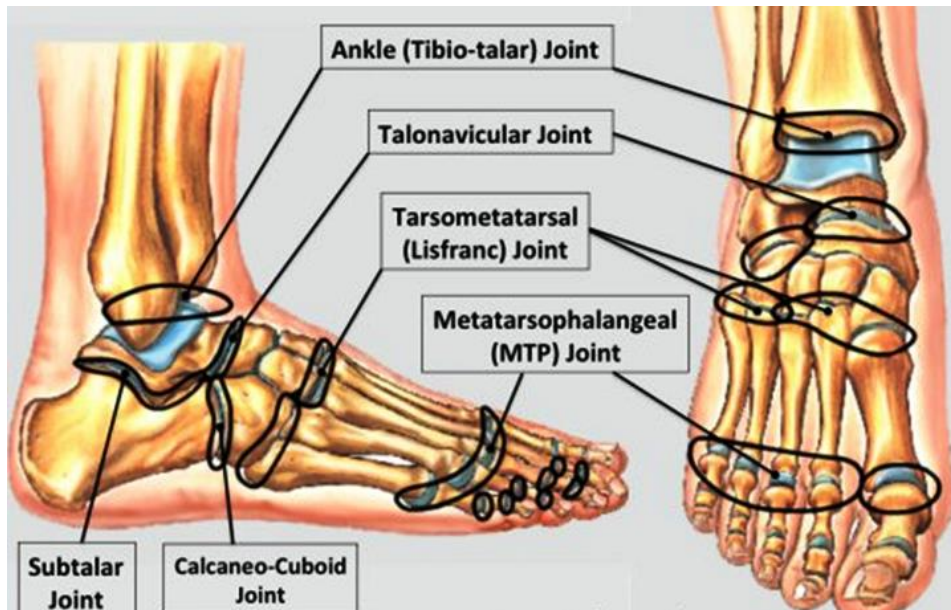
- između klinastih kostiju
- između petne i kockastekosti
- između čunaste i klinastih kostiju,
- između petne, gležanjske i čunaste kosti,
- između prednje skupine korijena stopala i kostiju donožja
- između kostiju donožja i članaka prstiju,
- između baza druge do pete kosti donožja
- zglobovi među člancima prstiju stopala.⁵

Tri su zgloba zadužena za najveći dio koji se odnosi na pokretljivost stopala, talokruralni, transverzalnitalarni zglob (pronacija i supinacija), subtalarni ili talocalcanealni (everzija i inverzija). Gornji i donji nožni zglob su najvažniji dijelovi stopala i gležnja. Zajedno stvaraju model kuglastog zgloba.⁶ U isto vrijeme osiguravaju čvrstoću i stabilnost. Zglobovi sredostoplja imaju dvostruku ulogu te osiguravaju doticanje stopala s tlom pri hodu i pridonose čvrstoći unutarnjeg i vanjskog luka tabanskog svoda. Kod modela kuglastog zgloba moguće su kretnje u svim osima. Gornji gležanjski zglob je više opterećen od svih ostalih zglobova i omogućava izvođenje dviju kretnji, ali i plantarnu i dorzalnu fleksiju. Zbog toga je jako stabilan. Ostatak kretnji stopala je u donjem gležanjskom zglobu. To je zglob (obnuti) koji pomaže pri izvođenju rotacijskih kretnji. Transverzalni tarzalni zglob važan je pokretanje, prisustvuje u trodimenzionalnim pokretima pronacije i supinacije, te kompenzira neravnine na podlozi. Također, važni su i intertarzalni te tarzometatarzalni zglobovi. Oni

⁵ Usp., KEROS P., PEĆINA M., IVANČIĆ-KOŠUTA M, *Nav.dj.*

⁶ Usp., PEĆINA M., *Nav.dj.*

unapređuju funkciju transverzalnog tarzalnog zgloba. Kontroliraju položaj prednjeg dijela kad se nalazi na podlozi.⁷



Slika 2. Zglobovi stopala

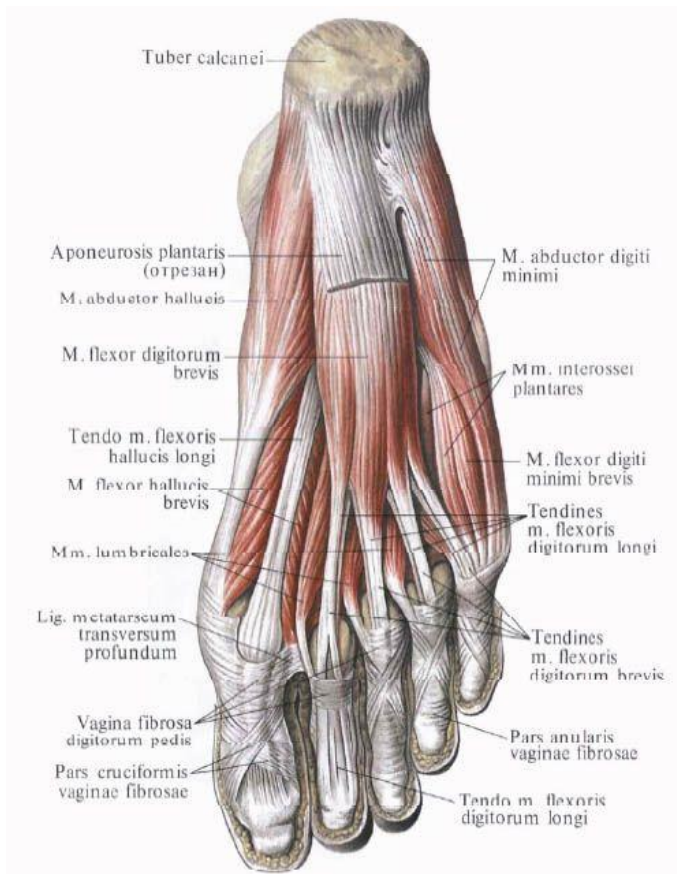
(Slika preuzeta s: <https://footeducation.com/bones-and-joints-of-the-foot-and-ankle-overview/>)

1.3. Mišići stopala

Smatra se da se stopalo mišića sastoji od dvadeset kratkih mišića. Osim toga oni kostur stopala dijele na dva dijela, a to su dorsumpedis i planta pedis. Prvi se sastoji od mišića, m. extensor digitorum brevis i m. extensor hallucis brevis. Planta pedis obuhvaća medijalnu, srednju i lateralnu skupinu mišića. Svaka od ovih skupina obuhvaća određenu vrstu mišića. Medijalna skupina obuhvaća: adductor hallucis i m. abductor hallucis (u tetivi ima sezamsku koščicu). Lateralna skupina sastoji se od tri mišića: m. abductor digiti minimi, m. flexor digiti minimi brevis, m. opponens digiti minimi (prema palcu i tabanu povlači mali prst). Srednja skupina je: kratki pregibač prstiju, (m. flexor digitorum brevis, kojem je početak s petne kvrge i podjela mu je na 4 tetive za prste kojima je kraj na srednjim člancima prstiju). Četverokutni tabanski mišić, (m. Quadratus plantae, koji se odnosi na previjanje zglobova

⁷ Usp., OLNEY, S.J., Gait. In Levangie, P.K. & Norkin, C.C. (Eds.): *Joint Structure and Function*, ed 4. Philadelphia: FA Davis., 2005.

prstiju). Crvoliki mišići,(mm. Lumbricales).Sastoji se i od međukoštanih mišića ibroji 4 na dorzalnoj strani,3 na plantarnoj , a prste razmiču ili primiču prema drugome prstu).⁸



Slika 3. Mišići stopala

(Slika preuzeta s: https://hr.iliveok.com/health/misici-stopala_110329i16011.html)

⁸Usp.,KEROS P., PEĆINA M., IVANČIĆ-KOŠUTA, M.,*Temelji anatomije čovjeka*, Naprijed, Zagreb, 1999.

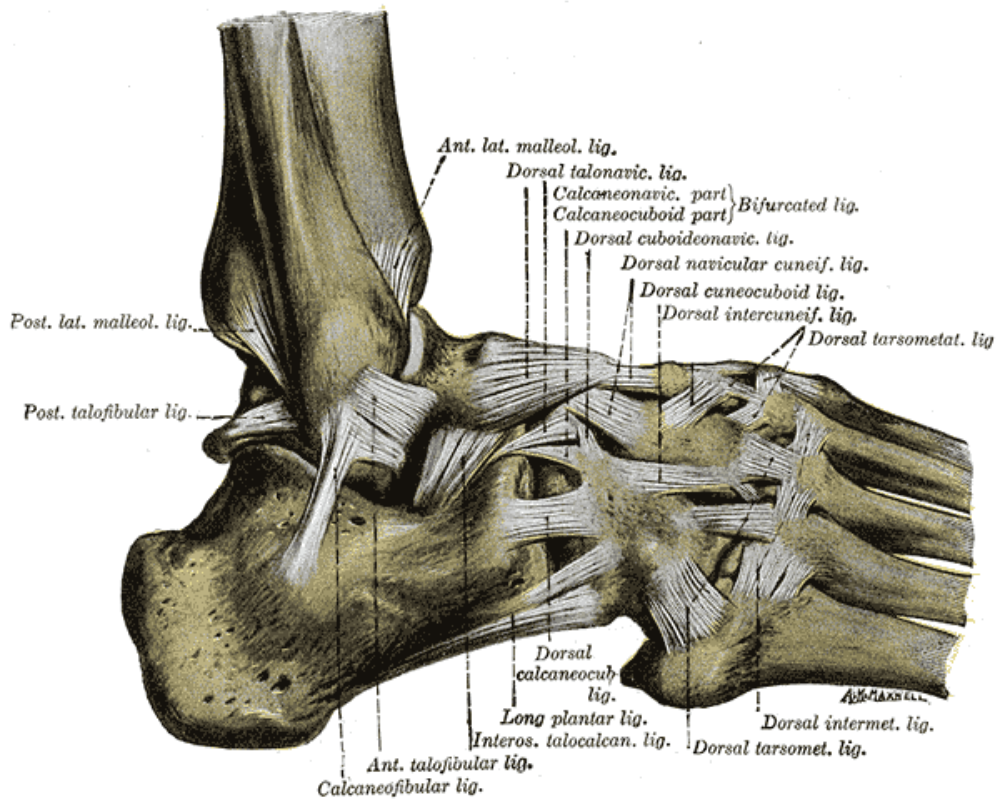
1.4. Ligamenti gležnja i stopala statički stabilizatori

Sveze gležnja dijelimo u skupine:

- Prva skupina sveza je skupina koja povezuje kosti potkoljenice s kostima korijena stopala. Tu ubrajamo lig. collaterale mediale koji tvore lig. talofibulare anterius, lig. talofibulare posterius, lig. calcaneofibulare anterius, lig. tibiofibulare anterius i lig. tibiofibulare posterius.
- Druga skupina je ona gdje se spajaju gležanjnska kost s ostalim kostima. To su lig. talonaviculare, lig. talocalcaneum interosseum, lig. talocalcaneum laterale i mediale te lig. talocalcaneum posterius.
- Sljedeća skupina su ostale sveze hrpta stopala. U toj skupini ligamenta tarsi dorsalia obuhvaća dva dijela lig. bifurcatum, i ligg. intercuneiformia dorsalia, lig. cuneocuboideum dorsale, lig. cuboideonaviculare dorsale, ligg. cuneonavicularia dorsalia i ligg. Calcaneocuboideadorsalia.

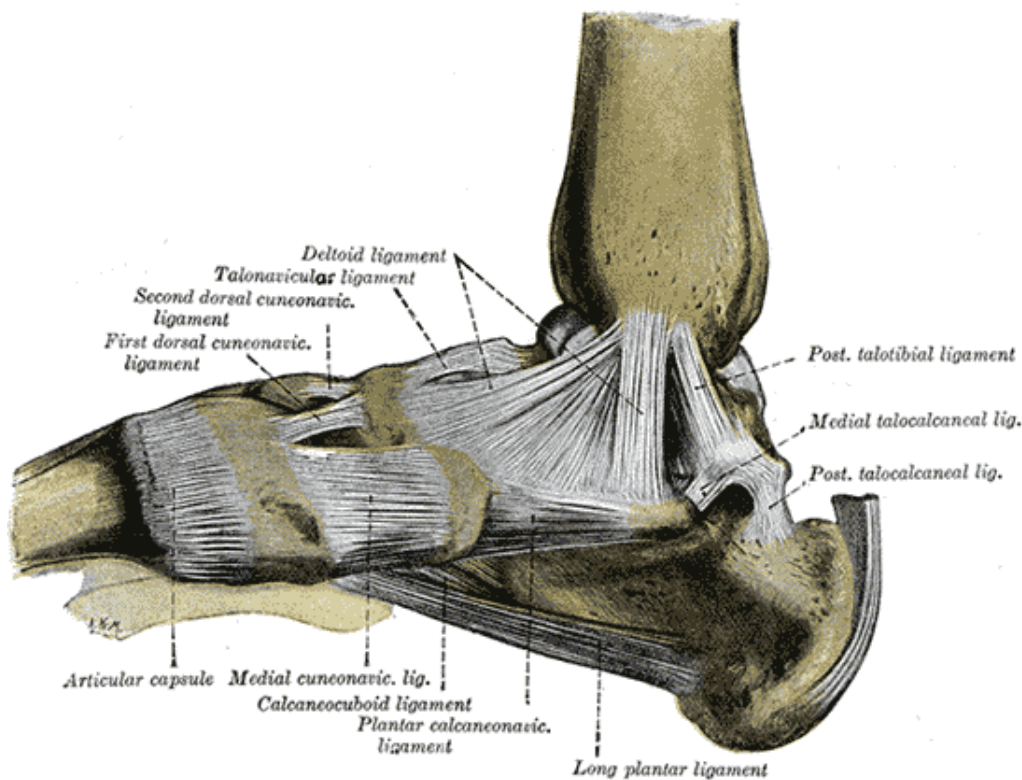
Sveze koje se nalaze među kostima zastopalja obuhvaćaju ligg. metatarsa interossea dorsalia et plantaria. Njihovo mjesto je okolica baza metatarzalnih kostiju.⁹

⁹ Usp., PLATZER W., *Sustav organa za pokretanje*, Medicinska naklada, Zagreb, 2003.



Slika 3. Ligamenti gležnja i stopala

(Slika preuzeta <https://www.physio-pedia.com/File:Ankle.png>)



Slika 4. Ligamenti gležnja i stopala

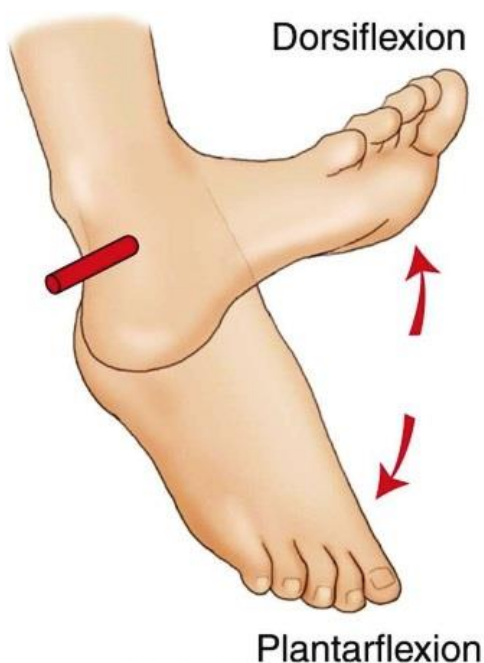
(Slika preuzeta s: https://en.wikipedia.org/wiki/Deltoid_ligament#/media/File:Gray354.png)

1.5. Pokreti u gležnju i stopalu

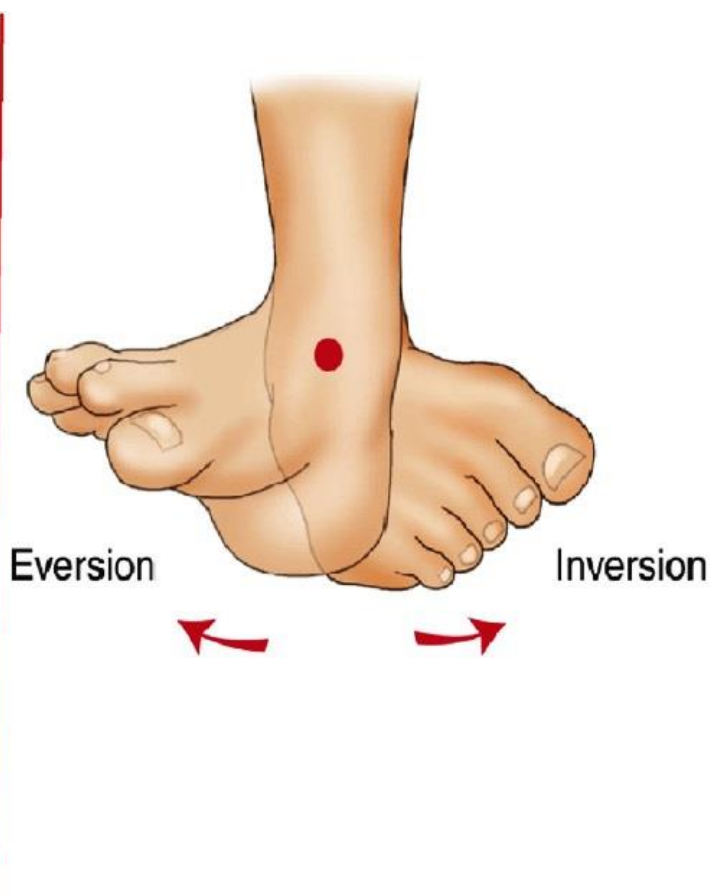
Pokrete gležnja i stopala potrebno je pobliže objasniti. Pokreti u sagitalnoj ravnini oko transverzalne osi su plantarna fleksija i dorzalna fleksija. Nazive fleksija zbog različitih definiranja rijetko upotrebljavamo. Pokreti u frontalnoj ravnini oko sagitalne osi su everzija i inverzija. Inverzija bi bila rotacija stopala ka unutra, dok je rotacija stopala prema van everzija. Tu su i pokreti koji se događaju u horizontalnoj ravnini oko vertikalne osi, a to su abdukcija i addukcija. Abdukcija je udaljavanje od središnje linije dok je addukcija približavanje. Oni pokreti koji se događaju u 3 ravnine zovu se supinacija i pronacija. Događaju se oko kose osovine koja ide od straga, dolje ilateralno prema naprijed, gore i medijalno. Definicija pronacija je da je to složena kretnja, a spoj je dorzalne fleksije, everzije i abdukcije. Supinacija bi bila suprotna kretnja, spoj plantarne fleksije, inverzije i adukcije.¹⁰ Funkcionalno najvažniji dijelovi gležnja stopala jesu gornji i donji nožni zglob. Oni skupa čine model kuglastog zgloba gdje se su moguće kretnje u svim smjerovima te istodobno

¹⁰ Usp., MUELLER, M.J., *The ankle and foot complex*. In Levangie, P.K. & Norkin, C. C., *Joint Structure and Function*, ed 4. Philadelphia: FA Davis., 2005.

osiguravaju čvrstoću i stabilnost stopala.¹¹Gornji nožni zglob prenosi mnogo veće opterećenje od bilo kojega drugog zgloba u tijelu. Zato je taj zglob vrlo stabilan i u njemu su moguće samo dvije kretnje plantarna i dorzalna fleksija. Ostale kretnje inverzija i everzija kao kombinirane kretnje izvode se u donjem nožnom zglobu. Dorzalna se fleksija može izvesti oko 20°, a plantarna fleksija oko 50°. Sve kretnje u donjem nožnom zglobu složene su i izvode se istodobno oko zajedničke kose osi donjega nožnog zgloba. Pri dorzalnoj fleksiji stopala istodobno se obavlja i everzija stopala. Pri plantarnoj fleksiji istodobno se obavlja inverzija stopala. Pokreti inverzije i everzije stopala ograničeni su velikim brojem fibroznih sveza. Normalno se inverzija može učiniti za oko 35°, a everzija oko 15°.



**Slika 5 a Inverzija i everzija
dorzalna fleksija**



Slika 5 b Plantarna i

(Slika preuzeta s:<https://singaporeosteopathy/2015/05/22/ankle-101/>)

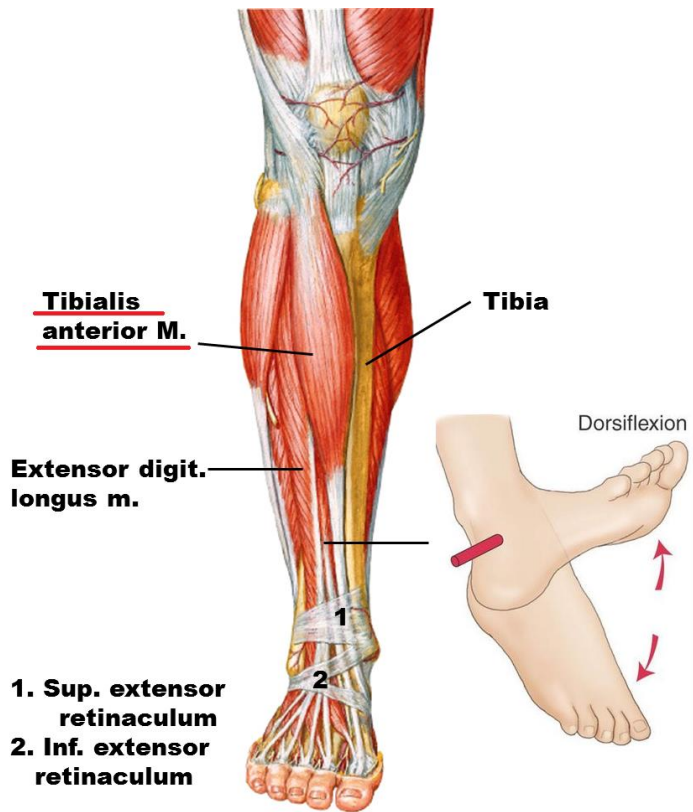
¹¹ Usp., KEROS, PEĆINA, *Nav.dj.*

1.6. Djelovanje mišića na zglobgležnja i stopala

Mišići stopala djeluju na nekoliko zglobova. Osvrnut ćemo se na djelovanje mišića na gornji i donji zglob stopala. Oko poprečne osikoja prolazi vrhom medijalnog maleola, te lateralnim maleolom, obavlja se plantarna i dorzalna fleksija. Oko kose osi, u art. Subtalaris ostvaruju se inverzija i everzija.

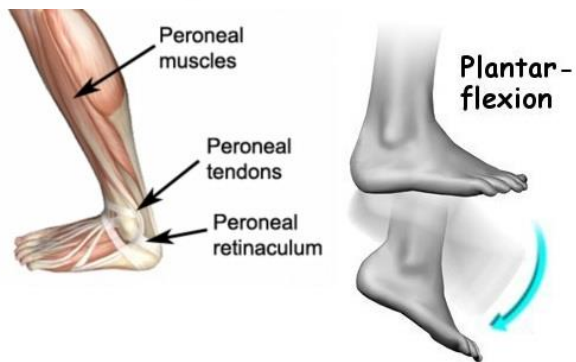
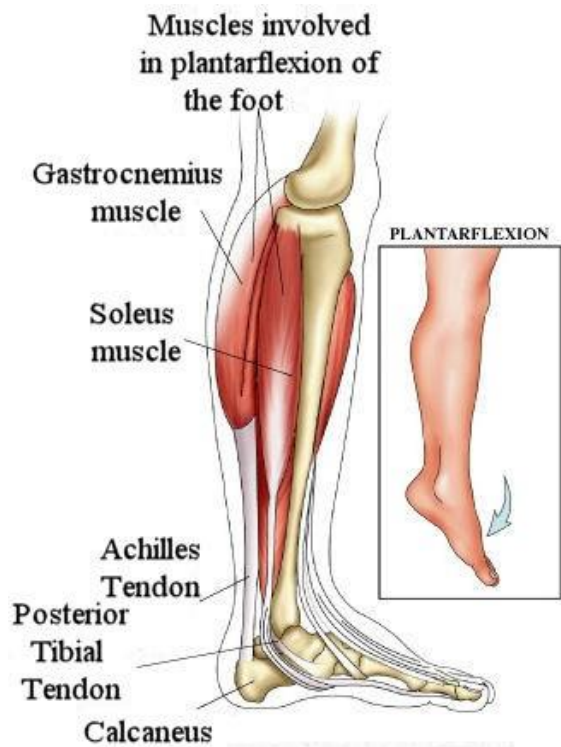
Pri dorzalnoj fleksiji stopala sudjeluju M. tibialis anterior, M. Extensor digitorum longus i M. Extensor hallucis longus. Onda, plantarnu fleksiju stopala ostvare M. Triceps sure, M. Fibularis longus, M. Fibularis brevis, M. Flexor digitorum longus te M. Tibialis posterior. Everziju obavljaju M. Fibularis longus et brevis, M. Extensor digitorum longus i M. Fibularis tertius. I za kraj inverziju obavljaju M. Triceps sure, M. Tibialis posterior, M. Tibialis anterior, M. Flexor hallucis longus i M. Flexor digitorum longus.¹²

¹² Usp., Platzer W., *Sustav organa za pokretanje*, Medicinska naklada, Zagreb, 2003.



Slika 5. Pokreti u gornjem nožnom zglobu

(Slika preuzeta <https://singaporeosteopathy.com/2015/05/22/ankle-101/>)



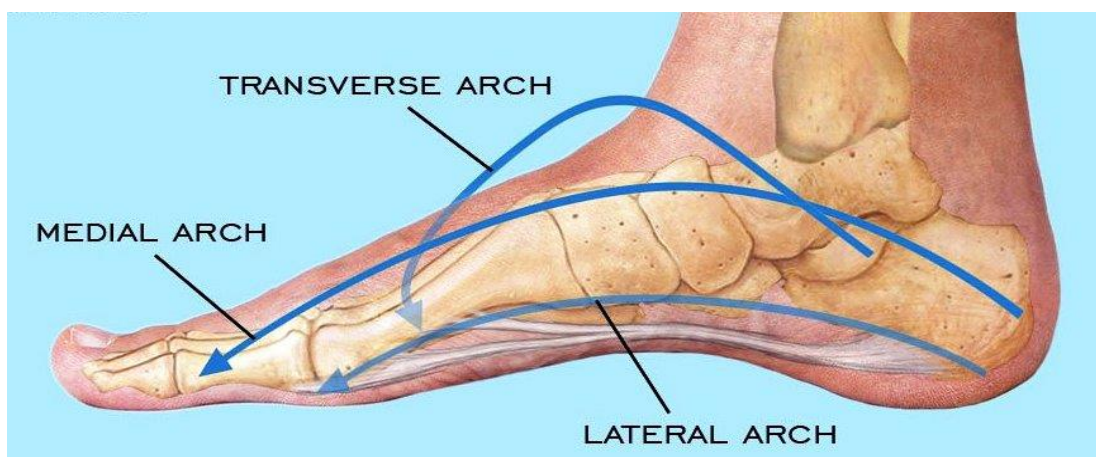
Slika 6. Pokreti u gornjem nožnom zglobu

Slika preuzeta s: <https://singaporeosteopathy.com/2015/05/22/ankle-101/>

1.7. Biomehanika

Opiranje o podlogu stopala događa se u tri uporišne točke. Stražnja uporišna točka je na tuberu petne kosti, a prednja je na glavi prve i pete metatarzalne kosti. Među svim uporišnim točkama je stopalni svod, a njega oblikuju dva luka stopala (uzdužna), a to su: medijalni i lateralni. Uz njih tu je i poprečni stopalni luk koji se nalazi tamo gdje je glava metatarzalnih kostiju. Lukovi svoda stopala nisu simetrični što dovodi do toga da se stopalo pri stajanju odupire o tlo glavama prve i pete metatarzalne kosti te lateralnim rubom stopala i tuberom petne kosti. Za to vrijeme unutar njirub stopala je uzdignut.¹³ Tijekom tereta težina tijela se prenosi spotkoljenice na gležanjnsku kost. Zatim velikim dijelom na petnu kost, a manjim dijelom na prednji dio stopala, osobito na glavicu prve metatarzalne kosti.¹⁴

Točke koje se ubrajaju u točke neposrednog uporišta su: Tuber kalkaneusa, Glavica V. metatarzalne kosti i Glavica I. metatarzalne kosti. One su spojene uzdužnim i poprečnim lukovima, a sa skostima, svezama i mišićima (strukture koje ih čine) strukturama koje ih čine nastaju uzdužni i poprečni svodovi.¹⁵ Medijalni uzdužni svod stvaraju kalkaneus, talus, navikularna kost, tri kuneiformne kosti te, I., II. i III. metatarzalna kost. Lateralni su kalkaneus, kuboidna kost te IV. i V. metatarzalna kost. Prednji transverzalni svod veže glavice prve i pete metatarzalne kosti s najvišom točkom u glavici drugoj metatarzalne kosti i s nimke. Tamo gdje su tri klinaste kosti i kockaste kosti je stražnji svod.



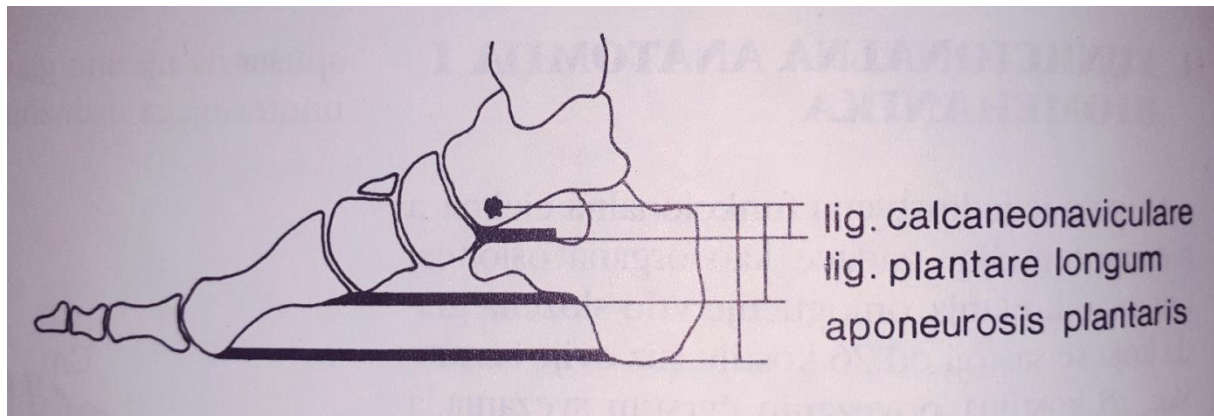
Slika 6. Svodovi stopala (Slika preuzeta s: <https://www.mass4d.com/blogs/clinicians-blog/the-arches-of-the-foot>)

¹³ Usp., KEROŠ, IVANČIĆ, *Nav.dj.*

¹⁴ Usp., Yang, S.M., *Dynamic changes of the arches of the foot during walking*, Acta medica Nagasakiensia, 30(1-3), 1985., str 93-112.

¹⁵ Usp., PEĆINA., M., *Nav.dj.*

Osim kostiju, u oblikovanju i održavanju stopalnih svodova sudjeluju mnoge sveze, a najvažnije su lig. calcaneonaviculare, lig. plantare longum, te plantarna aponeuroza.



Slika 7. Najvažnije sveze stopala

(Slika preuzeta : Pećina, Marko Ortopedija Zagreb: Naklada Ljevak, 2004.)

Ligamenti, kosti, tetive mišića potkoljenice, zglobovi, ekstrinzični i intrinzični mišići stopala i fascije prisutni su u održavanju svodova.¹⁶

Mišići potkoljenice odnosno stopala sudjeluju u oblikovanju i održavanju svodova, svi osim m. triceps sure. Pravilan oblik, položaj kostiju, dobro razvijeni mišići važni su za normalan oblik, ali i funkciju stopala. Smatra se da su mišići jedini aktivni održači svodova, a da kosti i sveze održavaju svodove pasivno.¹⁷ Mišići stopala pomažu stabilizirati uzdužni svod, a glavni stabilizator je plantarna veza. Veza maksimalno djeluje za vrijeme razdoblja kada se prsti na nozi kreću u smjeru stropa, a plantarna veza se ovija oko metatarzalnih glava, prisiljavajući ih na kretanje u smjeru poda ipodižući uzdužni svod. Distalno, transverzalni tarzalni zglob pretvara se iz fleksibilne strukture u krutu putem progresivne inverzije calcaneusa. Ovo rezultira pretvaranjem prednjeg stopala iz fleksibilne strukture koja se primjećuje u prvom intervalu u vrijeme prihvata težine u krutu strukturu na kraju trećeg intervala u pripremi za oslonac na prst.¹⁸

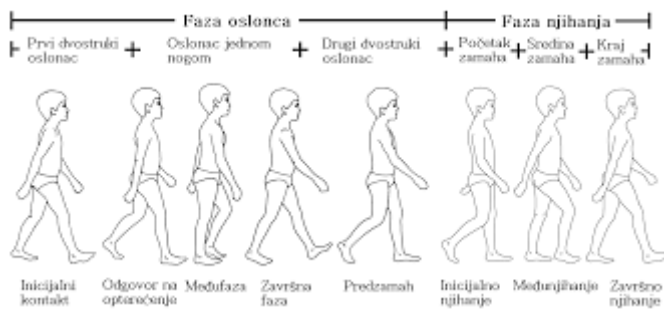
¹⁶Usp., RIDOLA, C., PALMA, A. *Functional anatomy and imaging of the foot. Italian journal of anatomy and embryology*, Archivio italiano di anatomia ed embriologia, 2000.

¹⁷ Usp., PEĆINA, M., *Nav.dj.*

¹⁸Usp., JURDANA, Hardi, Resekcijska artroplastika s osteotomijom baze prve metatarzalne kosti u liječenju hallux valgusa, Medicinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Godina obrane rada 2011.

1.8.Hod

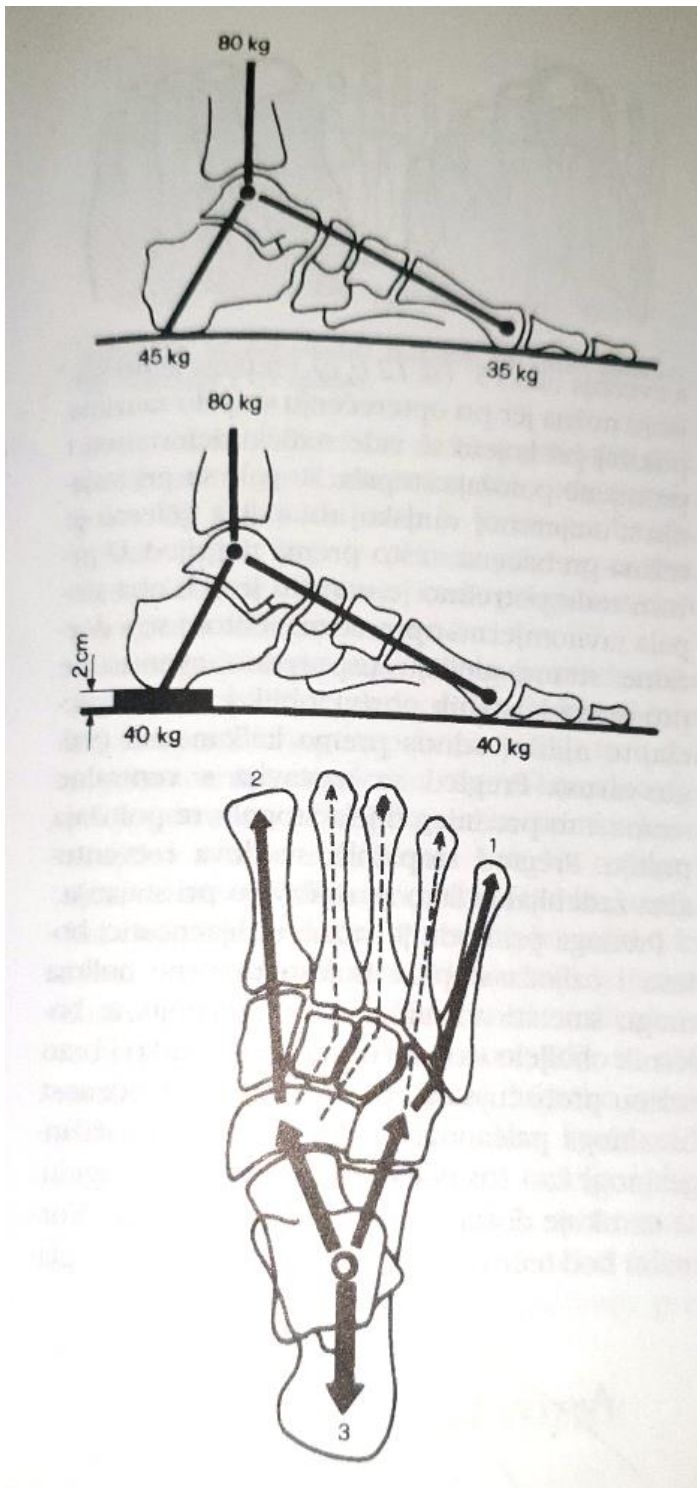
Ljudski hod je ritmično, cikličko kretanje prema naprijed koje uključuje gibanje svih dijelova tijela. Dok se tijelo kreće naprijed, jedan ekstremitet služi kao oslonac dok se drugi pomiče na novi potporni položaj. Zatim ekstremiteti mijenjaju svoje uloge. Kada se težina tijela prebacuje s jednog ekstremiteta na drugi, oba stopala su u kontaktu s podlogom. Ovuseriju događaja ponavlja svaki ekstremitet u recipročnom vremenu. Pojedinačan niz ovakvih radnji jednog ekstremiteta naziva se ciklus hoda. Pri hodu se stopalni svodovi mijenjaju (skraćuju, produžuju, napinju, olabavljaju) tako da stopalo djeluje kao trokraka elastična opruga. Pri dodiru s tlom stopalo se oslanja na petu i vanjski rub. Kako opterećenja stopala raste iz inverzije prelazi u everziju i u tom slučaju oslanja se na unutrašnje dijelove stopala. Tad se taban izravna. Sljedeći korak je da se peta podiže, a stopalo se oslanja na glavicu I. - V. metatarzalne kosti. Na kraju se podižu prednje ujedno i uporišne stopalne točke, a preko palca iskorak.



Slika 8. Pri hodu prvo dotiče peta, a potom prednji dio stopala

(Slika preuzeta: https://bib.irb.hr/datoteka/409911.Biomehanika_normalnog_hoda_Zadar2009.pdf)

Prijenos tjelesne težine na stopalo prenosi se s potkoljenice na talus. Talus je biomehaničko središte u prenošenju tjelesne težine. Veći dio prenosi se na petu, a manji dio na prednje uporišne točke. To vrijedi kad stojimo bosi na ravnoj i tvrdoj podlozi. Pri povišenju pod petom oko 2 cm opterećenje se izjednačava. Opterećenje se prenosi najviše prema kalkanealnoj kosti. Prema naprijed se prenosi na glavicu I. Metatarzalne kosti, a manji dio na glavicu V. metatarzalne kosti i to otprilike u odnosu 3:2:1.



Slika 9. Prenošenje tjelesne težine na stopalo

Slika preuzeta:

(Pećina, Marko Ortopedija Zagreb: Naklada Ljevak, 2004)

1.9. Osnove dijagnostike

Pregled gležnja i stopala mora se obaviti bez obuće i čarapa, te se mora učiniti usporedba sa drugom stranom. Osim stopala, potrebno je pregledati i obuću koju bolesnik nosi, što nam može dati korisne informacije o stanju stopala. Normalno je stopalo urednih kontura i mišićnog tonusa, bezbolno, kao i urednog nalaza kože, napose kože tabana. Pretraga kože provodi se s obzirom na toplinu, konzistenciju kože i potkožja, pomičnost eventualnih ožiljaka ili induracija. Postojeće se otekline lokaliziraju palpacijom i ispita im se konzistencija. Potrebno je ispitati tonus mišića. Upaljenje i zadebaljne tetivne ovojnice lako se palpiraju i bolne su. Pri pregledu potrebno je utvrditi jesu li oba stopala ravnomjerno opterećena. S dorzalne strane gledaju se eventualne promjene koštanih obrisa, oblika i širina maleola, te njihov odnos prema kalkaneusu (valgus-varus). Radiografske pretrage uključuju rengenke snimke MR, scintigrafija, ct također imaju veliko značenje pri postavljanju dijagnoze.¹⁹

1.10. Ozljede

1.10.1. Uganuće gležnja

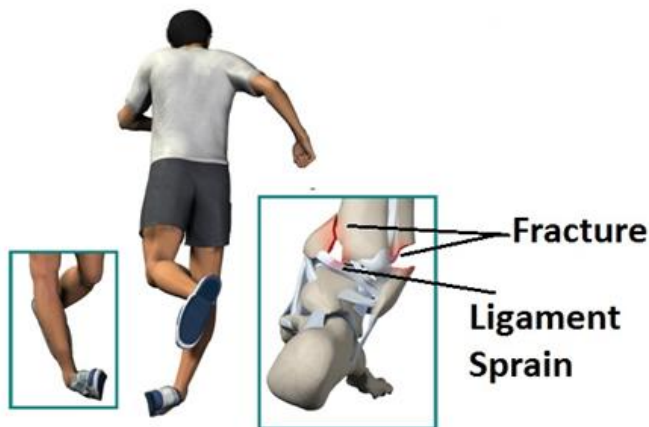
Najčešće ozljede u sportu su upravo uganuća gležnja.²⁰ Smatra se da su uganuća gležnja 20-40% svih ozljeda u sportu. Obično se najprije dogodi izolirana ruptura prednjeg talofibularnog ligamenta, a ako se djelovanje sile nastavi slijedi ruptura i calcaneofibularnog ligamenta. Ozljede sindezmoze su manjeg broja, a samo kod ekstremnih pokreta everzije dolazi do ozljede deltoidnog ligamenta. Ruptura svih ligamenata praćena je oštećenjem zglobne kapsule. Distorzija se događa puno češće nego luksacija. Do luksacije dolazi kada se veće sile primjene na zglob. Uvijek je praćena frakturom koštanih dijelova talokruralnog zgloba.

¹⁹ Usp., PEĆINA, Marko, HEIMER, Stjepan, *Športska medicina*, Naprijed, Zagreb, 1995.

²⁰ Usp., ARNASON A., SIGURDSSON, SB., GUDMUNDSSO, A., HOLME, I., ENGBRETSSEN L., BAHR, R., *Physical fitness, injuries, and team performance in soccer.*, Med Sci Sports Exerc. 2004., str.278–285.

1.10.2. Lateralna distorzija gležnja

Oko 85% uganuća uzrokovano je pretjeranim uvrnućem stopala. U većini slučajeva prvo dolazi do izoliranog oštećenja prednjeg talofibularnog ligamenta, a ako se djelovanje silenastavi, dolazi do prsnuća i calcaneofibularnog ligamenta. Trčanje na neravnoj podlozi, ponavljajući skokovi, česte promjene smjera, opisi su rizičnih sportova. To su npr. košarka, nogomet, odbojka, rukomet, američki nogomet i drugi. Simptomi koji se mogu pojaviti su bol, oticanje, i otežano pokretljiv zglob. Sportaš može hodati sa tek slabom boli, otežano hodati ili pak osjećati toliku bol da je u potpunosti onemogućen samostalan hod. Sve to ovisi do koje mjere je njegova ozljeda otišla. 20° do 30° ozlijeđenih javlja bol nakon teže distorzije, 10° do 30° ima funkcionalne smetnje u obliku ograničenog opsega pokreta, nestabilnosti ili proprioceptivnim poremećajima.



Slika 10. uganuće gležnja

(Slika preuzeta s: <https://singaporeosteopathy.com/2015/05/23/ankle-injuries-sprain-strains-and-fractures/>)

Najčešća ozljeda stopala praćena istegnućem ligamenata i ili rupturom Događa se uglavnom kod trćanja i skakaćkih sportova koji zahtjevaju brze i nagle promjene smjera u zglobu u V. britaniji incidencijan ozljede je 61 : 10000.²¹

Ćetiri su faze oporavka tkiva: upalne, subakutne, faze ranog remodeliranja i faze kasnog remodeliranja. Mogu se dogoditi u isto vrijeme, a vrijeme oporavka pacijenta je zasebno. Fizioterapijsa se provodi prema fazama. Fizioterapeut je taj koji vidi fazu pacijenta na temelju vremena od nastanka ozljede i klinićkih nalaza. Teško je toćno odrediti status oporavka tkiva.

Teža ozljeda

Na temelju rezultata testiranja, i ako se pacijent javio u kratkom roku, fizioterapeut odlučuje o tretmanu. Fizioterapija bi se trebala provoditi kroz šest tjedana, jedan put na tjedan. Ako je potrebno, moće se produćiti na 12 tjedana.

Lakša ozljeda

Kod ove vrste oporavka provodi se sportska rehabilitacija. Ta vrsta oporavka se provodi do povratka potpune funkcije.²²

Faza oporavka 1tj.Upala koja traje do 3 dana

Prije svega u ovoj fazi pacijent se treba informirati koliko je teška njegova ozljeda. Nakon savjeta koji se daju pacijentu primjenjuju se terapijske vjećebe koje obuhvaćaju aktivne vjećebe za stopala i noćne prste. Sve se to obavlja sukladno toleranciji pacijenta. Nije na odmet spomenuti i bandaćiranje, te educirati pacijenta na koji naćin aplicirati kompresivni zavoj .Primjena ortoze u ovoj fazi se ne savjetuje se zbog otoka.

²¹ Usp.,JIMMY, Michael, Giles, Gyer, Ricky, Davis, OSTEOPATIC AND CHIROPRACTIC TECHNIQUES FOR MANUAL THERAPIST, A chomprehensive Guide to Spinal and Peripheral Manipulations London, Philadelphia, Jessica Kingsley Publishers, 2017.

²² Usp.,KNGF *Guideline for physical therapy in patients with acute ankle sprain – practice guidelines*, van der Wees, Ph. J. i sur., 2006.

Faza oporavka (subakutna faza) koja traje od 4 do 10 dana

U ovoj fazi pacijent se savjetuje za hod ako je potrebno korištenje štaka, uz to koliko mu bol dozvoljava. Važno je ipoticati simetrično opterećivanje nogu i oslonac stopalom. Nakon četiri do deset dana smatra se da bi se trebala ponovno postići sposobnost simetričnog hoda. Početak rada savjetuje se onda kad se dogodi aktivan oslonac. Iznimke su dopuštene ako se posao obavlja bez opterećenosti stopala. Vježbe koje se preporučuju su vježbe opsega pokreta, vježbe aktivne stabilizacije, koordinacije i hoda. Profesionalni sportaši trebali bi treningom održavati snagu. Primjena funkcionalne trake preporučuje se onda kad se smanji oticanje.

Faza oporavka 3 koja se naziva rano remodeliranje, traje od 11-tog do 21 dana

U ovoj fazi prije svega preporučuju se mjere aktivnosti kod kojih je povećano opterećenje gležnja (tu se može staviti primjena funkcionalne trake). Pogledati obuću i njenu prikladnosti te savjet za neku izmjenu ako je potrebno. U fazi br.3 primjenjuju se vježbi i aktivnosti. Neke od vježbi su za poboljšanje ravnoteže, mišićne jakosti, opsega pokreta i aktivnosti hoda, trčanja i korištenja stepenica. Onda kad postane moguće opteretiti stopalo treba uključiti vježbe s opterećenjem. Kontrolirano povećati intenzitet i opterećenje, zatim se nakon statičkih vježbi prebaciti na dinamičke, od jednostavnog ka kompliciranijem. Vježbe se preporučuju provoditi na različitim površinama. Pacijent dok god nemože provoditi statičke i dinamičke vježbe ravnoteže i koordinacije na pravi način može se staviti uporaba funkcionalne trake ili ortoze.²³

Faza oporavka 4 ili kasno remodeliranje koje traje os 3 do 6 tjedana

Ovdje su prisutne vježbe koje poboljšavaju koordinaciju. Povećavati opterećivanja do potpunog te napredak od statičkih do dinamičkih vježbi, jednostavnih prema funkcionalnim. To bi bilo obavljanje više zadataka odjednom i na različitim površinama. Trebalo bi naučiti pacijenta kako pravilno vježbati kući. Preporuča se upotreba ortoze dok pacijent nemože na pravilan način izvoditi statičke i dinamičke vježbe ravnoteže i koordinacije.

²³ Usp., WEES, PH., J., *Guideline for physical therapy in patients with acute ankle sprain – practice guidelines*, 2006.

Faza oporavka 5 koja traje od 6 do 12 tjedana

Faza koja obuhvaća primjenu vježbi, ali i savjete o aktivnostima profesionalnih sportaša. Tu se preporučuje individualizirani plan terapije i treninga u skladu s potrebama sporta. Ozljeda gležnja je jedna od najčešćih povreda mišićno-koštanog sistema kod sportaša. Događa se i kod ljudi koji nisu sportaši. 85% ozljeda gležnja su akutno uganuće od čega je 85% posljedica inverzijske povrede.²⁴ Kontaktne sportove poput košarke, nogometa i odbojke su rizični, no ne zaostaju ni sportovi gdje su trčanje i skakanje sastavni dio. Ozljeda se može dogoditi i kod hoda po neravnom terenu ili poskliznuća na ledu. Valja spomenuti da neodgovarajuće liječenje može prouzročiti trajno ograničenje funkcije zgloba. Čak i akutna uganuća koja se čine bezopasna mogu dovesti do boli, edema, mehaničke nestabilnosti, funkcionalne nestabilnosti te ponoviti ozljedu.²⁵

Akutno uganuće gležnja predstavlja inverzijsku ozljedu koja se dogodila u 6 tjedana od početka terapije. Ozljeda je na lateralnom ligamentarnom kompleksu gležnja. Mehanizam nastanka ozljede ligamenata lateralnog kompleksa je inverzija stopala koje se nalazi u položaju plantarne fleksije. U tom položaju koštane strukture omogućuju malu stabilnost a anteriorni talofibularni ligament je pod opterećenjem, ali i izložen ozljeđivanju.

Prema stupnjevanju težine ligamentarnog oštećenja i kliničkih simptoma imamo stupnjeve ozljede:

- Stupanj 1 odnosi se na istegnuće ligamenata bez makroskopskih znakova pucanja. Tu su simptomi mala oteklina i bol na dodir, manji gubitak funkcije i nepostojanje mehaničke nestabilnosti zgloba. To je lakša ozljeda.
- Stupanj 2 (srednje teška ozljeda) je parcijalno puknuće ligamenata. Stupanj u kojem su bolovi umjereni, oteklina i bol su na dodir, a gubitak dijela opsega pokreta te blaga do umjereni nestabilnost.
- Stupanj 3 ili teža ozljeda je kompletno puknuće ligamenata. To su kad se događaveliko oticanje, hemoragija, bol na dodir, gubitak opsega pokreta, značajni gubitak funkcije i nestabilnost.

²⁴ Usp., GARRUCK, J., G., *The frequency of injury, mechanism of injury, and epidemiology of ankle sprains.* Phys Ther, 1977., str. 68-71.

²⁵ Usp., WEES, PH., J., *Nav.dj.*



Slika 11. Stupnjevi težine ozljede gležnja

(Slika preuzeta s: <https://videoreha.com/hr-hr/programi/mq0mte2ij0g3tkohlxhs6q/ozljede-i-ostecenja-gleznja--distorzija-gleznja-drugog-stupnja>)

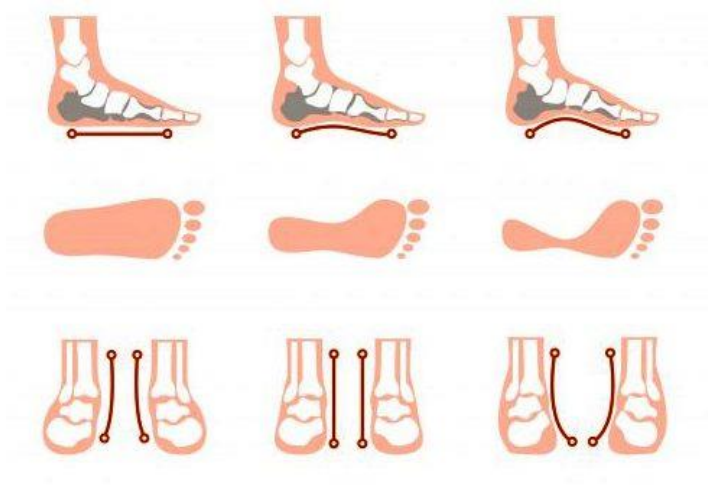
Nestabilnost gležnja su rezidualni simptomi nakon inverzijske ozljede. To može biti osjećaj „popuštanja“ ili ponovno ozljeđivanje. Pacijenti se mogu prepasti opterećenja gležnja svojom težinom, a veće opterećenje može uzrokovati bol, oticanje, ali i osjećaj smanjene pokretljivosti gležnja. Mogići su problemi sa profesionalnom razinom koja se očekuje od pacijenta.

1.11. Žulj

Lokalizirana je hiperkeratoza na stopalu, uvjetovana okomitim tlačenjem na nešto veće područje kože ispod koje se nalazi relativno elastična podloga koja se interpolira između kože i dublje položenih struktura. Najčešće su lokalizirani na tabanu u području glavica metatarzalnih kostiju, na vanjskom rubu stopala ili na peti. Najčešće nastaju kada postoji hiperpresija zbog deformacije stopala odnosno nošenja nefiziološke obuće. Temelj liječenja žulja je ukloniti pritisak kojem je stopalo izloženo. Ako se radi o deformaciji stopala ili samo jednog njegovog dijela nastojimo konzervativno ili kirurškimnačinom ispraviti nastali deformitet.

1.12. Spušteno (ravno) stopalo

Deformacija stopala koja je karakterizirana gubitkom njegovih fizioloških svodova nastaje zbog zatajenja funkcije kratkih plantarnih mišića i posljedične prenapregnutosti sveza, kad se konačno svod stopala izravna.²⁶ Vrlo često ga susrećemo u ranoj dječijoj dobi, adolescenciji i odrasloj dobi. Statistički podaci pokazuju da se pojavljuje u 50-80 % gradskog stanovništva, a to najčešće kod žena. Stopalostrada zbog prisutnog stajanja i hodanja po ravnijoj ili tvrđoj podlozi (asfalt, parket, beton i sl.), zbog neprikladne obuće, a pokreti koji su slobodni i potrebni za razvoj onemogućeni su. Učestala pojava ravnih stopala u čovjeka veliki je socijalno medicinski problem. Simptomatologija spuštenog stopala veoma je raznolika. Postoje vrlo velike individualne, porodične ili rasne varijacije oblika stopala, pa nije uvijek lagano odrediti granicu normalnog i patološkog. Pri dijagnozi ravnog stopala treba uvijek u obzir uzeti njegov oblik i funkciju. Pjedan or prvih znakova funkcionalng popuštanja jest valgizitet pete, simetričan, što će se najbolje primjetiti promatranjem bolesnika sa strane leđa. 5° je kut koji tvore normalno uzdužna os potkoljenice i pete..



Slika 12 Plantogram

(Slika preuzeta <https://www.livit.nl/hulp-bij/platvoet/>)

Često je potrebno provjeriti bolesnikovu obuću i trošenje potplata i pete što otkriva najčešći položaj stopala. Bolna mjesta jesu predio talusa, navikularne i klinastih kostiju, oba maleola ili talokruralni zglob. Boli zglob podražajnog periostitisa pojavljuju se na unutrašnjoj

²⁶ Usp., PLATZER W., *Sustav organa za pokretanje*, Medicinska naklada, Zagreb, 2003.

i donjoj strani kalkaneusa, a zgog tendovaginitisa duž tetiva m. Tibijalisa posteriora. Bol se također javlja duž potkoljenice, natkoljenice, pretežno sa lateralne strane, u visini kukova i sakroilijačnih zglobova. Sve navedene smetnje, ako su zaista statičkog postanka, nastaju korekcijom stopala pomoću uložka.

2.CILJ ISTRAŽIVANJA

Istraživanje smo započeli tako što smo proveli anketu nad slučajnim uzorkom igrača. Podaci koje smo prikupili bili su vezani za dob, poziciju te ozljede i bolesti gležnja i stopala kod igrača. Također smo prikupili i mjere skočnog zgloba te stopala kako bismo proučili postoji li povezanost među određenim skupinama ispitanika. Započeli smo ovaj projekt s hipotezom da pozicija na kojoj ispitanik igra nema utjecaja na učestalost i vrstu ozljede i bolesti skočnog zgloba i stopala. Dodatna hipoteza u našem istraživanju je utjecaj ravnih stopala na učestalost ozljeda i bolesti gležnja i stopala.

2.1.METODE I MATERIJALI

U opisnom dijelu smo prvo proučili prikupljene podatke - dob, poziciju igrača. Kasnije smo donijeli i neke zanimljive zaključke. Vidjeli smo da većina ispitanika ima barem neki problem sagležnjom i stopalom. Pomoću dijagrama te kontingencijskih tablica smo zaključili kako su najčešći problemi sa stopalima žuljevi te uganuće skočnog zgloba. Također smo vidjeli da oni koji imaju ravna stopala najčešće koriste marku kopačke Adidas, dok s druge stranici oni koji nemaju ravna stopala preferiraju Nike.

U inferencijalnom dijelu smo proveli nekoliko testova. Pokrete u stopalu mjerili smo pomoću elektronskog gonijometra. Kako bismo ih proveli, prvo smo pokazali da prikupljeni podaci dolaze iz normalne distribucije obzirom da nam je ta pretpostavka bila potrebna kako bismo mogli koristiti statističke testove u daljnjoj analizi. Rezultat smo pokazali i grafički i pomoću Kolmogorov - Smirnovljevog testa. Kako bismo potvrdili hipoteze s kojima smo krenuli u ovo istraživanje, proveli smo ANOVA test kojeg smo primijenili na nivou značajnosti 5%.

Analiza varijance (ANOVA) je kolekcija statističkih modela koja se koristi za analizu razlike između kolekcije aritmetičkih sredina i njima pridruženih varijanci. Mi koristimo oblik ANOVA-e koji pruža statistički test jednakosti između aritmetičkih sredina različitih populacija. Ono što smo uočili u opisnom dijelu potaknulo nas je da provedemo t-test na podacima koje smo podijelili u dvije populacije – igrači s ravnim stopalima, te igrači koji nemaju ravna stopala.

T-test je statistički postupak za testiranje značajnosti razlike između dva uzorka. Uspoređujemo njihove aritmetičke sredine. On nam zapravo služi za provjeru nul-hipoteze koju postavljamo prilikom formiranja istraživanja. Ispitujemo da li postoji statistički značajna razlika između onih ispitanika koji imaju, te onih koji nemaju ravna stopala.

Zaključili smo kako ravna stopala također nemaju utjecaj na mjere opsega pokreta. U opisnom dijelu također smo primijetili da je najčešća ozljeda upravo uganuće skočnog zgloba, stoga smo za kraj proveli t-test nad onima koji su imali tu ozljedu i onima koji nisu. Rezultat nas nije previše iznenadio jer smo i pretpostavili da ne postoji razlika u mjerama opsega pokreta među igračima koji su imali uganuće skočnog zgloba i onima koji ga nisu imali. Provođenjem statističkih testova zaključili smo kako ne možemo odbaciti hipoteze s kojima smo i krenuli u ovo istraživanje.

TABLICA PRIKUPLJENIH PODATAKA

Anketa je provedena na 25 ispitanika. Prikupljeni podaci prikazani su tablicom u kojoj redni brojevi u prvom retku označavaju odgovore na pitanja iz ankete redom za svakog od ispitanika.

Tablica 1. Problem sa gležnjem istopalima

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
1981.	Obrana	Da	b) d) e)	Ne	-	Da	Ne	-	Adidas
2001.	Golman	Da	d)	Ne	-	Ne	Ne	-	Nike
2002.	Golman	Da	c) d) i)	Ne	-	Ne	Ne	-	Adidas
1990.	Vezni	Ne	-	Ne	-	Ne	Ne	-	Puma
1991.	Vezni	Da	a)	Da	Svaki trening i utakmicu	Ne	Ne	-	Nike
1991.	Obrana	Da	a) d) e)	Da	Svaki trening i utakmicu	Ne	Ne	-	Nike
1990.	Vezni	Da	c) d) e) f)	Ne	-	Ne	Ne	-	Nike
1999.	Vezni	Da	c)	Ne	-	Da	Ne	-	Nike
2002.	Obrana	Da	c)	Ne	-	Ne	Da	3 godine	Adidas
2000.	Vezni	Da	d)	Ne	-	Ne	Da	2 godine	Nike
2000.	Obrana	Da	e)	Da	1 godinu	Ne	Ne	-	Adidas
1999.	Golman	Ne	-	Ne	-	Ne	Ne	-	Puma
2000.	Napad	Da	e) g) h)	Ne	-	Ne	Ne	-	Nike
1990.	Vezni	Da	a) b) d) i)	Ne	-	Ne	Ne	-	Nike
1990.	Napad	Da	c) d) e) g) h)	Ne	-	Ne	Ne	-	Nike
2001.	Obrana	Da	d) e) g)	Ne	-	Da	Da	6 godina	Puma
2001.	Golman	Da	a) e) g)	Da	1 mjesec	Ne	Ne	-	Nike
2002.	Obrana	Ne	-	Ne	-	Da	Ne	-	Adidas
1991.	Napad	Ne	-	Ne	-	Da	Da	3 godine	Adidas
1996.	Vezni	Da	a) g)	Ne	-	Da	Ne	-	Adidas
2002.	Obrana	Da	d) e)	Da	1 mjesec nakon ozljede	Da	Da	3 mjeseca	Nike
2000.	Golman	Da	a) d)	Ne	-	Da	Da	3 mjeseca	Adidas
1999.	Vezni	Da	d) i)	Ne	-	Ne	Da	5 godina	Nike
1997.	Napad	Ne	-	Ne	-	Ne	Ne	-	Puma
1998.	Napad	Da	c) i)	Ne	-	Ne	Ne	-	Adidas

Od 25 ispitanika čak 20 njih su imali problem sa gležnjom i stopalom.

Prvo ćemo napraviti analizu onih igrača koji imaju taj problem.

Promatramo tablicu godine rođenja.

Tablica 2. Godina rođenja

1981.	1990.	1991.	1996.	1998.	1999.	2000.	2001.	2002.
1	3	2	1	1	2	4	3	3

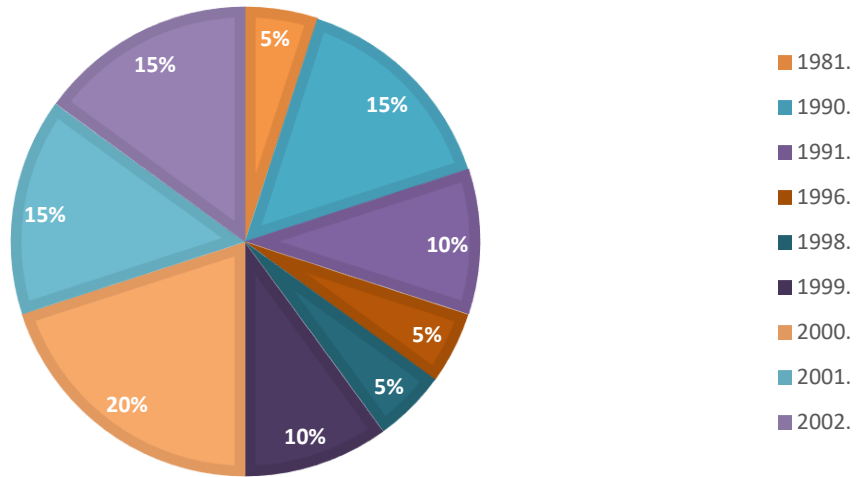
Promatramo tablicu pozicije

Tablica 3. Pozicija

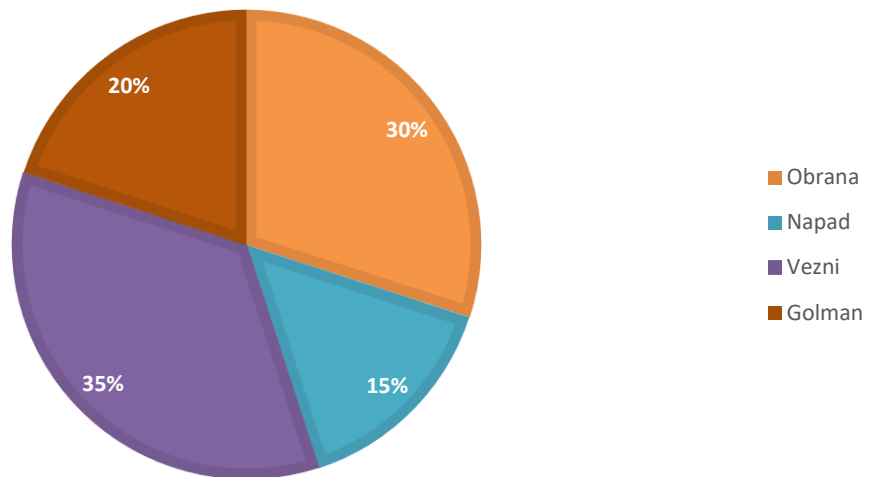
Obrana	Napad	Vezni	Golman
6	3	7	4

GRAFIČKI PRIKAZ PODATAKA

GODINA ROĐENJA



POZICIJA



Skupljeni podaci o godini rođenja su neprekidni. Kada ih poredamo po veličini dobijemo $x_{(1)}, \dots, x_{(20)}$. Podaci su redom: 1981, 1990, 1990, 1990, 1991, 1991, 1996, 1998, 1999, 1999, 2000, 2000, 2000, 2000, 2001, 2001, 2001, 2002, 2002, 2002.

Kako bismo podatke podijelili u 2 razreda (mlađi, stariji) odredimo prvo širinu razreda.

$$c = \frac{x_{(20)} - x_{(1)}}{2} = 11$$

Smatramo igrača mlađim ako mu se godina rođenja nalazi unutar poluotvorenog intervala $[1980.5, 1991.5>$, a starijim ako mu se godina rođenja nalazi unutar poluotvorenog intervala $[1991.5, 2002.5>$. Dakle, vidimo da u promatranom uzorku imamo 6 starijih, te čak 14 mlađih ispitanika.

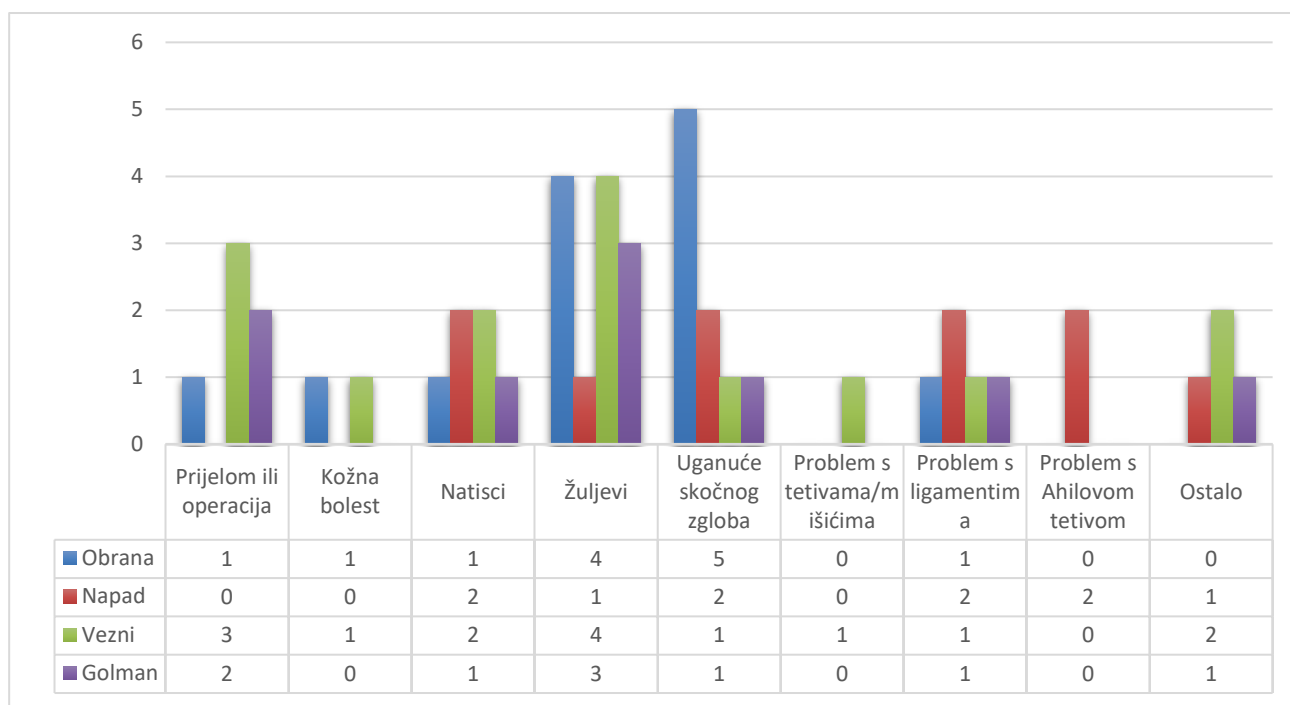
KONTINGENCIJSKE TABLICE

Promotrimo prvo kontingencijsku tablicu pozicija i problema sa stopalom.

Označimo sa Y poziciju, a sa X problem sa stopalom.

Tablica 4. Pozicija i problem sa stopalima

X \ Y	Obrana	Napad	Vezni	Golman	Σ
Prijelom ili operacija	1	0	3	2	6
Kožna bolest	1	0	1	0	2
Natisci	1	2	2	1	6
Žuljevi	4	1	4	3	12
Uganuće skočnog zgloba	5	2	1	1	9
Problem s tetivama/mišićima	0	0	1	0	1
Problem sa ligamentima	1	2	1	1	5
Problem s Ahilovom tetivom	0	2	0	0	2
Ostalo	0	1	2	1	4
Σ	13	10	15	9	47

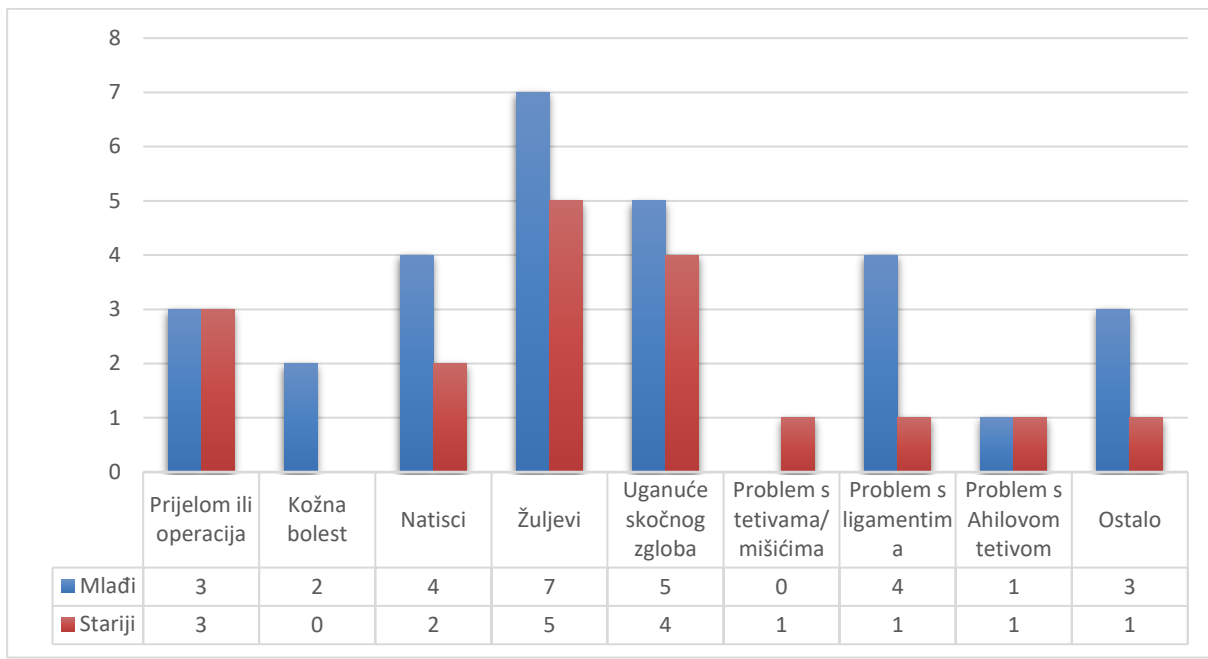


Iz dijagrama vidimo kako su najčešći problemi sa stopalima žuljevi, te uganuće skočnog zgloba. Zanimljivo je i kako problem s tetivama/mišićima imaju samo oni na poziciji veznog, te kako svaka od pozicija ima natiske, žuljeve, problem sa ligamentima te uganuće skočnog zgloba. Također vidimo da ispitanici igrači na poziciji vezni imaju sve probleme sa stopalima osim problema sa Ahilovom tetivom koja je najmanje zastupljen problem u ispitanom uzorku. Kožna bolest pojavila se samo kod igrača na poziciji veznog te obrane. Promotrimo još kontingencijsku tablicu pozicija i godina rođenja. Označimo sa Y poziciju, te sa X razred u koji spada godina rođenja ispitanika.

Tablica 5. Bolesti i dob ispitanika

X \ Y	Mlađi	Stariji	Σ
Prijelom ili operacija	3	3	6
Kožna bolest	2	0	2
Natisci	4	2	6
Žuljevi	7	5	12
Uganuće skočnog zgloba	5	4	9
Problem s tetivama/mišićima	0	1	1

Problem sa ligamentima	4	1	5
Problem s Ahilovom tetivom	1	1	2
Ostalo	3	1	4
Σ	29	18	47



Iz dijagrama je vidljivo kako se kožne bolesti pojavljuju samo kod mlađih ispitanika, dok se problem s tetivama/mišićima pojavljuje samo kod starijih.

Također vidimo da za svaki drugi problem sa stopalom, broj mlađih ispitanika je veći ili jednak broju starijih sa navedenim problemom.

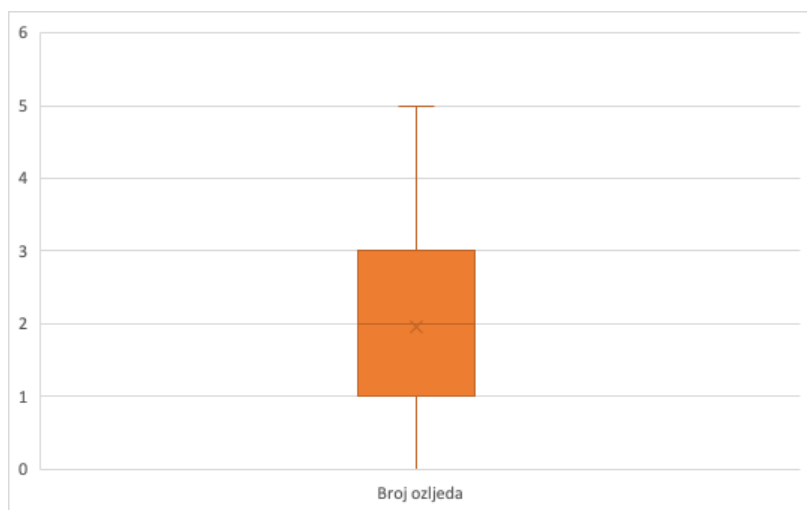
Vratimo se na ukupan broj ispitanika.

Proučimo koliko problema sa stopalom ima svih 25 igrača.

Skupljeni podaci o broju problema sa stopalom:

3, 1, 3, 0, 1, 3, 4, 1, 1, 1, 1, 0, 3, 4, 5, 3, 3, 0, 0, 2, 2, 2, 2, 0, 2.

Radi boljeg prikaza slijedi dijagram pravokutnika:



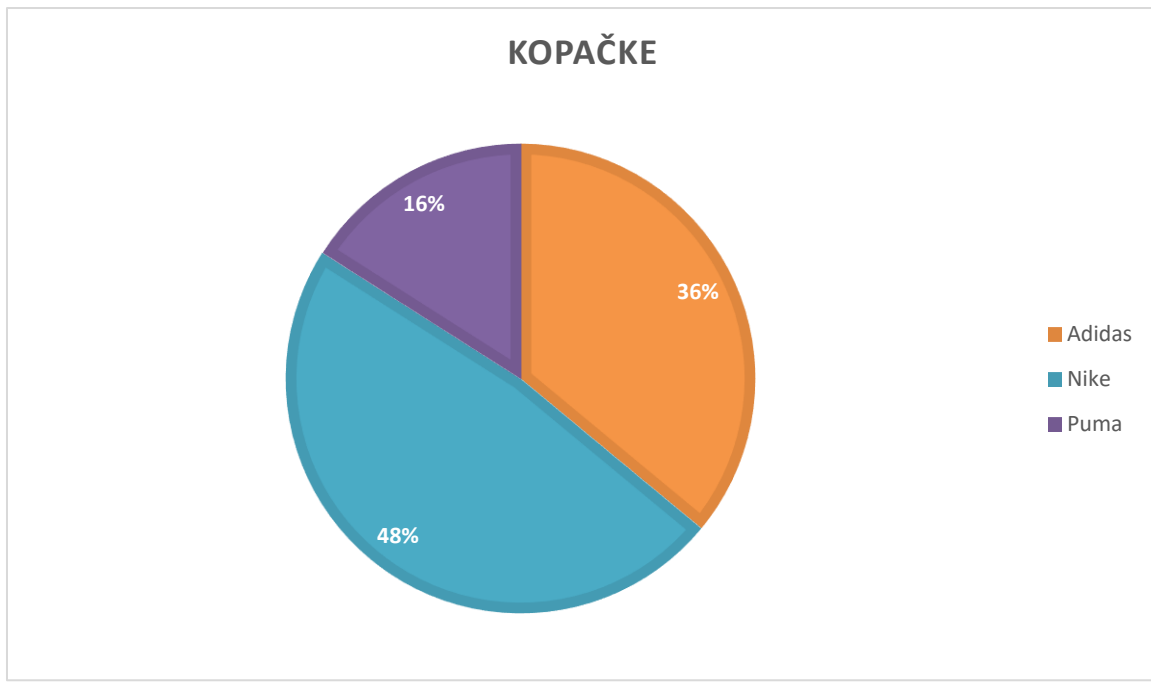
Iz dijagrama pravokutnika vidimo da je medijan uzorka $m=2$, donji kvantil 1, te gornji kvantil 3. Promotrimo sada podatke o bandaži skočnog zgloba. Vidimo da od 25 ispitanika samo 5 njih koristi bandažu skočnog zgloba. Od njih 5, čak 4 ih je imalo uganuće skočnog zgloba. Nerijedak problem su i ravna stopala koja ima čak 8 od 25 ispitanika.

Promatramo tablicu kopačka koje koriste igrači.

Tablica 6. Brend kopački

Adidas	Nike	Puma
9	12	4

GRAFIČKI PRIKAZ PODATAKA

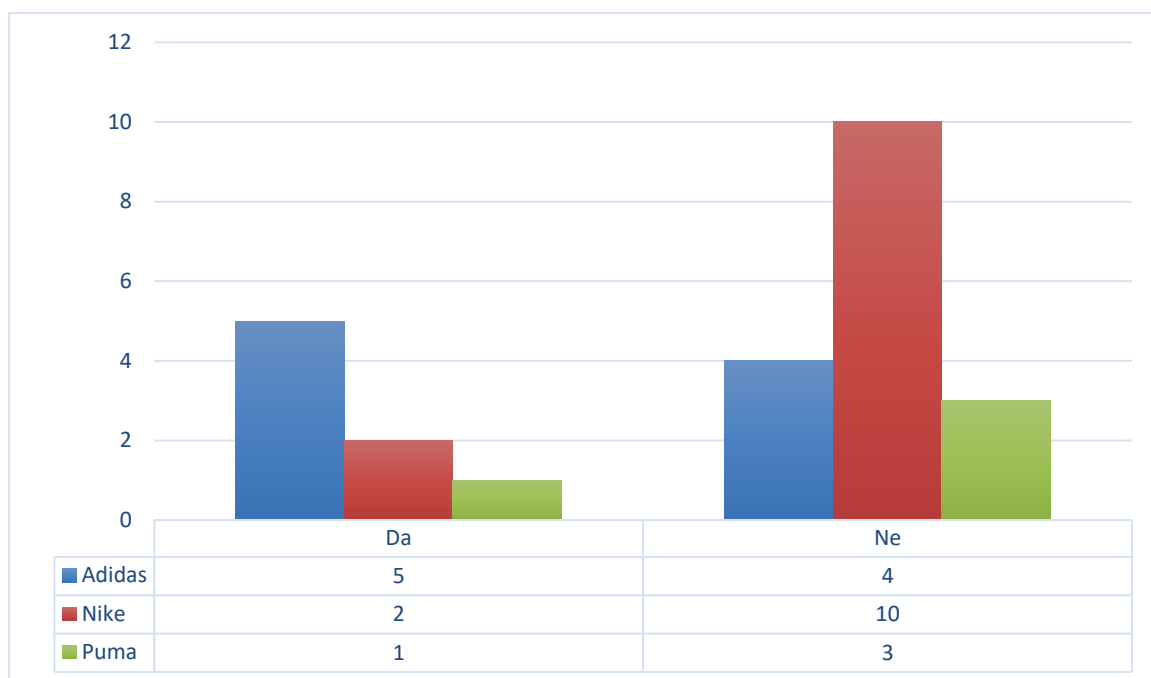


Vidimo da su najzastupljenije kopačke marke Adidas.

Promotrimo kontingencijsku tablicu marke kopački te ravnih stopala. Označimo sa X marku kopačke, a sa Y ima li igrač ravna stopala.

Tablica 7. Brend kopački i ravna stopala

X \ Y	Da	Ne	Σ
Adidas	5	4	9
Nike	2	10	12
Puma	1	3	4
Σ	8	17	25



Vidimo da oni koji imaju ravna stopala najčešće koriste marku kopačke Adidas, dok s druge stranici oni koji nemaju ravna stopala preferiraju Nike.

2.2. REZULTATI I RASPRAVA

Na igračima su provedena mjerenja koja ćemo u daljnjem postupku analizirati. Da bi mogli obrađivati podatke mjere ćemo zapisati tablično za svakog od ispitanika redom. Kutomjerom izmjerene podatke ćemo zapisati tablično izražene u stupnjevima.

Navedimo oznake za provedene mjere:

1. Lijevo stopalo – Plantarna fleksija
2. Desno stopalo – Plantarna fleksija
3. Lijevo stopalo – Dorzalna fleksija

4. Desno stopalo – Dorzalna fleksija
5. Lijevo stopalo – Inverzija
6. Desno stopalo – Inverzija
7. Lijevo stopalo – Everzija
8. Desno stopalo – Everzija

Tablica 8. Stupnjevi podataka

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
IG 1	40,2	39,7	10,3	10	30,1	29,6	20,2	19,7
IG 2	45,1	45,3	20	20,3	30,3	30,6	20,4	20,8
IG 3	39,6	40,2	19,1	20,7	34,1	35,5	15,2	15,6
IG 4	45,2	44	19	19,3	31,2	30	19	18
IG 5	50,2	51,2	20,5	20,7	30,5	30,8	20,1	20,2
IG 6	30,1	30,3	15,8	15,9	20,1	20,3	20,2	20,2
IG 7	45	45,7	20	20,7	20,1	20,3	20	20,2
IG 8	42	44,2	26,2	24,3	30,1	29,1	25,2	22,6
IG 9	44,4	44	26,1	25,1	38,3	36,2	23,4	22,5

IG 10	41,3	42,8	24,6	25,1	29,4	30,5	24,9	26,1
IG 11	45	46,8	25,5	26,5	35,5	33,4	20,5	23,5
IG 12	42,9	43,2	17,9	18,2	15,9	16,4	13,3	14,4
IG 13	46	46	12,3	12,2	33,1	33	21,9	21,3
IG 14	25,5	30,1	20	21,5	32,3	24,7	24	20
IG 15	20,5	33,2	20	17,6	18	34,4	20	24
IG 16	23,7	25,1	20	23	29,4	18	12,7	16,5
IG 17	28	30	21,7	19,4	28,1	29	21,8	16
IG 18	36,4	36,1	17	19,2	22,2	21,2	19,1	20,2
IG 19	40,2	41,8	19	18,5	21,2	20,5	18	18,3
IG 20	32,2	31,3	16,7	19,7	27,6	27,6	20,8	15,8
IG 21	41,7	51,5	22,5	23,5	28,2	23,4	17,1	16,6
IG 22	49,1	49,5	25,2	22,2	23,2	19,2	20,5	18,8
IG 23	47,2	48,5	18,6	17,2	13,5	12,7	11,5	13,8
IG 24	44,5	46,7	18	17,5	13,5	14,6	15,3	14,3
IG 25	43	44	27,2	22,6	26,8	25,8	11,5	15,5

Neka je X plantarna fleksija, Y dorzalna fleksija, Z inverzija, a W everzija. Prvo ćemo učitati podatke u R-u, spremite svaki stupac u vektore.

Promatrat ćemo podatke posebno za lijevo, a posebno za desno stopalo. Podatke zapišimo .txt datoteci posebno za lijevo, te posebno za desno stopalo. Provjerimo jesmo li unijeli ispravne podatke.

```
> lijevo = read.table("LijevoXPokreti-tablica.txt", header = TRUE)
> desno = read.table("DesnoXPokreti-tablica.txt", header = TRUE)
```

```
> lijevo
```

	PF	DF	I	E
1	40.2	10.3	30.1	20.2
2	45.1	20.0	30.3	20.4
3	39.6	19.1	34.1	15.2
4	45.2	19.0	31.2	19.0
5	50.2	20.5	30.5	20.1
6	30.1	15.8	20.1	20.2
7	45.0	20.0	20.1	20.0
8	42.0	26.2	30.1	25.2
9	44.4	26.1	38.3	23.4
10	41.3	24.6	29.4	24.9
11	45.0	25.5	35.5	20.5
12	42.9	17.9	15.9	13.3
13	46.0	12.3	33.1	21.9
14	25.5	20.0	32.3	24.0
15	20.5	20.0	18.0	20.0
16	23.7	20.0	29.4	12.7
17	28.0	21.7	28.1	21.8
18	36.4	17.0	22.2	19.1
19	40.2	19.0	21.2	18.0
20	32.2	16.7	27.6	20.8
21	41.7	22.5	28.2	17.1
22	49.1	25.2	23.2	20.5
23	47.2	18.6	13.5	11.5
24	44.5	18.0	13.5	15.3
25	43.0	27.2	26.8	11.5

```
> desno
```

	PF	DF	I	E
1	39.7	10.0	29.6	19.7
2	45.3	20.3	30.6	20.8
3	40.2	20.7	35.5	15.6
4	44.0	19.3	30.0	18.0
5	51.2	20.7	30.8	20.2
6	30.3	15.9	20.3	20.2
7	45.7	20.7	20.3	20.2
8	44.2	24.3	29.1	22.6
9	44.0	25.1	36.2	22.5
10	42.8	25.1	30.5	26.1
11	46.8	26.5	33.4	23.5
12	43.2	18.2	16.4	14.4
13	46.0	12.2	33.0	21.3
14	30.1	21.5	24.7	20.0
15	33.2	17.6	34.4	24.0
16	25.1	23.0	18.0	16.5
17	30.0	19.4	29.0	16.0
18	36.1	19.2	21.2	20.2
19	41.8	18.5	20.5	18.3
20	31.3	19.7	27.6	15.8
21	51.5	23.5	23.4	16.6
22	49.5	22.2	19.2	18.8
23	48.5	17.2	12.7	13.8
24	46.7	17.5	14.6	14.3
25	44.0	22.6	25.8	15.5

Označimo sa indeksom 1 lijevo stopalo, a sa indeksom 2 desno.
Podatke spremamo u vektore.

```
> X1 = lijevo[,1]
> Y1 = lijevo[,2]
> Z1 = lijevo[,3]
> W1 = lijevo[,4]
> X2 = desno[,1]
> Y2 = desno[,2]
> Z2 = desno[,3]
> W2 = desno[,4]
```

```

> X1
[1] 40.2 45.1 39.6 45.2 50.2 30.1 45.0 42.0 44.4 41.3 45.0 42.9 46.0
[14] 25.5 20.5 23.7 28.0 36.4 40.2 32.2 41.7 49.1 47.2 44.5 43.0
> Y1
[1] 10.3 20.0 19.1 19.0 20.5 15.8 20.0 26.2 26.1 24.6 25.5 17.9 12.3
[14] 20.0 20.0 20.0 21.7 17.0 19.0 16.7 22.5 25.2 18.6 18.0 27.2
> Z1
[1] 30.1 30.3 34.1 31.2 30.5 20.1 20.1 30.1 38.3 29.4 35.5 15.9 33.1
[14] 32.3 18.0 29.4 28.1 22.2 21.2 27.6 28.2 23.2 13.5 13.5 26.8
> W1
[1] 20.2 20.4 15.2 19.0 20.1 20.2 20.0 25.2 23.4 24.9 20.5 13.3 21.9
[14] 24.0 20.0 12.7 21.8 19.1 18.0 20.8 17.1 20.5 11.5 15.3 11.5
> X2
[1] 39.7 45.3 40.2 44.0 51.2 30.3 45.7 44.2 44.0 42.8 46.8 43.2 46.0
[14] 30.1 33.2 25.1 30.0 36.1 41.8 31.3 51.5 49.5 48.5 46.7 44.0
> Y2
[1] 10.0 20.3 20.7 19.3 20.7 15.9 20.7 24.3 25.1 25.1 26.5 18.2 12.2
[14] 21.5 17.6 23.0 19.4 19.2 18.5 19.7 23.5 22.2 17.2 17.5 22.6
> Z2
[1] 29.6 30.6 35.5 30.0 30.8 20.3 20.3 29.1 36.2 30.5 33.4 16.4 33.0
[14] 24.7 34.4 18.0 29.0 21.2 20.5 27.6 23.4 19.2 12.7 14.6 25.8
> W2
[1] 19.7 20.8 15.6 18.0 20.2 20.2 20.2 22.6 22.5 26.1 23.5 14.4 21.3
[14] 20.0 24.0 16.5 16.0 20.2 18.3 15.8 16.6 18.8 13.8 14.3 15.5

```

Promotrimo normalne vrijednosti za opseg pokreta:

Plantarna fleksija	0-50
Dorzalna fleksija	0-20
Inverzija	0-35
Everzija	0-25

Zanima nas prosječna vrijednost opsega pokreta ispitanika; plantarne fleksije, dorzalne fleksije, inverzije i everzije.

Dobivenu vrijednost želimo usporediti sa normalnom vrijednosti pokreta skočnog zgloba.

```

> sum(X1)/25 > sum(X2)/25
[1] 39.56 [1] 41.248
> sum(Y1)/25 > sum(Y2)/25
[1] 20.128 [1] 20.036
> sum(Z1)/25 > sum(Z2)/25
[1] 26.508 [1] 25.872
> sum(W1)/25 > sum(W2)/25
[1] 19.064 [1] 18.996

```

Promatramo prvo lijevo stopalo.

Vidimo da su prosječne vrijednosti ispitanika:

Plantarna fleksija	39.56
Dorzalna fleksija	20.128
Inverzija	26.508
Everzija	19.064

Analognim postupkom smo došli do mjera za desno stopalo:

Plantarna fleksija	41.248
Dorzalna fleksija	20.036
Inverzija	25.872
Everzija	18.996

Vidimo da se prosječne vrijednosti i za lijevo i za desno stopalo nalaze u intervalu koji opisuje normalne vrijednosti za opseg pokreta kod plantarne fleksije, inverzije te everzije. Kod dorzalne fleksije prosječna vrijednost se nalazi u intervalu na nivou značajnosti 5%.

Proučavanjem podataka vidimo da je kod 9 od 25 ispitanih igrača vrijednost dorzalne fleksije lijevog skočnog zgloba veća od normalne, te kod čak 12 od 25 ispitanih vrijednost dorzalne fleksije desnog skočnog zgloba iznad normalne.

Također, želimo ispitanike podijeliti u skupine po pozicijama te prikazati i usporediti prosječne vrijednosti opsega pokreta prema navedenim kriterijima. Za tu usporedbu potrebno je provjeriti jesu li podaci normalno distribuirani. Znamo da kada uredimo realizaciju slučajnih uzoraka te pomoću funkcije distribucije jedinične normalne razdiobe Φ definiramo brojeve

$$a_i = \Phi^{-1}\left(\frac{i - 3/8}{n + 1/4}\right), i = 1, \dots, n$$

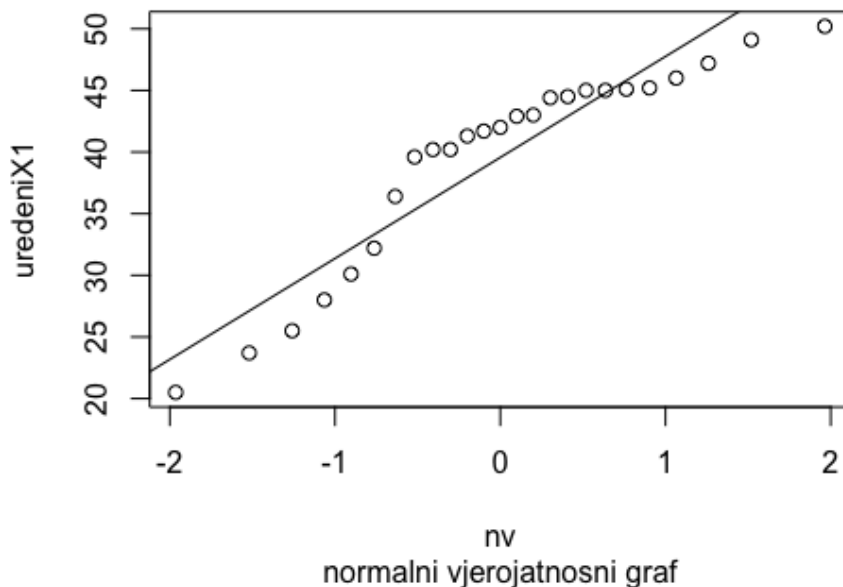
ako u Kartezijevom koordinatnom sustavu prikažemo parove točaka $(a_i, x1_{(i)}), (a_i, y1_{(i)}), (a_i, z1_{(i)}), (a_i, w1_{(i)}), (a_i, x2_{(i)}), (a_i, y2_{(i)}), (a_i, z2_{(i)}), (a_i, w2_{(i)})$ tada dobiveni graf zovemo normalni vjerojatnosni graf. Nadalje, da bi podaci iz uzoraka $X1, Y1, Z1, W1, X2, Y2, Z2, W2$ zaista pripadali normalnoj distribuciji, navedene točke moraju biti aproksimativno na pravcu $y = \mu + \sigma x$.

Promotrimo prvo uzorak $X1$.

```

> uredeniX1 = sort(X1)
> uredeniX1
[1] 20.5 23.7 25.5 28.0 30.1 32.2 36.4 39.6 40.2 40.2 41.3 41.7 42.0 42.9 43.0 44.4 44.5
[18] 45.0 45.0 45.1 45.2 46.0 47.2 49.1 50.2
> length(uredeniX1)
[1] 25
> i = 1:25
> i
[1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
> nv = qnorm((i-3/8)/(25+1/4))
> nv
[1] -1.96421684 -1.51919718 -1.25930333 -1.06444156 -0.90335666 -0.76286392 -0.63603674
[8] -0.51871372 -0.40814351 -0.30236184 -0.19986756 -0.09943603 0.00000000 0.09943603
[15] 0.19986756 0.30236184 0.40814351 0.51871372 0.63603674 0.76286392 0.90335666
[22] 1.06444156 1.25930333 1.51919718 1.96421684
> sd(uredeniX1)
[1] 8.192324
> mean(uredeniX1)
[1] 39.56
> plot(nv,uredeniX1, sub = "normalni vjerojatnosni graf")
> abline(mean(uredeniX1), sd(uredeniX1))

```



Iz grafa je vidljivo da su parovi točaka poprilično blizu pravcu stoga možemo reći da pretpostavljamo da je uzorak X1 normalni model, no pripada li zaista normalnoj distribuciji moramo potvrditi Kolmogorov-Smirnovljevog testom na sljedeći način:

H_0 : podaci dolaze iz normalne distribucije

H_1 : ne H_0

```
> ks.test(X1, "pnorm", mean(X1), sd(X1))
```

```
One-sample Kolmogorov-Smirnov test
```

```
data: X1
```

```
D = 0.22195, p-value = 0.1702
```

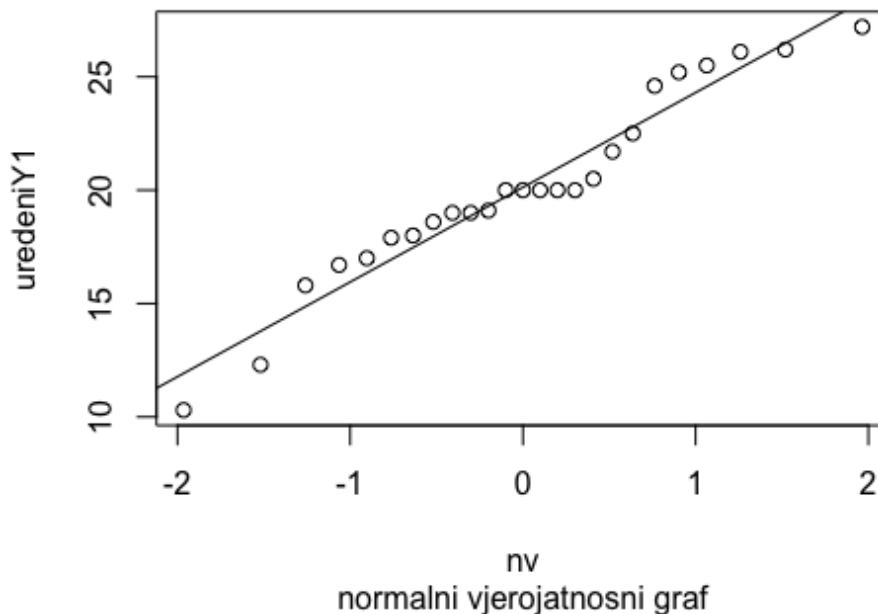
```
alternative hypothesis: two-sided
```

Vidimo da vrijednost testne statistike X_1 iznosi 0.22195, a p-vrijednost 0.1702 je veća od 0.05 stoga ne možemo odbaciti hipotezu H_0 . Podaci su normalno distribuirani. Moramo još provjeriti jesu li ostali uzorci ($Y_1, Z_1, W_1, X_2, Y_2, Z_2, W_2$) također normalno distribuirani. Analognim postupkom kao za X_1 , za uzorak Y_1 dobivamo graf:


```

> uredeniY1 = sort(Y1)
> uredeniY1
 [1] 10.3 12.3 15.8 16.7 17.0 17.9 18.0 18.6 19.0 19.0 19.1 20.0 20.0 20.0 20.0 20.0 20.5
[18] 21.7 22.5 24.6 25.2 25.5 26.1 26.2 27.2
> length(uredeniY1)
 [1] 25
> i=1:25
> i
 [1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25
> sd(uredeniY1)
 [1] 4.178369
> mean(uredeniY1)
 [1] 20.128
> plot(nv, uredeniY1, sub = "normalni vjerojatnosni graf")
> abline(mean(uredeniY1),sd(uredeniY1))

```



Kao i za X_1 , vidimo da su parovi točaka blizu pravca stoga možemo pretpostaviti da slučajni uzorak Y_1 pripada normalnoj distribuciji.

Provjerimo pretpostavku Kolmogorov-Smirnovljevim testom.

H_0 : podaci dolaze iz normalne distribucije

H_1 : ne H_0

```
> ks.test(Y1, "pnorm", mean(Y1), sd(Y1))
```

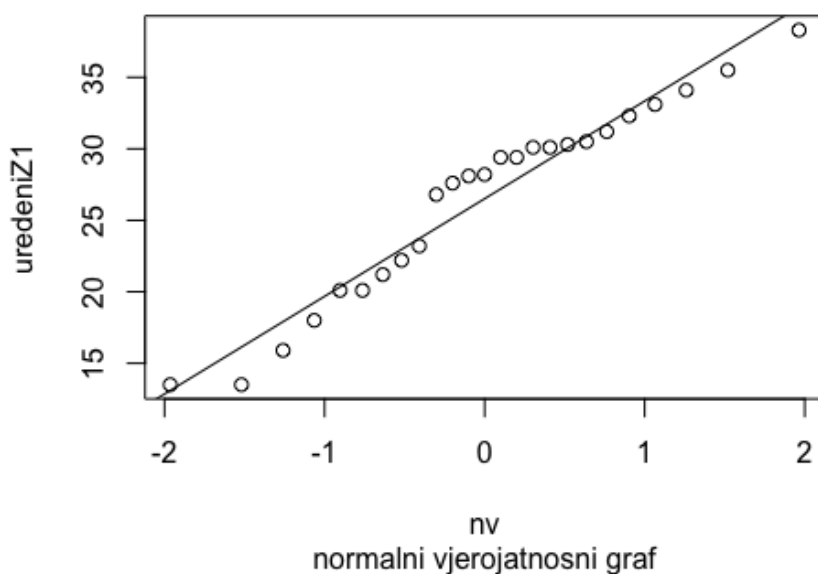
One-sample Kolmogorov-Smirnov test

```
data: Y1  
D = 0.15222, p-value = 0.6085  
alternative hypothesis: two-sided
```

Vidimo da vrijednost testne statistike D iznosi 0.15222, a p-vrijednost 0.6085 je veća od 0.05 stoga ne možemo odbaciti hipotezu H_0 . Slučajni uzorak Y_1 pripada normalnoj distribuciji.

Promotrimo sada preostale uzorke.

```
> uredeniZ1 = sort(Z1)  
> uredeniZ1  
[1] 13.5 13.5 15.9 18.0 20.1 20.1 21.2 22.2 23.2 26.8 27.6 28.1 28.2 29.4 29.4 30.1 30.1  
[18] 30.3 30.5 31.2 32.3 33.1 34.1 35.5 38.3  
> length(uredeniZ1)  
[1] 25  
> sd(uredeniZ1)  
[1] 6.828916  
> mean(uredeniZ1)  
[1] 26.508  
> plot(nv, uredeniZ1, sub = "normalni vjerojatnosni graf")  
> abline(mean(uredeniZ1),sd(uredeniZ1))
```



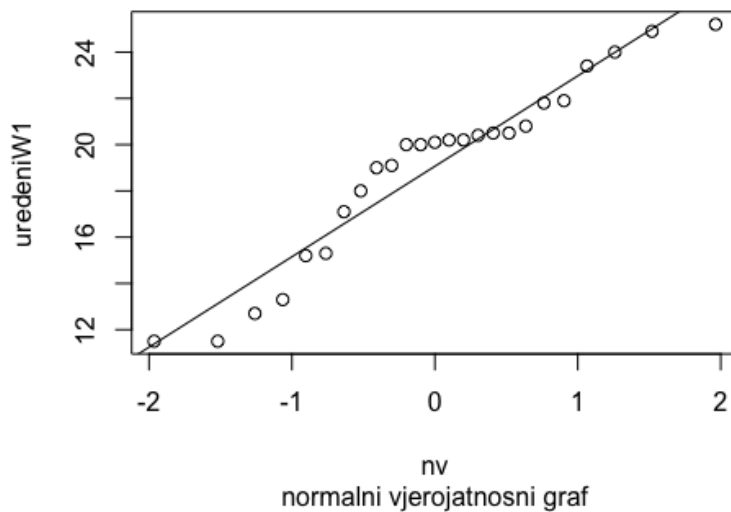
```
> ks.test(Z1, "pnorm", mean(Z1), sd(Z1))
```

One-sample Kolmogorov-Smirnov test

```
data: Z1  
D = 0.16352, p-value = 0.5158  
alternative hypothesis: two-sided
```

Ponovljenim postupkom i zaključkom, dolazimo do tvrdnje da slučajan uzorak Z1 pripada normalnoj distribuciji.

```
> uredeniW1 = sort(W1)  
> uredeniW1  
[1] 11.5 11.5 12.7 13.3 15.2 15.3 17.1 18.0 19.0 19.1 20.0 20.0 20.1 20.2 20.2 20.4 20.5  
[18] 20.5 20.8 21.8 21.9 23.4 24.0 24.9 25.2  
> length(uredeniW1)  
[1] 25  
> sd(uredeniW1)  
[1] 3.910337  
> mean(uredeniW1)  
[1] 19.064  
> plot(nv, uredeniW1, sub = "normalni vjerojatnosni graf")  
> abline(mean(uredeniW1),sd(uredeniW1))
```



```
> ks.test(W1, "pnorm", mean(W1), sd(W1))

One-sample Kolmogorov-Smirnov test

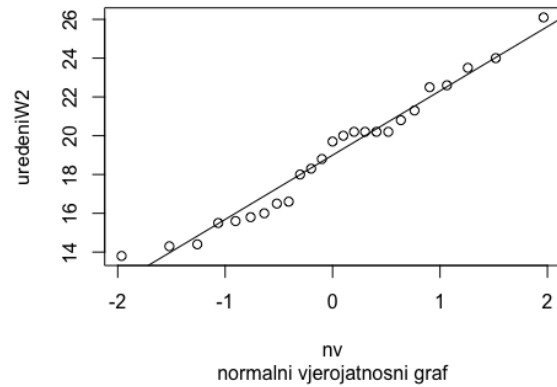
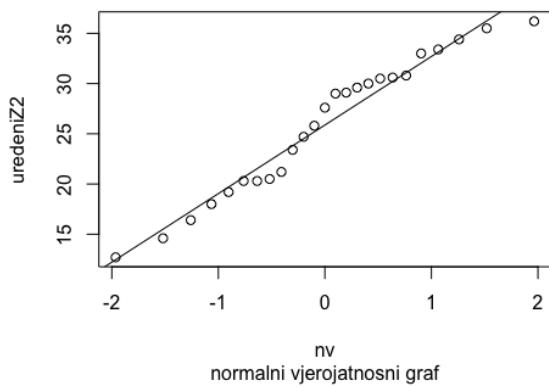
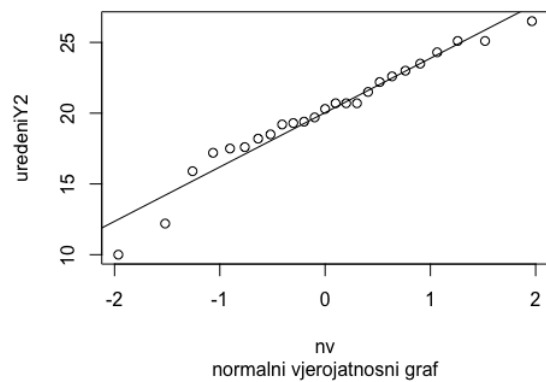
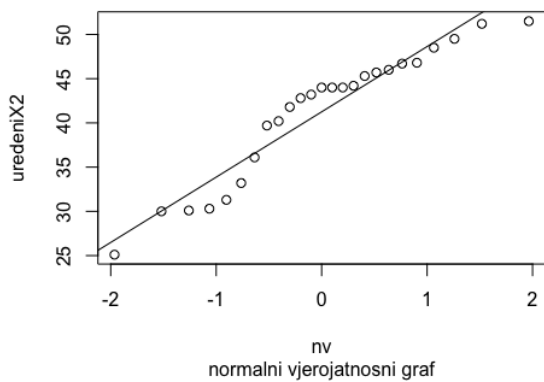
data:  W1
D = 0.19459, p-value = 0.3002
alternative hypothesis: two-sided
```

Kao i prije zaključujemo da je W1 normalno distribuiran.

Sada smo provjerili sve podatke za lijevo stopalo. Preostalo je još provjeriti pripadaju li mjere opsega pokreta za desno stopalo također normalnoj distribuciji. Prvo ćemo za svaki od uzoraka provjeriti grafički, a zatim kao i prije Kolmogorov-Smirnovljevimtestom.

```
> uredeniX2 = sort(X2)
> plot(nv, uredeniX2, sub = "normalni vjerojatnosni graf")
> abline(mean(uredeniX2),sd(uredeniX2))
> uredeniY2 = sort(Y2)
> plot(nv, uredeniY2, sub = "normalni vjerojatnosni graf")
> abline(mean(uredeniY2),sd(uredeniY2))
> uredeniZ2 = sort(Z2)
> plot(nv, uredeniZ2, sub = "normalni vjerojatnosni graf")
> abline(mean(uredeniZ2),sd(uredeniZ2))
> uredeniW2 = sort(W2)
> plot(nv, uredeniW2, sub = "normalni vjerojatnosni graf")
> abline(mean(uredeniW2),sd(uredeniW2))
```

Navedenim naredbama dolazimo do idućih grafova:



Vidimo da je slučaj isti kao i za lijevo stopalo, te da su za svaki uzorak parovi točaka vrlo blizu pravcu. Pretpostavljamo da svi dolaze iz normalne distribucije. Za svaku od njih hipoteze će biti jednake:

H_0 : podaci dolaze iz normalne distribucije

H_1 : ne H_0

```

> ks.test(X2, "pnorm", mean(X2), sd(X2))      > ks.test(Y2, "pnorm", mean(Y2), sd(Y2))

      One-sample Kolmogorov-Smirnov test      One-sample Kolmogorov-Smirnov test

data:  X2                                     data:  Y2
D = 0.18328, p-value = 0.3705                D = 0.11011, p-value = 0.9222
alternative hypothesis: two-sided            alternative hypothesis: two-sided

> ks.test(Z2, "pnorm", mean(Z2), sd(Z2))      > ks.test(W2, "pnorm", mean(W2), sd(W2))

      One-sample Kolmogorov-Smirnov test      One-sample Kolmogorov-Smirnov test

data:  Z2                                     data:  W2
D = 0.15657, p-value = 0.5722                D = 0.12518, p-value = 0.8282
alternative hypothesis: two-sided            alternative hypothesis: two-sided

```

Vidimo da su p-vrijednosti redom: 0.3705, 0.9222, 0.5722, 0.8282 te da je svaka od njih veća od 0.05 stoga smo potvrdili našu pretpostavku da su i podaci mjerenja opsega za desno stopalo također iz normalne distribucije. Nadalje, ispitanike ćemo podijeliti u skupine prema poziciji te usporediti mjere po svakoj poziciji kako bismo zaključili ovise li o poziciji. Kako bismo to napravili, radimo prvo 4 .txt datoteke za svako stopalo i svaku poziciju te ih učitavamo.

```

> lijevo0 = read.table("LijevoXPokretiXObrana-tablica.txt", header = TRUE)
> lijevoN = read.table("LijevoXPokretiXNapad-tablica.txt", header = TRUE)
> lijevoV = read.table("LijevoXPokretiXVezni-tablica.txt", header = TRUE)
> lijevoG = read.table("LijevoXPokretiXGolman-tablica.txt", header = TRUE)
> desno0 = read.table("DesnoXPokretiXObrana-tablica.txt", header = TRUE)
> desnoN = read.table("DesnoXPokretiXNapad-tablica.txt", header = TRUE)
> desnoV = read.table("DesnoXPokretiXVezni-tablica.txt", header = TRUE)
> desnoG = read.table("DesnoXPokretiXGolman-tablica.txt", header = TRUE)

```

```

> lijevo0
  PF  DF   I   E
1 40.2 10.3 30.1 20.2
2 30.1 15.8 20.1 20.2
3 44.4 26.1 38.3 23.4
4 45.0 25.5 35.5 20.5
5 23.7 20.0 29.4 12.7
6 36.4 17.0 22.2 19.1
7 41.7 22.5 28.2 17.1
> desno0
  PF  DF   I   E
1 39.7 10.0 29.6 19.7
2 30.3 15.9 20.3 20.2
3 44.0 25.1 36.2 22.5
4 46.8 26.5 33.4 23.5
5 25.1 23.0 18.0 16.5
6 36.1 19.2 21.2 20.2
7 51.5 23.5 23.4 16.6
> lijevoN
  PF  DF   I   E
1 46.0 12.3 33.1 21.9
2 20.5 20.0 18.0 20.0
3 40.2 19.0 21.2 18.0
4 44.5 18.0 13.5 15.3
5 43.0 27.2 26.8 11.5
> desnoN
  PF  DF   I   E
1 46.0 12.2 33.0 21.3
2 33.2 17.6 34.4 24.0
3 41.8 18.5 20.5 18.3
4 46.7 17.5 14.6 14.3
5 44.0 22.6 25.8 15.5
> lijevoV
  PF  DF   I   E
1 45.2 19.0 31.2 19.0
2 50.2 20.5 30.5 20.1
3 45.0 20.0 20.1 20.0
4 42.0 26.2 30.1 25.2
5 41.3 24.6 29.4 24.9
6 25.5 20.0 32.3 24.0
7 32.2 16.7 27.6 20.8
8 47.2 18.6 13.5 11.5
> desnoV
  PF  DF   I   E
1 44.0 19.3 30.0 18.0
2 51.2 20.7 30.8 20.2
3 45.7 20.7 20.3 20.2
4 44.2 24.3 29.1 22.6
5 42.8 25.1 30.5 26.1
6 30.1 21.5 24.7 20.0
7 31.3 19.7 27.6 15.8
8 48.5 17.2 12.7 13.8
> lijevoG
  PF  DF   I   E
1 45.1 20.0 30.3 20.4
2 39.6 19.1 34.1 15.2
3 42.9 17.9 15.9 13.3
4 28.0 21.7 28.1 21.8
5 49.1 25.2 23.2 20.5
> desnoG
  PF  DF   I   E
1 45.3 20.3 30.6 20.8
2 40.2 20.7 35.5 15.6
3 43.2 18.2 16.4 14.4
4 30.0 19.4 29.0 16.0
5 49.5 22.2 19.2 18.8

```

Ovime ćemo zapravo promatrati 32 slučajna vektora; za sve 4 pozicije po 4 mjere za lijevo i desno stopalo. Naime, mi očekujemo da su srednje vrijednosti mjera opsega na različitim pozicijama približno jednaki. U tu svrhu koristit ćemo ANOVA test. Analiza varijance (ANOVA) je kolekcija statističkih modela koja se koristi za analizu razlike između kolekcije aritmetičkih sredina i njima pridruženih varijanci. Mi koristimo oblik ANOVA-e koji pruža statistički test jednakosti između aritmetičkih sredina različitih populacija. Uspoređujemo 4 populacije (pozicije) iz normalne razdiobe (pokazano pomoću Kolmogorov-Smirnovljevog testa).

Uvedimo iduću legendu:

- 1- Obrana
- 2- Napad
- 3- Vezni
- 4- Golman

Neka je:

$X_i = \text{prosječna mjera igrača na } i - \text{toj poziciji}$

$\mu_i = EX_i \text{ za } i = 1, 2, 3, 4.$

Testiramo sljedeće hipoteze:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

$$H_1: \text{postoje } i, j \in \{1, 2, 3, 4\} \text{ t. d. je } \mu_i \neq \mu_j$$

```
> lijevoPF = lijevo0[,1]
> lijevoPF = c(lijevoPF, lijevoN[,1])
> lijevoPF = c(lijevoPF, lijevoV[,1])
> lijevoPF = c(lijevoPF, lijevoG[,1])
> lijevoPF
[1] 40.2 30.1 44.4 45.0 23.7 36.4 41.7 46.0 20.5 40.2 44.5 43.0 45.2 50.2 45.0 42.0 41.3
[18] 25.5 32.2 47.2 45.1 39.6 42.9 28.0 49.1
> lijevoDF = lijevo0[,2]
> lijevoDF = c(lijevoDF, lijevoN[,2])
> lijevoDF = c(lijevoDF, lijevoV[,2])
> lijevoDF = c(lijevoDF, lijevoG[,2])
> lijevoDF
[1] 10.3 15.8 26.1 25.5 20.0 17.0 22.5 12.3 20.0 19.0 18.0 27.2 19.0 20.5 20.0 26.2 24.6
[18] 20.0 16.7 18.6 20.0 19.1 17.9 21.7 25.2
> lijevoI = lijevo0[,3]
> lijevoI = c(lijevoI, lijevoN[,3])
> lijevoI = c(lijevoI, lijevoV[,3])
> lijevoI = c(lijevoI, lijevoG[,3])
> lijevoI
[1] 30.1 20.1 38.3 35.5 29.4 22.2 28.2 33.1 18.0 21.2 13.5 26.8 31.2 30.5 20.1 30.1 29.4
[18] 32.3 27.6 13.5 30.3 34.1 15.9 28.1 23.2
> lijevoE = lijevo0[,4]
> lijevoE = c(lijevoE, lijevoN[,4])
> lijevoE = c(lijevoE, lijevoV[,4])
> lijevoE = c(lijevoE, lijevoG[,4])
> lijevoE
[1] 20.2 20.2 23.4 20.5 12.7 19.1 17.1 21.9 20.0 18.0 15.3 11.5 19.0 20.1 20.0 25.2 24.9
[18] 24.0 20.8 11.5 20.4 15.2 13.3 21.8 20.5
```


Nadodali smo sve podatke za svaki opseg pokreta lijeve noge u jedan vektor kako bismo kasnije mogli izračunati aritmetičku sredinu za svaku mjeru za sve pozicije. Sada ćemo isto napraviti i za desnu nogu.

```
> desnoPF = desno0[,1]
> desnoPF = c(desnoPF, desnoN[,1])
> desnoPF = c(desnoPF, desnoV[,1])
> desnoPF = c(desnoPF, desnoG[,1])
> desnoPF
 [1] 39.7 30.3 44.0 46.8 25.1 36.1 51.5 46.0 33.2 41.8 46.7 44.0 44.0 51.2 45.7 44.2 42.8
[18] 30.1 31.3 48.5 45.3 40.2 43.2 30.0 49.5
> desnoDF = desno0[,2]
> desnoDF = c(desnoDF, desnoN[,2])
> desnoDF = c(desnoDF, desnoV[,2])
> desnoDF = c(desnoDF, desnoG[,2])
> desnoDF
 [1] 10.0 15.9 25.1 26.5 23.0 19.2 23.5 12.2 17.6 18.5 17.5 22.6 19.3 20.7 20.7 24.3 25.1
[18] 21.5 19.7 17.2 20.3 20.7 18.2 19.4 22.2
> desnoI = desno0[,3]
> desnoI = c(desnoI, desnoN[,3])
> desnoI = c(desnoI, desnoV[,3])
> desnoI = c(desnoI, desnoG[,3])
> desnoI
 [1] 29.6 20.3 36.2 33.4 18.0 21.2 23.4 33.0 34.4 20.5 14.6 25.8 30.0 30.8 20.3 29.1 30.5
[18] 24.7 27.6 12.7 30.6 35.5 16.4 29.0 19.2
> desnoE = desno0[,4]
> desnoE = c(desnoE, desnoN[,4])
> desnoE = c(desnoE, desnoV[,4])
> desnoE = c(desnoE, desnoG[,4])
> desnoE
 [1] 19.7 20.2 22.5 23.5 16.5 20.2 16.6 21.3 24.0 18.3 14.3 15.5 18.0 20.2 20.2 22.6 26.1
[18] 20.0 15.8 13.8 20.8 15.6 14.4 16.0 18.8
```

Prvo ćemo provesti ANOVA test za plantarnu fleksiju lijevog zgloba, a nakog toga i za 7 preostalih slučajeva.

Izračunajmo aritmetičku sredinu za svaku poziciju.

```
> lmean = numeric(4)
> lmean[1] = mean(lijevo0[,1])
> lmean[2] = mean(lijevoN[,1])
> lmean[3] = mean(lijevoV[,1])
> lmean[4] = mean(lijevoG[,1])
> lmean
 [1] 37.35714 38.84000 41.07500 40.94000
```

Sada ćemo izračunati varijancu za svaku poziciju.

```
> lvar = numeric(4)
> lvar[1] = var(lijevo0[,1])
> lvar[2] = var(lijevoN[,1])
> lvar[3] = var(lijevoV[,1])
> lvar[4] = var(lijevoG[,1])
> lvar
[1] 62.50952 109.70300 67.92214 64.24300
```

Računamo aritmetičku sredinu za sve igrače te računamo SST, SSE, MST te MSE koji su nam potrebni za f statistiku.

```
> nmean = mean(lijevoPF)
> nmean
[1] 39.56
> sst = crossprod(duljinauzoraka, (lmean-nmean)^2)
> sst
      [,1]
[1,] 64.44386
> sse = crossprod(duljinauzoraka-1, lvar)
> sse
      [,1]
[1,] 1546.296
> mst = sst/(4-1)
> mse = sse/(25-4)
> mst
      [,1]
[1,] 21.48129
> mse
      [,1]
[1,] 73.63315
```

Konačno, računamo f za ANOVU te kritično područje i p-vrijednost.

```

> f = mst/mse
> f
      [,1]
[1,] 0.2917339
> alfa = 0.05
> qf(1-alfa, 4-1, 25-4)
[1] 3.072467
> pv = 1-pf(f, 4-1, 25-4)
> pv
      [,1]
[1,] 0.8308765

```

Vidimo da je p-vrijednost veća od 0.05, stoga na razini značajnosti 5% ne možemo odbaciti hipotezu H_0 . Dakle, vidimo da pozicija igrača nema utjecaj na mjere opsega plantarne fleksije lijevog zgloba. Analognim postupkom ćemo napraviti za dorzalnu fleksiju, inverziju i everziju lijeve noge.

```

> #ANOVA ZA DF LIJEVOG ZGLOBA
> pv = 1-pf(f, 4-1, 25-4)
> pv
      [,1]
[1,] 0.9132525

```

```

> #ANOVA ZA INVERZIJU LIJEVOG STOPALA
> pv = 1-pf(f, 4-1, 25-4)
> pv
      [,1]
[1,] 0.4554072

```

```

> #ANOVA ZA EVERZIJU LIJEVOG STOPALA
> pv = 1-pf(f, 4-1, 25-4)
> pv
      [,1]
[1,] 0.4867839

```

Vidimo da u sva tri slučaja su p-vrijednosti veće od 0.05, stoga dolazimo do zaključka da pozicija ne ovisi o mjerama opsega za lijevo stopalo i zglob na nivou značajnosti 5%. Isti postupak uz iste hipoteze provesti ćemo na desni skočni zglob i stopalo.

```

> #ANOVA ZA PF DESNOG ZGLOBA > #ANOVA ZA DF DESNOG ZGLOBA
> pv = 1-pf(f, 4-1, 25-4) > pv=1-pf(f,4-1,25-4)
> pv > pv #=0.4924726
      [,1]
[1,] 0.8504677
      [,1]
[1,] 0.4924726

> #ANOVA ZA INVERZIJU DESNOG STOPALA > #ANOVA ZA EVERZIJU DESNOG STOPALA
> pv = 1-pf(f, 4-1, 25-4) > pv = 1-pf(f, 4-1, 25-4)
> pv > pv
      [,1]
[1,] 0.9993689
      [,1]
[1,] 0.5180382

```

Vidimo da je za desno stopalo situacija jednaka kao i za lijevo stoga možemo donijeti kompletan zaključak da mjere opsega pokreta (PF, DF, inverzija, everzija) ne ovise o poziciji igrača. Želimo usporediti mjere opsega pokreta igrača koji su uganuli skočni zglob sa onima koji nisu, te usporediti mjere opsega pokreta igrača koji imaju ravna stopala sa onim koji nemaju. Vidimo da oni koji su imali uganuće skočnog zgloba su oni koji su na anketnom listiću na 4. pitanju zaokružili slovo e). Sada ćemo napraviti 4 .txt datoteke sa mjerama; za one koji su imali uganuće lijevog skočnog zgloba, te za one koji nisu imali uganuće lijevog skočnog zgloba i za desno stopalo analogno. Uspoređujemo 2 populacije (ispitanike koji su imali uganuće te oni koji nisu) iz normalne razdiobe (pokazano pomoću Kolmogorov-Smirnovljevog testa).

Uzorci su nezavisni.

Uvedimo iduću legendu:

- 1- Imao uganuće skočnog zgloba
- 2- Nije imao uganuće skočnog zgloba

Neka je:

$$X_i = \text{prosječna mjera igrača koji } i$$

$$\mu_i = EX_i \text{ za } i = 1, 2.$$

Testiramo sljedeće hipoteze t-testom:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

```
> var(lijevoUZ[,1])  
[1] 100.1094  
> var(lijevoNU[,1])  
[1] 39.124  
> t.test(lijevoUZ[,1], lijevoNU[,1], var.equal = FALSE, alternative = "two.sided")
```

Welch Two Sample t-test

```
data: lijevoUZ[, 1] and lijevoNU[, 1]  
t = -1.6892, df = 11.605, p-value = 0.1178  
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0  
95 percent confidence interval:  
-14.278400  1.833955  
sample estimates:  
mean of x mean of y  
35.57778  41.80000
```

Vidimo da je $p = 0.1178 > 0.05$ stoga ne možemo odbaciti hipotezu H_0 u korist H_1 na nivou značajnosti H_1 . T-test smo proveli i na ostalim mjerama opsega te i za drugo stopalo i za svaki test je $p > 0.05$. Stoga konačno možemo zaključiti da mjere opsega pokreta skočnog zgloba i stopala ne ovise o tome dali je igrač imao uganuće skočnog zgloba ili ne. Svaki od ispitanika je na 7. pitanju definirao ima li ravna stopala ili ne. Ponovo ćemo grupirati ispitanike. Kao i prije, radimo 4 .txt datoteke sa mjerama. Uspoređujemo 2 populacije (ispitanike koji imaju ravna stopala te oni koji nemaju) iz normalne razdiobe (pokazano pomoću Kolmogorov-Smirnovljevog testa).

Uzorci su nezavisni.

Uvedimo iduću legendu:

- 1- Ima ravna stopala
- 2- Nema ravna stopala

Neka je:

$X_i = \text{prosječna mjera igrača koji } i$
 $\mu_i = EX_i \text{ za } i = 1, 2.$

Testiramo sljedeće hipoteze t-testom:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

```
> var(lijevoRS[,1])  
[1] 57.56982  
> var(lijevoNS[,1])  
[1] 74.09934  
> t.test(lijevoRS[,1], lijevoNS[,1], var.equal = FALSE, alternative = "two.sided")
```

Welch Two Sample t-test

```
data: lijevoRS[, 1] and lijevoNS[, 1]  
t = -0.59377, df = 15.552, p-value = 0.5612  
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0  
95 percent confidence interval:  
-9.241421 5.204656  
sample estimates:  
mean of x mean of y  
38.18750 40.20588
```

Kao i prije, vidimo da je $p = 0.5612 > 0.05$ stoga ne odbacujemo H_0 . Analogno smo proveli test i za ostale mjere lijevog stopala te za sve mjere desnog stopala i za svaki provedeni test dobili p-vrijednost veću od 0.05. Dakle, možemo zaključiti da mjere opsega pokreta skočnog zgloba i stopala ne ovise niti o tome dali ispitanik ima ravna stopala ili ne.

3. ZAKLJUČAK

Nakon svih provedenih testova i analiza donijeli smo nekoliko zaključaka. U opisnom dijelu smo donijeli neke zanimljive zaključke. Vidjeli smo da većina ispitanika ima barem neki problem sa stopalom. Pomoću dijagrama smo zaključili kako su najčešći problemi sa gležnjem istopalima žuljevi te uganuće skočnog zgloba. U inferencijalnom dijelu smo proveli nekoliko testova. Kako bismo ih proveli, prvo smo pokazali da podaci (mjere opsega pokreta) dolaze iz normalne distribucije. Kako bismo potvrdili pretpostavku s kojom smo krenuli u ovo istraživanje, proveli smo ANOVA test kojeg smo primijenili na nivou značajnosti 5%. Najprije smo uspoređivali mjere po svim pozicijama te dobili kako ne postoji razlika među mjerama igrača na različitim pozicijama. Ono što smo uočili u opisnom dijelu potaknulo nas je da provedemo t-test na podacima koje smo podijelili u dvije populacije – igrači s ravnim stopalima, te igrači koji nemaju ravna stopala.

Zaključili smo kako ravna stopala također nemaju utjecaj na mjere opsega pokreta. Također smo vidjeli da oni koji imaju ravna stopala najčešće koriste marku kopačke Adidas, dok s druge stranice oni koji nemaju ravna stopala preferiraju Nike. U opisnom dijelu također smo primijetili da je najčešća ozljeda upravo uganuće skočnog zgloba, stoga smo za kraj proveli t-test nad onima koji su imali tu ozljedu i onima koji nisu. Rezultat nas nije previše iznenadio jer smo i pretpostavili da ne postoji razlika u mjerama opsega pokreta među igračima koji su imali uganuće skočnog zgloba i onima koji ga nisu imali.

4.LITERATURA

- ARNASON A., SIGURDSSON, SB., GUDMUNDSSO, A., HOLME, I., ENGBRETTSEN L., BAHN, R., *Physical fitness, injuries, and team performance in soccer.*, Med Sci Sports Exerc. 2004., str.278–285.
- CHOMIAK, J., PETERSON, L., DVORAK, L., *Severe injuries in football players, Influencing factors*, Am J Sports Med. 2000., str.58–68.
- FANGHAENEL J., VINTER I. WALDEYEROVA, *Anatomija čovjeka*, 1. izdanje. Golden Marketing- Tehnička knjiga, Rijeka, 2009.
- GARRUCK, J., G., *The frequency of injury, mechanism of injury, and epidemiology of ankle sprains.* Phys Ther , 1977., str. 68-71.
- KEROS P., PEĆINA M., IVANČIĆ-KOŠUTA M., *Temelji anatomije čovjeka*, Naprijed, Zagreb, 1999.
- KNGF *Guideline for physical therapy in patients with acute ankle sprain – practice guidelines*, van der Wees, Ph. J. i sur., 2006.
- KRMPOTIĆ-NEMANIĆ J., MARUŠIĆ A., *Anatomija čovjeka, 2.*, Korigi, Medicinska naklada, Zagreb, 2007.
- JIMMY, Michael, Giles, Gyer, Ricky, Davis, *OSTEOPATIC AND CHIROPRACTIC TECHNIQUES FOR MANUAL THERAPIST, A comprehensive Guide to Spinal and Peripheral Manipulations* London, Philadelphia, Jessica Kingsley Publishers, 2017.
- MUELLER, M.J., *The ankle and foot complex.* In Levangie, P.K. & Norkin, C. C., *Joint Structure and Function*, ed 4. Philadelphia: FA Davis., 2005.
- OLNEY, S.J., *Gait.* In Levangie, P.K. & Norkin, C.C. (Eds.): *Joint Structure and Function*, ed 4. Philadelphia: FA Davis., 2005.
- PEĆINA, Marko, *Ortopedija Zagreb*, Naklada Ljevak, Zagreb, 2004.
- PEĆINA, Marko, HEIMER, Stjepan, *Športska medicina*, Naprijed, Zagreb, 1995.
- PLATZER W., *Sustav organa za pokretanje*, Medicinska naklada, Zagreb, 2003.
- RIDOLA, C., PALMA, A. *Functional anatomy and imaging of the foot. Italian journal of anatomy and embryology*, Archivio italiano di anatomia ed embriologia, 2000.

- JURDANA, Hardi, Resekcijska artroplastika s osteotomijom baze prve metatarzalne kosti u liječenju hallux valgusa, Medicinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Godina obrane rada, 2011.
- WEES, PH., J., *Guideline for physical therapy in patients with acute ankle sprain – practice guidelines*, 2006.
- YANG, S.M., *Dynamic changes of the arches of the foot during walking*, Acta medica Nagasakiensia, 1985., str 93-112.

PRILOZI

Anketni listić

1. Godina rođenja:
2. Pozicija:
 - Obrana
 - Vezni
 - Napad
 - Golman
3. Jeste li ikada imali problem sa stopalom?
 - Da
 - Ne
4. Koji od navedenih problema sa stopalom ste imali?
 - a) Prijelom ili operacije
 - b) Kožne bolesti
 - c) Natisci
 - d) Žuljevi
 - e) Uganuće skočnog zgloba
 - f) Problem sa tetivama, mišićima
 - g) Problem sa ligamentima
 - h) Problem sa Ahilovom tetivom
 - i) Ostalo (urasli nokti, promjena boje nokta, udarci)
5. Koristite li bandažu skočnog zgloba?
 - Da
 - Ne
6. Ako da, koliko dugo?
7. Imate li ravna stopala?
 - Da
 - Ne
8. Nosite li ortopedске uloške?
 - Da
 - Ne
9. Ako da, koliko dugo ih nosite?
10. Koje kopačke koristite?

