

SVEUČILIŠTE U RIJECI
MEDICINSKI FAKULTET

Antea Buterin

UTJECAJ MEHANIČKE OSOVINE OPTEREĆENJA DONJEG
EKSTREMITETA NA GORNJI I DONJI NOŽNI ZGLOB I
STOPALO KOD BOLESNIKA NAKON UGRADNJE TOTALNE
ENDOPROTEZE KOLJENA

Doktorski rad

Rijeka, 2025.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
MEDICINSKI FAKULTET

Antea Buterin

UTJECAJ MEHANIČKE OSOVINE OPTEREĆENJA DONJEG
EKSTREMITETA NA GORNJI I DONJI NOŽNI ZGLOB I
STOPALO KOD BOLESNIKA NAKON UGRADNJE TOTALNE
ENDOPROTEZE KOLJENA

Doktorski rad

Mentor: doc.dr.sc. Tomislav Prpić, dr.med.

Rijeka, 2025.

UNIVERSITY OF RIJEKA
FACULTY OF MEDICINE

Antea Buterin

THE INFLUENCE OF THE WEIGHT-BEARING MECHANICAL
AXIS OF THE LOWER EXTREMITY ON THE ANKLE AND
FOOT IN PATIENTS AFTER TOTAL KNEE ARTHROPLASTY

Doctoral thesis

Mentor: Asst. Prof. Tomislav Prpić, MD

Rijeka, 2025.

Mentor rada: doc. dr. sc. Tomislav Prpić, dr.med.

Doktorski rad obranjen je dana _____ na Medicinskom fakultetu
Sveučilišta u Rijeci, pred povjerenstvom u sastavu:

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

5. _____

Rad ima 109 listova.

UDK: _____

PREDGOVOR

Doktorski rad je izrađen na Klinici za ortopediju i traumatologiju Lovran pod mentorstvom doc. dr. sc. Tomislava Prpića, dr.med. spec. ortopedije.

Kao i svemir, znanost je beskonačna, uvijek postoji nešto novo za otkriti.

Veliko hvala doc. dr. sc. Tomislavu Prpiću i doc. dr. sc. Mireli Vučković na velikoj pomoći i podršci tijekom izrade doktorskog rada. Zahvaljujem se mojim kolegama ortopedima u Klinici za ortopediju i traumatologiju Lovran te fizioterapeutima Vedrani Zahariji i Sandri Španji Prpić koji su sudjelovali u provođenju istraživanja u sklopu ovog doktorskog rada. Zahvaljujem se mojim kolegicama i kolegama ortopedima u Specijalnoj bolnici za ortopediju Biograd na Moru koji su imali razumijevanja za moje izostanke tijekom pisanja doktorskog rada. Najveće hvala ide mom bratu Marku koji mi je prenio inženjerska znanja rada u AutoCAD-u i mojim roditeljima, majci Jasni i ocu Miroslavu koji su mi nesebično pružili podršku, razumijevanje i ljubav.

SAŽETAK

Cilj istraživanja: Cilj ovog istraživanja bio je ispitati utjecaj mehaničke osovine opterećenja na gornji i donji nožni zglob i stopalo kod bolesnika nakon ugradnje totalne endoproteze koljena.

Ispitanici i metode: Prospektivno istraživanje obuhvatilo je 79 bolesnika s primarnim, uznapredovalim osteoartritisom koljena. Svim bolesnicima učinjena je radiološka analiza posteroanteriornih radiograma cijelog donjeg ekstremiteta u opterećenju prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski. Funkcionalni status koljena i gležnja analiziran je primjenom validiranih upitnika, dok je distribucija opterećenja stopala analizirana dinamičkom pedobarografijom. Također su analizirani opseg pokreta koljena i intenzitet boli pomoću vizualno analogne ljestvice.

Rezultati: Usporedbom standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta utvrđena je statistički značajna razlika na razini koljena i na razini gležnja, prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski ($p < 0.001$). Nakon korekcije deformacije koljena ugradnjom totalne endoproteze postignuto je smanjenje razlike između ovih dviju osovina, s najsnažnijim učinkom kod bolesnika s izraženom varus deformacijom ($>15^\circ$). Pedobarografska analiza pokazala je lokalizirano povećanje maksimalnog plantarnog pritiska u stražnjoj regiji stopala operirane noge ($p = 0.002$), bez značajnih promjena u ukupnom opterećenju i ostalim regijama stopala. Analiza rezultata funkcionalnih upitnika pokazala je da su rezultati upitnika za gležanj bili statistički značajno bolji kod bolesnika kod kojih je razlika između standardne i mehaničke osovine opterećenja bila manja ($p = 0.019$).

Zaključak: Standardna mehanička osovina i mehanička osovina opterećenja donjeg ekstremiteta nisu međusobno zamjenjive. Korekcija mehaničke osovine koljena ugradnjom totalne endoproteze utječe na biomehaničke odnose u gležnju i stopalu, s izraženijim učinkom kod većih prijeoperacijski prisutnih deformacija. Iako nije dokazana dosljedna povezanost korekcije osovine s funkcionalnim statusom koljena, manja razlika među osovinama bila je povezana s boljim funkcionalnim statusom gležnja.

Ključne riječi: Artroplastika, Zamjena, Koljeno; Donji ekstremitet; Gležanj; Stopalo.

SUMMARY

Objectives: The aim of this study was to investigate the impact of the weight-bearing mechanical axis on the ankle, subtalar joint, and foot in patients after total knee arthroplasty.

Patients and Methods: This prospective study included 79 patients with primary, advanced knee osteoarthritis. All patients underwent radiological analysis of posteroanterior radiographs of the lower extremity preoperatively and three months postoperatively. The functional status of the knee and ankle was assessed using validated questionnaires, while foot loading distribution was analyzed through dynamic pedobarography. Additionally, the range of motion of the knee and pain intensity were evaluated using the visual analogue scale.

Results: Comparison between the standard mechanical axis and the weight-bearing mechanical axis of the lower extremity showed a statistically significant difference at both the knee and ankle levels, preoperatively and three months postoperatively ($p < 0.001$). Following correction of the knee deformity with total knee arthroplasty, a reduction in the difference between these two axes was achieved, with the greatest effect observed in patients with severe varus deformity ($>15^\circ$). Pedobarographic analysis demonstrated a localized increase in maximal plantar pressure in the posterior region of the operated foot ($p = 0.002$), without significant changes in total loading or in other foot regions. Functional outcome analysis showed that scores for the ankle were significantly better in patients with a smaller difference between the standard and weight-bearing mechanical axes ($p = 0.019$).

Conclusion: The standard mechanical axis and the weight-bearing mechanical axis of the lower extremity are not interchangeable. Correction of the mechanical axis of the knee through total knee arthroplasty affects biomechanical relationships at the ankle and foot, with a more evident effect in cases with greater preoperative deformities. Although no consistent association was found between axis correction and knee functional status, a smaller difference between the axes was associated with better ankle functional outcomes.

Key words: Ankle; Arthroplasty, Replacement, Knee; Foot; Lower extremity.

SADRŽAJ

1. UVOD I PREGLED PODRUČJA ISTRAŽIVANJA.....	1
1.1. Funkcionalna anatomija i biomehanika donjeg ekstremiteta	1
1.2. Hod	2
1.3. Osovine donjeg ekstremiteta	2
1.3.1. Mehanička osovina donjeg ekstremiteta	2
1.3.2. Anatomska osovina bedrene i goljenične kosti	3
1.3.3. Mehanička osovina opterećenja donjeg ekstremiteta	5
1.3.4. Radiološko mjerenje osovina donjeg ekstremiteta	7
1.3.4.1. Radiološko mjerenje osovina donjeg ekstremiteta u anteroposteriornj projekciji	7
1.3.4.2. Radiološko mjerenje osovine opterećenja donjeg ekstremiteta u posteroanteriornj projekciji	10
1.4. Osteoartritis koljena.....	12
1.4.1. Definicija, epidemiologija i klasifikacija osteoartritisa koljena.....	12
1.4.2. Radiološka dijagnostika i klasifikacija osteoartritisa koljena	13
1.5. Totalna endoproteza koljena	14
1.5.1. Klinička važnost ugradnje totalne endoproteze koljena	14
1.5.2. Biomaterijali i vrste primarne totalne endoproteze koljena.....	14
1.5.3. Prijeoperacijska priprema.....	16
1.5.4. Osovine za ugradnju totalne endoproteze koljena	16
1.6. Utjecaj osovine koljena na gornji, donji nožni zglob i stopalo.....	18
1.6.1. Utjecaj promjene osovine koljena na gornji, donji nožni zglob i stopalo 18	
1.6.2. Povezanost osteoartritisa koljena i gležnja	19
1.6.3. Promjene gornjeg, donjeg nožnog zgloba i stopala nakon ugradnje totalne endoproteze koljena	21
2. CILJ ISTRAŽIVANJA	26
3. ISPITANICI I METODE.....	28
3.1. Ispitanici.....	28
3.2. Metode.....	29
3.2.1. Mjerni instrumenti	30
3.2.1.1. Opseg pokreta u koljenskom zglobu	30
3.2.1.2. Procjena intenziteta boli	30
3.2.1.3. Funkcionalni status koljena i gležnja.....	31
3.2.1.3.1. Upitnik za ozljedu koljena i osteoartritis (KOOS)	31

3.2.1.3.2. Upitnik Američkog ortopedskog društva za stopalo i gležanj (AOFAS)	31
3.2.1.4. Posteroanteriorni radiogram cijelog donjeg ekstremiteta u opterećenju	32
3.2.1.5. Pedobarografija	37
3.3. Etički aspekti istraživanja	38
3.4. Statistička obrada podataka	39
4. REZULTATI	40
4.1. Tijek istraživanja	40
4.2. Demografske i kliničke značajke bolesnika u istraživanju	40
4.3. Procjena i usporedba intenziteta boli prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski	41
4.4. Procjena i usporedba funkcionalnog statusa koljena i gležnja prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski	42
4.5. Analiza radioloških mjerenja donjeg ekstremiteta	45
4.5.1. Analiza mehaničke osovine koljena prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski	45
4.5.2. Usporedba standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta te njihove međusobne razlike prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski	47
4.5.2.1. Usporedba standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na razini koljena i gležnja	50
4.5.2.1.1. Usporedba standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na razini koljena i gležnja prema dobnim skupinama	53
4.5.2.1.2. Usporedba standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na razini koljena i gležnja prema vrsti i stupnju deformacije koljena	53
4.5.3. Povezanost ispravljanja mehaničke osovine koljena s razlikom između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta	56
4.6. Pedobarografska analiza	59
4.6.1. Usporedba pedobarografske analize operirane i neoperirane noge prijeoperacijski	61
4.6.2. Usporedba pedobarografske analize operirane i neoperirane noge tri mjeseca poslijeoperacijski	62
4.6.3. Pedobarografska analiza po dobnim skupinama	63
4.7. Utjecaj razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja na funkcionalni oporavak bolesnika	64
4.8. Utjecaj prisutnosti simptoma u gležnju na funkcionalni oporavak bolesnika	67
4.9. Utjecaj mehaničke osovine koljena na funkcionalni status koljena i gležnja tri mjeseca poslijeoperacijski	70

5. RASPRAVA	72
6. ZAKLJUČCI	84
7. LITERATURA	86
POPIS TABLICA	94
POPIS SLIKA	95
POPIS POKRATA	97
PRIVITCI	98
ŽIVOTOPIS	105

1. UVOD I PREGLED PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

1.1. Funkcionalna anatomija i biomehanika donjeg ekstremiteta

Donji ekstremitet ima ključnu ulogu u održavanju stabilnosti tijela, kretanju i prijenosu opterećenja. Slobodan dio donjeg ekstremiteta ima tri dijela: natkoljenicu, potkoljenicu i stopalo. Kostur natkoljenice čini bedrena kost (lat. *femur*), a kostur pokoljenice čine goljenična (lat. *tibia*) i lisna (lat. *fibula*) kost. Kostur stopala sastoji se od dvadeset i šest kostiju, i to sedam kostiju zastopalja (lat. *tarsus*), pet kostiju sredostopalja (lat. *metatarsus*) i četrnaest članaka prstiju (lat. *phalanx*). Kosti donjeg ekstremiteta prenose masu zdjelice i gornjeg dijela tijela na podlogu. One osiguravaju tijelu čvrst oslonac i zajedno s mišićima sudjeluju u kretanju [1]. Koljenski zglob (lat. *articulatio genus*) je najveći i nasloženiji zglob u ljudskom tijelu. Povezuje donji kraj bedrene kosti i gornji kraj goljenične kosti. Lisna kost ne sudjeluje u strukturi koljenskog zgloba. Koljenskom zglobu također pripada i iver (lat. *patella*), kao sezamska kost uložena u tetivu četveroglavog mišića natkoljenice (lat. *musculus quadriceps femoris*). Gornji nožni zglob (lat. *articulatio talocruralis*), donji nožni zglob (lat. *articulatio subtalaris*) i stopalo čine jedinstvenu funkcionalnu cjelinu čiji je zadatak omogućiti stabilnost oslonca tijekom stajanja i kretanja [2].

Kada su opterećene duž svojih prirodnih osovina kosti donjeg ekstremiteta učinkovito raspoređuju masu preko zglobova, smanjujući energetske potrošnje potrebne za održavanje uspravnog stava tijela i kretanja. Odstupanje od normalnih biomehaničkih odnosa dovodi do neravnoteže koja rezultira većim mišićnim naporom, nepravilnim opterećenjem zglobova te povećanom potrošnjom energije. Navedene nepravilnosti mogu biti posljedica ozljeda, upalnih bolesti, degenerativnih procesa, urođenih bolesti ili metaboličkih poremećaja. Biomehanika donjeg ekstremiteta određena je interakcijom između kuka, koljena, gornjeg, donjeg nožnog zgloba i stopala. Svaka promjena u jednom zglobu može imati značajne posljedice na funkcionalnu stabilnost i raspodjelu opterećenja ostalih zglobova [3,4].

1.2. Hod

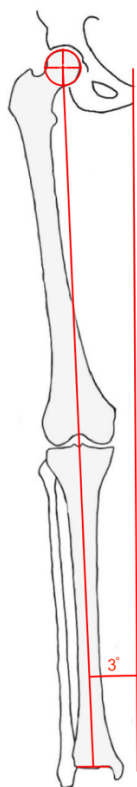
Hod je osnovni oblik ljudskog kretanja i predstavlja složen biomehanički proces koji omogućuje premještanje tijela s jedne točke na drugu. Karakterizira ga ponavljajući obrazac pokreta u kojem dolazi do koordinirane aktivnosti mišića, zglobova i živčanog sustava. Normalan hod sadrži dvije faze, fazu opterećenja obje noge i fazu opterećenja jedne noge. Dio hoda s opterećenjem obje noge vremenski je kraći. Brzina normalnog hoda iznosi oko 1.33 m/s, a u prosjeku se učini oko 60 ciklusa hoda u minuti što odgovara brojcima od 90 do 120 koraka. Pri opterećenju jedne noge razlikuje se faza oslonca i faza njihanja. Povećanjem brzine hoda ukupno trajanje hoda se skraćuje, pri čemu se faza oslonca skraćuje više u odnosu na fazu njihanja. Prva točka oslonca pri hodu je kvrga petne kosti (lat. *tuber calcanei*). Kontakt pete označava početak faze opterećenja pri hodu. Udarac petom je kratak i obično traje 10 – 20 milisekundi, nakon čega slijedi prijenos opterećenja na ostatak stopala. Najveće opterećenje pri hodu, ukupno oko 60% se prenosi na kvrgu petne kosti. Opterećenje prednjeg dijela stopala pri hodu se raspoređuje na glavu prve i pete metatarzalne kosti na način da formira biomehanički uporišni trokut stopala [2]. Pri stajanju raspodjela opterećenja stopala je drugačija. Analiza raspodjele opterećenja pokazala je da peta nosi 60% opterećenja, srednji dio stopala 8%, a prednji dio stopala 28%. Korištenje prstiju je minimalno, s prosječnim opterećenjem manjim od 4%. Najveći pritisak ispod prednjeg dijela stopala obično se nalazi ispod druge ili pete metatarzalne kosti, a ne ispod prve kao što je to slučaj pri hodu. Tijekom stajanja ne postoji funkcionalni transverzalni metatarzalni luk na razini glava metatarzalnih kostiju [5].

1.3. Osovine donjeg ekstremiteta

1.3.1. Mehanička osovina donjeg ekstremiteta

Mehanička osovina donjeg ekstremiteta, poznata i kao Mikuliczewa osovina je pravac koji povezuje sredinu glave bedrene kosti i sredinu gornjeg nožnog zgloba. Fiziološki, mehanička osovina je ravna linija, a prihvatljiva su odstupanja ako je središnja točka koljena pomaknuta do 4 ± 2 mm medijalno od mehaničke osovine donjeg ekstremiteta.

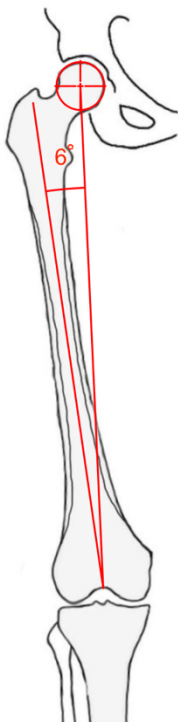
Središnjom točkom koljena uzima se sredina međuzglavčane uzvisine (lat. *eminentia intercondylaris*) goljenične kosti. Svako odstupanje od ovog raspona može ukazivati na poremećaj osovine donjeg ekstremiteta u frontalnoj ravnini: valgus deformaciju, ako linija prolazi lateralno, ili varus deformaciju, ako prolazi medijalno od središnje točke koljena. Kod izraženih varus deformacija, devijacija mehaničke osovine iznosi više od 15 mm medijalno, dok kod izraženih valgus deformacija devijacija mehaničke osovine iznosi više od 10 mm lateralno od središnje točke koljena. U uspravnom položaju tijela, mehanička osovina s okomitim pravcem koji prolazi od središta gravitacije, kroz sredinu tijela trećeg slabinskog kralješka do podloge, zatvara kut od 3° (Slika 1) [3,6].



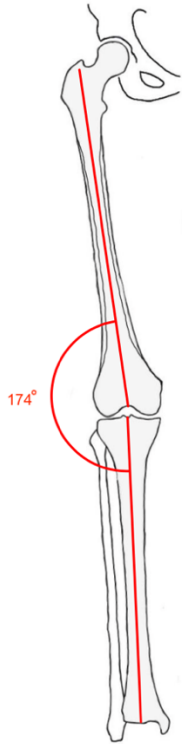
Slika 1. Mehanička osovina donjeg ekstremiteta. Shematski prikaz donjeg ekstremiteta s prikazanom mehaničkom osovinom (lijeva crvena linija), koja prolazi od sredine glave bedrene kosti do sredine gornjeg nožnog zgloba. Desna crvena linija označava vertikalni pravac. Kut između mehaničke osovine i vertikale iznosi 3° , što odgovara fiziološkoj valgus poziciji donjeg ekstremiteta (autorski crtež).

1.3.2. Anatomska osovina bedrene i goljenične kosti

Anatomska osovina bedrene kosti prolazi sredinom dijafize bedrene kosti, a s mehaničkom osovinom zatvara kut od 6° (Slika 2). Kut između te dvije osovine ovisi o duljini vrata bedrene kosti, kolodijafiznom kutu te o stupnju anteverzije proksimalnog dijela bedrene kosti. Anatomska osovina goljenične kosti prolazi sredinom dijafize goljenične kosti. Anatomska i mehanička osovina goljenične kosti se poklapaju. Kut što ga tvore anatomska osovina bedrene kosti i anatomska osovina goljenične kosti je tibiofemoralni kut (Slika 3). Vrijednosti tibiofemoralnog kuta pozitivne su kad je kut između bedrene i goljenične osi otvoren prema lateralno (valgus položaj koljena), a negativne su kad je kut između bedrene i goljenične kosti otvoren prema medijalno (varus položaj koljena). Tibiofemoralni kut fiziološki iznosi 174° , što odgovara valgus položaju koljena od 6° [3,6].



Slika 2. Odnos mehaničke i anatomske osovine bedrene kosti. Shematski prikaz bedrene kosti s prikazanim kutem od 6° između mehaničke i anatomske osovine, što odgovara fiziološkom valgus položaju bedrene kosti (autorski crtež).



Slika 3. Tibiofemoralni kut. Shematski prikaz anatomске osovine bedrene i goljenične kosti koje zatvaraju kut od 174° , što odgovara valgus položaju koljena od 6° (autorski crtež).

1.3.3. Mehanička osovina opterećenja donjeg ekstremiteta

Mehanička osovina opterećenja donjeg ekstremiteta je pravac koji povezuje sredinu glave bedrene kosti i najniži dio petne kosti. Guichet i suradnici 2003. godine prvi put su spomenuli postojanje mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta (engl. *weight-bearing axis*). U svom istraživanju istaknuli su kako se standardna mehanička osovina, definirana pravcem od sredine glave bedrene kosti do sredine gornjeg nožnog zgloba, tradicionalno koristi za određivanje osovine donjeg ekstremiteta, no pritom zanemaruje stopalo. Ideja o promjeni standardne mehaničke osovine na novu proizašla je iz ključne činjenice kako stopalo ne prenosi opterećenje na podlogu kroz sredinu gornjeg nožnog zgloba, već preko petne kosti, koja prva i izravno dolazi u kontakt s podlogom [7]. Desai i suradnici 2007. godine nastavili su istraživanje u istom smjeru, ali su pritom novu mehaničku osovinu donjeg ekstremiteta nazvali podnom mehaničkom osovinom (engl. *ground mechanical axis*). U svom istraživanju potvrdili su kako stopalo ima značajan utjecaj na biomehaničku raspodjelu opterećenja donjeg

ekstremiteta te da standardna metoda mjerenja može dovesti do pogrešaka u procjeni osovine, osobito kod bolesnika s deformacijama stopala i varus deformacijom koljena [8]. Haraguchi i suradnici 2015. godine nadogradili su prethodne definicije mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta precizno definirajući pravac od sredine glave bedrene kosti do najnižeg dijela petne kosti (Slika 4) [9]. Tanaka i suradnici 2017. godine proveli su radiološku analizu osovine donjeg ekstremiteta uspoređujući standardnu mehaničku osovinu s mehaničkom osovinom opterećenja na posteroanteriornom radiogramu cijelog donjeg ekstremiteta u opterećenju, u zdravih ispitanika i bolesnika s varus deformacijom koljena. Ustanovili su da se ove dvije osovine statistički značajno razlikuju i u zdravih ispitanika i u bolesnika s OA koljena [10].



Slika 4. Mehanička osovina opterećenja donjeg ekstremiteta. Na posteroanteriornom radiogramu cijelog donjeg ekstremiteta prikazana je mehanička osovina opterećenja (crvena linija), koja je definirana kao pravac od sredine glave bedrene kosti do najnižeg dijela petne kosti.

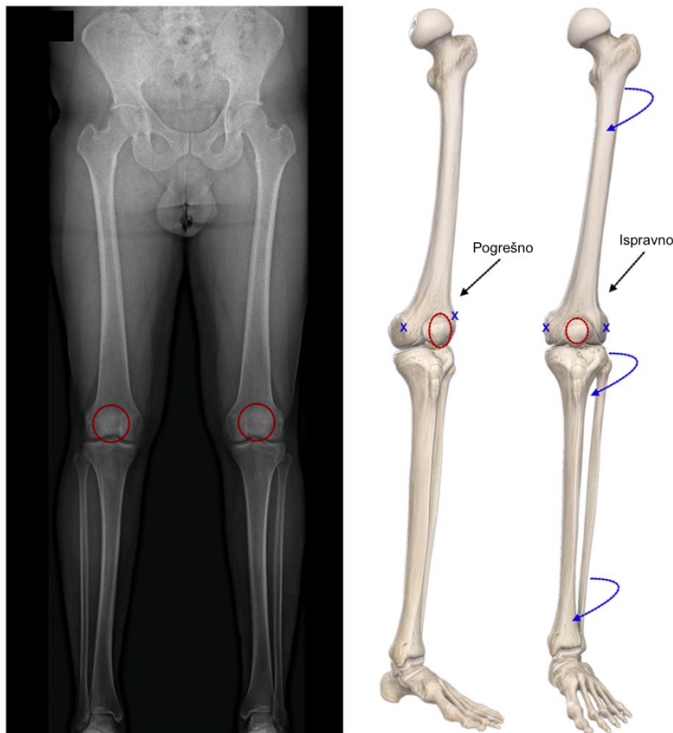
(Preuzeto iz: Haraguchi N, Ota K, Tsunoda N, Seike K, Kanetake Y, Tsutaya A. Weight-Bearing-Line Analysis in Supramalleolar Osteotomy for Varus-Type Osteoarthritis of the Ankle. J Bone Joint Surg Am 2015;97(4):333-9.)

1.3.4. Radiološko mjerenje osovina donjeg ekstremiteta

1.3.4.1. Radiološko mjerenje osovina donjeg ekstremiteta u anteroposteriornoj projekciji

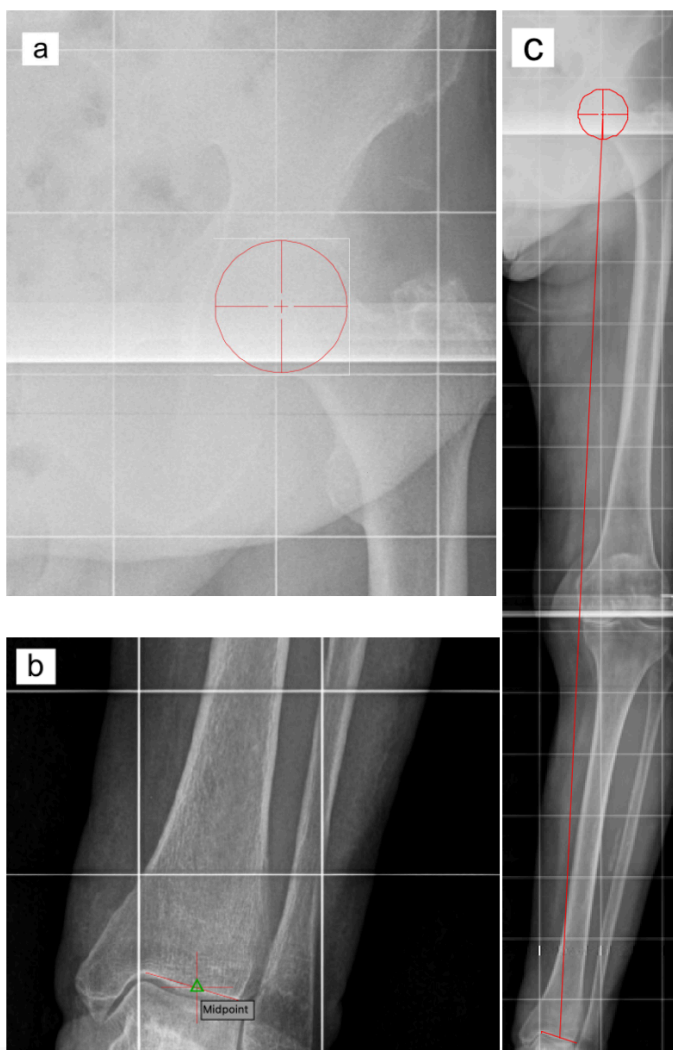
Radiološko mjerenje osovina donjeg ekstremiteta ključno je za dijagnosticiranje i planiranje liječenja. Kako bismo izmjerili mehaničku osovinu donjeg ekstremiteta primjenjuju se različite radiološke projekcije, preporučljivo u opterećenju. Tradicionalno se u određivanju mehaničke osovine koristi anteroposteriorna (AP) radiološka projekcija cijelog donjeg ekstremiteta u opterećenju. Optimalna evaluacija mehaničke osi postiže se primjenom AP radiografije s horizontalno usmjerenim rendgenskim snopom, pri čemu snimanje obuhvaća kuk, koljeno i gležanj, dok bolesnik stoji u fiziološkom opterećenju, ravnomjerno raspoređujući tjelesnu težinu. Standardizacija položaja bolesnika ključna je za osiguranje dosljednosti rezultata mjerenja, pri čemu je posebno važna kontrola rotacije ekstremiteta kako bi se izbjegla odstupanja i osigurala pravilna orijentacija (Slika 5). Iver se mora nalaziti u sredini kondila bedrene kosti, a za postizanje ovog položaja obično je potrebno 8 – 10° vanjske rotacije stopala [6]. Promjene u rotaciji ekstremiteta, položaju stopala i fleksiji koljena utječu na projekciju osovine na dobivenom radiogramu. Primjerice, dokazano je da povećana vanjska rotacija donjeg ekstremiteta povećava privid poremećaja osovine u smislu varusa. Tradicionalno se procjena sredine glave bedrene kosti provodila korištenjem Moseovih krugova na konvencionalnim radiogramima. Međutim, s razvojem digitalne radiologije, postupak je unaprijeđen, omogućujući veću točnost i jednostavnost. Primjena Moseovih krugova na digitalnim radiogramima temelji se na korištenju koncentričnih kružnica različitih promjera koje se postavljaju tako da najbolje odgovaraju konturi zglobne površine glave femura, a središte kružnice predstavlja sredinu glave bedrene kosti. Nakon inicijalnog određivanja središta, dodatna provjera može se provesti crtanjem nekoliko međusobno okomitih dijametara unutar odabranog kruga, pri čemu se njihovo sjecište uzima kao konačna sredina glave bedrene kosti. Određivanje središta gornjeg nožnog zgloba provodi se identifikacijom središnje točke goljenične zglobne plohe, koja predstavlja referentnu točku za mehaničku osovinu goljenične kosti. Sredina goljenične zglobne plohe određuje se korištenjem digitalnog ravnala postavljenog na digitalni radiogram.

Spajanjem ove dvije točke dobije se pravac koji odgovara mehaničkoj osovini donjeg ekstremiteta (Slika 6). Kako bi točno izračunali vrijednosti tibiofemoralnog kuta nužno je odrediti anatomske osovine bedrene i goljenične kosti. Radi postizanja točnosti mjerenja, referentne točke za bedrenu i goljeničnu osovину postavljaju se na dvije razine, 10 cm iznad i ispod zglobne linije koljena te u sredini dijafize bedrene i goljenične kosti [6,11].



Slika 5. Adekvatna projekcija radiograma donjeg ekstremiteta za radiološka mjerenja. Lijevo: Anteroposteriorni radiogram cijelih donjih ekstremiteta s pravilnom rotacijom ekstremiteta, iver je centriran između kondila bedrene kosti. Desno: Shematski prikaz pogrešnog (lijevo) i ispravnog(desno) položaja donjeg ekstremiteta.

(Preuzeto iz: Marques NL, Varatojo R. Radiological assessment of lower limb alignment. EFORT Open Rev 2021;6:487-94.)



Slika 6. Određivanje mehaničke osovine donjeg ekstremiteta pomoću digitalnog alata. Prikaz metode određivanja mehaničke osovine na anteroposteriornom radiogramu cijelog donjeg ekstremiteta.

- (a) Primjena koncentrične kružnice sa automatskim određivanjem sredine glave bedrene kosti na radiogramu glave femura radi preciznog određivanja njezinog središta;
- (b) Određivanje sredine gornjeg nožnog zgloba pomoću digitalnog ravnala i automatskog određivanja sredine linije;
- (c) Mehanička osovina donjeg ekstremiteta je pravac koji nastaje spajanjem sredine glave bedrene kosti i sredine zglobne plohe gornjeg nožnog zgloba (autorske slike, dobivena pomoću AutoCAD programske podrške).

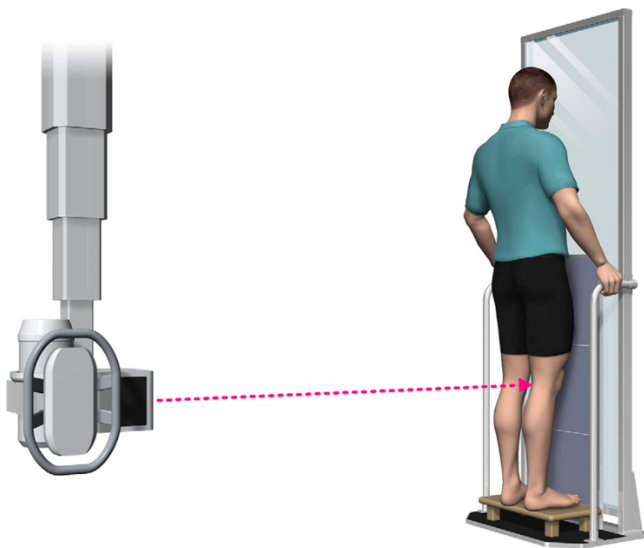
1.3.4.2. Radiološko mjerenje osovine opterećenja donjeg ekstremiteta u posteroanteriornoj projekciji

Haraguchi i suradnici u svom istraživanju 2015. godine prvi put su opisali posteroanteriornu (PA) projekciju cijelog donjeg ekstremiteta u opterećenju kojom su analizirali mehaničku osovinu opterećenja donjeg ekstremiteta, od centra glave bedrene kosti do najniže točke petne kosti. Takva projekcija po prvi put na istom radiogramu prikazala je cijeli donji ekstremitet, od zgloba kuka do petne kosti [9]. I ranije su neki autori imali pokušaje prikaza petne kosti na radiogramu cijelog donjeg ekstremiteta, ali u AP projekciji. Guichet i suradnici su 2003. godine pokušali radiološki prikazati i analizirati petnu kost omotavši je metalnom žicom, pri čemu su njen najdistalniji dio uzeli kao završetak mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta [7]. Istu tehniku reproducirali su Desai i suradnici 2007. godine uz modifikaciju snimanog radiograma u opterećenju obje noge te u opterećenju samo jedne noge [8]. Glavni nedostatak ove metode je utjecaj antropometrijskih čimbenika poput tjelesne mase i debljine potkožnog masnog tkiva na preciznost određivanja osovine.

Potreba za novom radiološkom projekcijom i uključivanjem petne kosti u mehaničku osovinu donjeg ekstremiteta proizašla je iz spoznaje da standardne radiološke projekcije ne pružaju cjelovit uvid u biomehaničko opterećenje donjeg ekstremiteta. Dosadašnje opterećenje donjeg nožnog zgloba analizirano je bilo samo isključivo u odnosu na distalnu osovinu goljenične kosti. Standardna mehanička osovina donjeg ekstremiteta zanemaruje činjenicu da pri hodu prva točka oslonca nije sredina gornjeg nožnog zgloba, već petna kost. Kako bi se prevladale ove manjkavosti, Haraguchi i suradnici posteroanteriornom projekcijom cijelog donjeg ekstremiteta omogućili su analizu mehaničke osovine opterećenja cijelog donjeg ekstremiteta na jednom radiogramu. Njihova analiza naglasila je važnost za uključivanje stopala u radiološku evaluaciju donjeg ekstremiteta sa svrhom postavljanja preciznije dijagnoze i planiranja liječenja.

Tehnika snimanja PA projekcije cijelog donjeg ekstremiteta izvodila se na način da bolesnik stoji bos na radiolucetnoj podlozi s prednjim dijelom tijela okrenutim prema dugoj kazeti. Kako bi najniža točka petne kosti bila vidljiva na radiogramu, kazeta se

postavljala tako da njen donji rub prelazi rub platforme. Rendgenska zraka bila je usmjerena s udaljenosti od 2 metra sa stražnje strane bolesnika (Slika 7). Napon i struja iznosili su 85 kV i 200 mA. Kao i kod AP projekcije posebno je bila važna kontrola rotacije ekstremiteta kako bi se izbjegla odstupanja u dobivenoj osovini donjeg ekstremiteta. Kao referentna anatomska struktura u kontroli rotacije ekstremiteta, koristio se iver, a ne gležanj ili stopalo. Donji ekstremitet se pozicionirao u takvu rotaciju da je iver na dobivenom radiogramu bio postavljen između medijalnog i lateralnog kondila bedrene kosti. Ranije se orijentacija stopala koristila za kontrolu rotacije donjeg ekstremiteta pri snimanju stražnjeg dijela stopala, pri čemu se stopalo postavljalo paralelno s rendgenskom zrakom. Također ranije se za kontrolu rotacije koristio i gležanj na način da je transmaleolarna osovina bila okomita na rendgensku zraku. Međutim kod bolesnika sa poremećajem osovine gležnja i stopala ovakav pokušaj kontrole rotacije dovodio do značajnijih odstupanja u osovini [9,12].



Slika 7. Tehnika snimanja posteroanteriorne projekcije cijelog donjeg ekstremiteta

(Preuzeto iz: Haraguchi N, Ota K, Tsunoda N, Seike K, Kanetake Y, Tsutaya A. Weight-Bearing-Line Analysis in Supramalleolar Osteotomy for Varus-Type Osteoarthritis of the Ankle. J Bone Joint Surg Am 2015;97(4):333-9.)

1.4. Osteoartritis koljena

1.4.1. Definicija, epidemiologija i klasifikacija osteoartritisa koljena

Osteoartritis (OA) je kronična, degenerativna, progresivna i multifaktorijalna bolest zglobova koja podrazumijeva nastanak degenerativnih promjena zglobne hrskavice koje u konačnici dovode i do promjena ostalih dijelova zglobova. OA je najčešća kronična bolest koljena i lokomotornog sustava uopće u srednjoj i starijoj životnoj dobi. OA se više ne smatra isključivo degenerativnom bolešću mehaničke etiologije, već se danas definira kao upalna bolest s obzirom na dokazanu prisutnost upalnih medijatora [13]. Klinički se prezentira s boli, ograničenjem opsega pokreta i smanjenjem funkcije zglobova. Po učestalosti, OA se upravo najčešće pojavljuje na zglobov koljena. Produljenjem životnog vijeka povećava se i broj ljudi koji boluju od OA. Incidencija i prevalencija OA koljena u općoj populaciji je velika, svaki treći čovjek stariji od 65 godina boluje od OA koljena [14]. OA koljena je češći u žena i u afroameričkoj populaciji [15]. Čimbenici rizika za OA jesu dob, spol, rasna pripadnost, genetska predispozicija, prethodna ozljeda zglobova, izmijenjena biomehanika i povećan indeks tjelesne mase (ITM). Razlikujemo primarni i sekundarni OA. Primarni ili idiopatski OA je bolest nepoznate etiologije, ali dokazanog proupalnog karaktera koja je češća u starijoj životnoj dobi. Do OA dolazi zbog nejasne slabosti zglobne hrskavice pri normalnom opterećenju zglobova. Sekundarni OA nastaje zbog poznatog uzroka, postoji preopterećenje zglobova, nastalo zbog posljedice drugih bolesti i promijenjenih odnosa zglobnih tijela [16]. Mehanička osovina koljena predstavlja ključni biomehanički parametar koji određuje raspodjelu opterećenja unutar zglobova. Svako odstupanje od fiziološke osovine donjeg ekstremiteta rezultira promijenjenom distribucijom sila unutar zglobova, što može pridonijeti progresiji degenerativnih promjena. Prema dostupnoj literaturi, koljena s varus deformacijom, kod kojih se središte koljena nalazi lateralno od mehaničke osovine donjeg ekstremiteta, imaju gotovo četiri puta veći rizik za progresiju OA medijalnog odjeljka koljena u usporedbi s fiziološki usmjerenim koljenima. S druge strane, koljena s valgus usmjerenjem, kod kojih je središte koljena pomaknuto medijalno u odnosu na mehaničku donjeg ekstremiteta, pokazuju gotovo pet puta veći rizik za progresiju OA lateralnog odjeljka koljena [17].

1.4.2. Radiološka dijagnostika i klasifikacija osteoartritisa koljena

Dijagnoza OA koljena postavlja se na temelju anamneze, kliničke slike i pregleda bolesnika te radiološke obrade. Osnovna radiološka obrada uključuje rendgensku snimku koljena u tri smjera; AP, lateralnu i aksijalnu snimku ivera. Radiološke karakteristike OA uključuju suženje zglobne pukotine, prisutnost osteofita, formiranje subhondralnih cista te skleroze subhondralne kosti, a njihova izraženost varira ovisno o stupnju uznapređovalosti bolesti, pri čemu rani stadiji karakteriziraju blaže promjene u vidu početnog suženja zglobne pukotine i manjih osteofita, dok u kasnijim fazama dolazi do značajnog gubitka zglobnog prostora, izražene subhondralne skleroze i formiranja cisti, što odražava progresivnu degeneraciju zglobne hrskavice i subhondralnih struktura. Najčešća metoda za radiološko definiranje OA je Kellgren-Lawrence (K-L) klasifikacija za radiološku procjenu OA (Tablica 1) [18,19].

Tablica 1. Kellgren-Lawrence klasifikacija osteoartritisa koljena

(modificirano iz: Kohn MD, Sassoon AA, Fernando ND. Classification in Brief: Kellgren-Lawrence Classification of Osteoarthritis. Clin Orthop Relat Res 2016;474(8):1886-93.)

Stupanj	Opis
0	Nema radioloških znakova osteoartritisa
1	Bez jasnog suženja zglobne pukotine, naznake osteofita i/ili ušiljenje međuzglavčane uzvisine
2	Blago suženje zglobne pukotine, postojanje osteofita
3	Suženje zglobne pukotine, značajni osteofiti, rubna subhondralna skleroza, moguće deformacije krajeva kosti

4	Gubitak zglobne pukotine, značajni osteofiti, značajna subhondralna skleroza, očite deformacije krajeva kosti
---	---

1.5. Totalna endoproteza koljena

1.5.1. Klinička važnost ugradnje totalne endoproteze koljena

Ugradnja endoproteza danas predstavlja jedno od najznačajnijih dostignuća suvremene kirurgije, omogućujući smanjenje boli i poboljšanje pokretljivosti zahvaćenih zglobova. Time se ostvaruje temeljni cilj ortopedske rekonstruktivne kirurgije, obnavljanje funkcionalne pokretljivosti zgloba. Koljeno je zglob najčešće pogođen OA pa se trenutno u svijetu ugradi najviše endoproteza koljena, čak i mnogo više nego endoproteza kuka [20]. U posljednja dva desetljeća zabilježen je značajan porast operacijskih zahvata ugradnje TEP koljena [21]. Razlozi porasta operacijskog zahvata ugradnje TEP koljena su: produljenje životnog vijeka, pretilost, veća prevalencija OA, napredak u kirurškim tehnikama, povećan broj ugrađenih endoproteza u mlađoj populaciji te rastuća očekivanja za održavanje aktivnog načina života u starijoj dobi. Operacijski zahvat ugradnje TEP koljena indiciran je kod onih bolesnika sa uznapredovalim OA koljena kod kojim se konzervativnim liječenjem (nefarmakološkim i farmakološkim) ne može postići odgovarajuća kontrola simptoma, odnosno kvaliteta života. Operacijski zahvat ugradnje TEP koljena predstavlja zadnju kariku u liječenju kod bolesnika sa uznapredovalim OA koljena.

1.5.2. Biomaterijali i vrste primarne totalne endoproteze koljena

Tehnika ugradnje TEP koljena značajno je unaprijeđena razvojem biomaterijala, napretkom tehnologije i usavršavanjem operacijskih postupaka. Femoralna komponenta endoproteze najčešće je izgrađena od legure kobalta, kroma i molibdena zbog njihove izdržljivosti, dok je tibijalna komponenta izgrađena na bazi titana zbog

njegove veće mogućnosti elasticiteta koji je sličniji modulu elastičnosti same kosti. Na taj način se pokušava smanjiti opterećenje na rubne dijelove kosti. Polietilenski umetak koji se postavlja na metalnu tibijalnu komponentu kod endoproteze izgrađen je od polietilena ultravisoke molekularne gustoće. To je ekstremno inertna plastika s velikom rezistencijom na deformacije, bez akutne toksičnosti, oksidacije ili kemijskih promjena nakon ugradnje. Polietilen je u potpunosti netopiv u ljudskom tijelu. S obzirom na način fiksacije za kost, primarne TEP koljena dijele se na cementne i bescementne. Kemijski sastav koštanog cementa je polimetilmetakrilat i sastoji se od dvije komponente, monomerne tekućine i polimernog praha koji se međusobno miješaju.

TEP koljena podrazumijeva zamjenu kompletnog zgloba, medijalnog i lateralnog femorotibijalnog dijela sa ili bez ugrađene komponente ivera. Primarne TEP koljena se mogu podijeliti u dvije grupe s obzirom na različitost njihovog osnovnog dizajna: TEP koljena s fiksnom platformom, kod kojih se polietilenski umetak postavlja unutar metalnog dijela endoproteze i TEP koljena s rotirajućom platformom (engl. *mobile bearing*) koja svojim dizajnom omogućavaju pokretljivost polietilenskog umetka u odnosu na metalni dio endoproteze. Također, postoje modeli s polietilenskim umetkom koji se izravno cementira u tibijalnu kost, bez metalne baze (engl. *all poly*). U svakoj od prethodno navedenih podgrupa, TEP koljena se nadalje mogu podijeliti u dvije grupe: one koje svojim dizajnom čuvaju stražnju ukriženu svezu (CR, engl. *cruciate retaining*) i one koje žrtvuju stražnju ukriženu svezu (PS, engl. *posterior stabilised*).

CR model je minimalno ograničena endoproteza koja ovisi o intaktnoj stražnjoj ukriženoj svezi kako bi se osigurala stabilnost koljena u fleksiji. Indikacije za ugradnju su uznapredovali OA sa minimalnim gubitkom kosti i minimalnom neravnotežnom mekih tkiva. Prednost je manja resekcija distalnog dijela bedrene kosti te poboljšana propriocepcija zbog očuvanja stražnje ukrižene sveze. Nedostatci ove endoproteze u slučaju pogrešne indikacije i zategnute stražnje ukrižene sveze su ubrzano trošenje polietilenskog umetka te u slučaju slabosti stražnje ukrižene sveze nestabilnost u fleksiji i subluksacije koljena. PS model je restriktivnija vrsta endoproteze koja zahtijeva žrtvovanje stražnje ukrižene sveze. Uklanjanje stražnje ukrižene sveze povećava fleksijski razmak u usporedbi s ekstenzijskim tako da se mora paziti na ravnotežu kako bi se izbjegla neusklađenost fleksije i ekstenzije. Femoralna

komponenta zahtijeva veću četvrtastu resekciju distalnog dijela bedrene kosti, a polietilenski umetak sukladno tome sadrži veći središnji stup koji odgovara četvrtastoj resekciji i omogućuje veću stabilnost zgloba [22].

1.5.3. Prijeoperacijska priprema

Prijeoperacijska priprema ključan je preduvjet uspješnog operacijskog zahvata ugradnje TEP koljena te obuhvaća sveobuhvatan pristup bolesniku, uključujući anamnezu, klinički pregled, radiološku obradu i analizu, određivanje optimalnog operacijskog pristupa te izbor adekvatnog modela endoproteze. Radiološka obrada sastavni je dio planiranja i uključuje snimku cijelog donjeg ekstremiteta u stojećem položaju, lateralnu projekciju koljena te aksijalnu snimku ivera, čime se omogućuje precizna procjena anatomskih odnosa i potencijalnih patoloških promjena. Radiološke pretrage i mjerenja imaju ključnu ulogu u postavljanju točne dijagnoze, određivanju prognoze bolesti, odabiru optimalnog terapijskog pristupa te procjeni uspješnosti kirurškog liječenja. Radiološka analiza osovina donjeg ekstremiteta omogućuje objektivizaciju odstupanja od fizioloških vrijednosti kako bi se iste nastojale ispraviti operacijskim zahvatom. Također, radiološka analiza ima prognostičku vrijednost u smislu predviđanja tijeka bolesti te optimizacije funkcionalnih ishoda nakon ugradnje TEP koljena. Pravilno pozicioniranje TEP koljena u svim trima ravninama jedan je od ciljeva jer ima vrlo važnu ulogu na klinički rezultat i preživljavanja endoproteze. Pozicioniranje TEP koljena u frontalnoj ravnini od primarne je važnosti jer ona čini osnovu po kojoj se određuje položaj u ostalim ravninama [23].

1.5.4. Osovine za ugradnju totalne endoproteze koljena

Jedan od ciljeva ugradnje TEP koljena jest rekonstrukcija mehaničke osovine donjeg ekstremiteta u skladu s fiziološkim vrijednostima. U nastojanju da se postigne optimalna osovina opterećenja nakon operacijskog zahvata, razvijene su različite kirurške tehnike i koncepti osovine pri ugradnji TEP koljena, među kojima se najčešće

primjenjuju mehanička, anatomska ili kinematička osovina. Kako bi se poboljšala preciznost postavljanja TEP koljena u željenu osovinu, razvijene su različite tehnološke inovacije, uključujući računalno navođenu kirurgiju, bolesniku specifično prilagođene instrumente i robotsku kirurgiju. Iako je tehnologija pridonijela preciznosti u postizanju postavljanja TEP koljena u željenu osovinu i smanjenju broja bolesnika čija je osovina izvan optimalnog raspona, klinički ishodi nisu značajno poboljšani. Prema brojnim internacionalnim registrima endoproteza, otprilike petina do četvrtine bolesnika nije zadovoljna nakon operacijskog zahvata ugradnje TEP koljena [24].

Mehaničku osovinu pri ugradnji TEP koljena prvi je opisao otac moderne kirurgije koljena, John Insall. Mehanička osovina podrazumijeva postavljanje TEP koljena na način da mehanička osovina donjeg ekstremiteta ostane neutralna, odnosno da je TEP koljena točno postavljen u pravcu koji prolazi kroz sredinu glave bedrene kosti i sredinu gornjeg nožnog zgloba. Kirurška tehnika uključuje početnu resekciju distalnog dijela bedrene kosti pod kutem od 90° u odnosu na mehaničku osovinu bedrene kosti, nakon čega slijedi resekcija proksimalnog dijela goljenične kosti također pod kutem od 90° u odnosu na mehaničku osovinu goljenične kosti. Na ovaj način omogućena je simetrična raspodjela sila na nosive površine implantata i medijalno i lateralno te je smanjen rizik od prekomjernog opterećenja pojedinih dijelova endoproteze [24,25].

Kod velikog broja bolesnika postavljanje endoproteze u mehaničku osovinu donjeg ekstremiteta zapravo podrazumijeva ugradnju implantata u osovinu koja nije u skladu s njihovom prirodnom anatomijom, budući da samo 2,2% bolesnika ima idealno ravnu mehaničku osovinu. Značajan dio zdrave populacije, 32 % muškaraca i 17 % žena, prirodno ima osovину donjeg ekstremiteta u varusu od 3° ili više, zbog čega korekcija mehaničke osovine u potpuno neutralan položaj kod tih osoba može biti neprirodna. Ova spoznaja dovela je do razvoja drugih koncepata osovine, anatomske i kinematičke. Koncept anatomske osovine pri ugradnji TEP koljena prvi su opisali Hungerford i Krackow, naglašavajući da bi optimalna pozicija implantata trebala rekonstruirati zglobovnu liniju na način da je ona paralelna s podlogom. Kirurška tehnika uključuje resekciju proksimalnog dijela goljenične kosti pod kutem između vertikalne osovine i mehaničke osovine goljenične kosti, dok se resekcija bedrene kosti izvodi pod kutem koji proizlazi iz razlike vertikalne osovine i mehaničke osovine bedrene kosti.

Koncept kinematičke osovine pri ugradnji TEP koljena u razvijen je na temelju istraživanja o kinematici koljena i temelji se na trodimenzionalnom pozicioniranju dijelova endoproteze. Pri postavljanju TEP koljena u kinematičku osovinu koštane resekcije bedrene kosti precizno odgovaraju mjerama endoproteze. Na taj način nastoji se očuvati prirodna geometrija zgloba i minimizirati potreba za opuštanjem mekih tkiva. Kod postavljanja TEP koljena u kinematičku osovinu resekcija distalnog dijela bedrene kosti izvodi se pod kutom od $1 - 2^\circ$ većeg valgusa, dok se resekcija proksimalnog dijela goljenične kosti izvodi pod kutom od $1 - 2^\circ$ većeg varusa u usporedbi sa postavljanjem TEP koljena u mehaničku osovinu [24,26-28].

1.6. Utjecaj osovine koljena na gornji, donji nožni zglob i stopalo

1.6.1. Utjecaj promjene osovine koljena na gornji, donji nožni zglob i stopalo

Poremećaj osovine donjeg ekstremiteta ima dokazan učinak na razvoj i progresiju OA koljena [17]. Na ukupnu mehaničku osovinu donjeg ekstremiteta utječu deformacije u području kuka, koljena, gornjeg i/ili donjeg nožnog zgloba. Promjene osovine u smjeru varusa ili valgusa na razini koljena mogu dovesti do kompenzacijskih prilagodbi gornjeg i donjeg nožnog zgloba, s ciljem očuvanja ravnoteže u osovini kuka, koljena i gležnja u frontalnoj ravnini. Međutim, nedovoljno je provedenih istraživanja o učinku poremećaja osovine donjeg ekstremiteta na gornji, donji nožni zglob i stopalo.

Gao i suradnici 2015. godine proveli su retrospektivnu studiju na 149 bolesnika s varus i valgus deformacijom koljena, istražujući njihov utjecaj na gornji nožni zglob. Njihovi rezultati pokazali su kako varus i valgus deformacija koljena dovodi do povećanja nagiba u gornjem nožnom zglobu što može utjecati i na njegovu osovinu te dovesti do progresije degenerativnih promjena. Zanimljivo je da do povećanja nagiba u gornjem nožnom zglobu dolazi i na suprotnom donjem ekstremitetu, ali u manjoj mjeri [29]. S obzirom na to da je u ovom istraživanju bolesnicima učinjen radiogram cijelog donjeg ekstremiteta isključivo u AP projekciji, nemamo uvid u promjene koje se događaju u donjem nožnom zglobu i stopalu.

Desai i suradnici u svom istraživanju su zaključili da kod varus deformacije koljena postoji kompenzacijski valgus donjeg nožnog zgloba i pronacija prednjeg dijela stopala, dok kod valgus deformacije koljena postoji kompenzacijski varus donjeg nožnog zgloba i supinacija prednjeg dijela stopala, s ciljem da stopalo ostane plantigradno. S obzirom na to da je opseg pokreta inverzije stopala veći od opsega pokreta everzije, valgus deformacija koljena bolje se kompenzira u usporedbi s varus deformacijom. U donjem nožnom zglobu maksimalan pokret inverzije iznosi 30°, a everzije 15° [8]. Manjkavost njihovog istraživanja očituje se u činjenici da je obuhvaćeno relativno malo ispitanika s neujednačenim dijagnozama, svega 33, koji su bolovali od različitih bolesti, uključujući ahondroplaziju, cerebralnu paralizu, prethodnu traumu, rahitis, metafiznu hondrodisplaziju i primarni OA.

Norton i suradnici proveli su istraživanje s ciljem procjene utjecaja poremećaja osovine koljena na gornji i donji nožni zglob, koristeći radiograme cijelog donjeg ekstremiteta u AP projekciji, kao i Salzmanovu projekciju za precizniju analizu gornjeg i donjeg nožnog zgloba. Njihovi rezultati u skladu su sa zaključcima Desai i suradnika, ali su potvrđeni na znatno većem uzorku od 324 bolesnika. Pokazano je da varus deformacija koljena dovodi do povećanog opterećenja u gornjem nožnom zglobu, pri čemu dolazi do povećanja nagiba njegove zglobne linije prema varusu. Kako bi se stopalo održalo u plantigradnom položaju tijekom stajanja i hoda, gornji i donji nožni zglob preuzimaju kompenzacijsku ulogu u vidu valgus pomaka, čime se nastoji uspostaviti ravnoteža u opterećenju donjeg ekstremiteta. Međutim, autori su naglasili kako kod bolesnika koji uz uznapredovali OA koljena imaju i pridružen i uznapredovali OA gležnja s prisutnom rigidnom deformacijom dokazano se gubi gore navedeni kompenzacijski mehanizam [30]. Sve navedeno ukazuje na snažnu biomehaničku povezanost između koljena, gornjeg i donjeg nožnog zgloba, osobito u kontekstu kompenzacijskih mehanizama u frontalnoj ravnini.

1.6.2. Povezanost osteoartritisa koljena i gležnja

Povezanost između poremećaja osovine koljena i pratećih promjena u gornjem i donjem nožnom zglobu je potvrđena, međutim učinci OA koljena na razvoj i napredovanje degenerativnih promjena u gležnju još uvijek nisu u potpunosti

razjašnjeni. Istodobna pojava OA gležnja nije rijetka kod bolesnika koji se podvrgavaju ugradnji TEP koljena, budući da se takvi zahvati najčešće izvode u starijih bolesnika koji već imaju degenerativne promjene na više zglobova. OA gležnja manje je istražen u usporedbi s OA kuka i koljena. Primarni OA gležnja je rijetka dijagnoza, a većina slučajeva OA gležnja klasificira se kao sekundarni oblik, pri čemu je trauma prepoznata kao glavni uzrok. Poremećaj osovine gornjeg i donjeg nožnog zgloba također je jedan od čimbenika koji pridonose razvoju OA gležnja [12,31].

Većina dostupnih istraživanja dokazala je da trećina bolesnika s uznapredovalim OA koljena također ima i OA gležnja [29,32-35]. Slične rezultate prikazali su i Diao i Xie sa suradnicima, koji su neovisno jedan o drugom istraživali povezanost poremećaja osovine koljena i OA gležnja kod bolesnika s uznapredovalim OA koljena. Obje studije su istaknule da je varus deformacija goljenične kosti jedini parametar koji je bio statistički značajno povezan s prisutnošću i progresijom OA gležnja. Iako je varus deformacija tibije statistički povezana s razvojem i progresijom OA gležnja, uzročno-posljedična veza još uvijek nije potvrđena [34,35].

Za razliku od prethodno spomenutih studija koje su se temeljile isključivo na radiološkim podacima, Chang i suradnici uključili su i funkcionalnu procjenu, što doprinosi boljem razumijevanju kliničkog značaja OA gležnja u kontekstu OA koljena. Provedena je retrospektivna analiza utjecaja korekcije varus osovine donjeg ekstremiteta na promjene u osovini gornjeg i donjeg nožnog zgloba te pojavu boli u gležnju nakon ugradnje TEP koljena kod bolesnika s varus deformacijom. U ispitivanju je sudjelovalo 56 bolesnika, a 24 % njih imalo je dijagnosticiran istodobni OA gležnja. Osim radiološke analize, autori su proveli i kliničku evaluaciju koja je uključivala funkcionalni upitnik WOMAC (engl. *Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index*) za procjenu ishoda liječenja. U skupini s OA gležnja uočen je smanjen kapacitet valgus kompenzacije u donjem nožnom zglobu, što je rezultiralo značajno manjim pomakom u njegovoj osovini poslijeoperacijski. Bolesnici s OA gležnja češće su prijavljivali pojačanu poslijeoperacijsku bol (38 % u odnosu na 16 %) i imali su lošiji funkcionalni ishod. Autori su naglasili važnost prijeoperacijske procjene gležnja i prisutnosti OA pri planiranju liječenja i savjetovanju bolesnika koji se podvrgavaju operacijskom zahvatu ugradnje TEP koljena [36].

1.6.3. Promjene gornjeg, donjeg nožnog zgloba i stopala nakon ugradnje totalne endoproteze koljena

S obzirom na činjenicu da se iz godine u godinu bilježi porast broja ugrađenih TEP koljena, u posljednjih nekoliko godina sve je veći interes za istraživanjem odnosa između koljena i gornjeg, donjeg nožnog zgloba te biomehaničkih promjena koje se događaju nakon ugradnje endoproteze. Poseban naglasak stavlja se na prijenos opterećenja, kompenzacijske mehanizme u gornjem i donjem nožnom zglobu te njihov mogući utjecaj na dugoročni ishod i preživljenje endoproteze. Većina dosadašnjih istraživanja na ovu temu bila je retrospektivne naravi, s neujednačenim radiološkim projekcijama i različitim kriterijima za procjenu osovine donjeg ekstremiteta. Dosad je proveden tek mali broj prospektivnih istraživanja koja su ispitivala utjecaj promjene osovine koljena nakon ugradnje TEP koljena na biomehaničke odnose u području gornjeg, donjeg nožnog zgloba i stopala. Međutim, randomizirana kontrolirana istraživanja, koja bi omogućila višu razinu dokaza i kontrolu nad čimbenicima koji mogu utjecati na ishod, još uvijek nisu provedena.

Chandler i Moskal prvi su objavili svoje prospektivno istraživanje s ciljem evaluacije utjecaja TEP koljena na promjenu osovine gornjeg i donjeg nožnog zgloba. Autori nisu pronašli jasnu i predvidljivu povezanost između promjene osovine koljena te gornjeg i donjeg nožnog zgloba. Zaključili su kako se osovina gornjeg i donjeg nožnog zgloba nakon ugradnje TEP koljena smanjila za polovicu od ukupne vrijednosti prisutne prijeoperacijski. Kod onih bolesnika koji su imali veće prijeoperacijske deformacije došlo je do većih poslijeoperacijskih promjena u osovini. Valgus deformacije gornjeg i donjeg nožnog zgloba ostale su u valgusu, a varus deformacije u varusu, ali je iznos bio za polovicu manji. Na temelju tih zaključaka preporučili su da se operacijski zahvat na koljenskom zglobu izvede prvi u slučaju da se planiraju operacijski zahvati na više zglobova donjeg ekstremiteta [37].

Hara i suradnici proveli su istraživanje s ciljem evaluacije promjena osovine gornjeg i donjeg nožnog zgloba u frontalnoj ravnini tri tjedna nakon ugradnje TEP koljena kod bolesnika s varus deformacijom koljena, koristeći pritom novu radiološku metodu prikaza donjeg nožnog zgloba. Rezultati su pokazali da se u skupini s valgus osovinom

gornjeg i donjeg nožnog zgloba značajno poboljšala osovina nakon operacijskog zahvata ugradnje TEP koljena, dok u varus skupini nije bilo značajnih promjena [38]. Slično istraživanje s praćenjem od godinu dana proveli su Takenaka i suradnici, koji su također zaključili da se u skupini bolesnika s prijeoperacijskom valgus osovinom gornjeg i donjeg nožnog zgloba, osovina značajno poboljšala već tri tjedna nakon operacijskog zahvata, s dodatnim poboljšanjem uočenim nakon godinu dana. Takvi rezultati upućuju na očuvanu kompenzacijsku sposobnost donjeg nožnog zgloba. Nasuprot tome, u skupini s prijeoperacijskom varus osovinom gornjeg i donjeg nožnog zgloba, osovina se nije značajno promijenila ni kratkoročno ni dugoročno nakon operacijskog zahvata, što upućuje na gubitak kompenzacijskog mehanizma donjeg nožnog zgloba. Autori objašnjavaju kako kod varus deformacije koljena dolazi do medijalne devijacije osovine opterećenja, što u početnoj fazi može biti kompenzirano pomakom osovine donjeg nožnog zgloba prema valgusu. Međutim, ako je deformacija uznapredovala, donji nožni zglob gubi sposobnost daljnje kompenzacije i prelazi u rigidnu varus deformaciju. U takvim slučajevima, čak i nakon korekcije osovine donjeg ekstremiteta nakon ugradnje TEP koljena, donji nožni zglob ostaje u varusu, zbog čega bolesnici mogu razviti poslijeoperacijske tegobe u gležnju [39]. Slično istraživanje proveli su i Cho i suradnici, ali s duljim periodom praćenja od dvije godine. Rezultati njihovog istraživanja nisu u potpunosti u suglasnosti s rezultatima Takenake i suradnika. Zaključili su kako do ispravljanja valgus deformacije donjeg nožnog zgloba kod bolesnika s varus deformacijom koljena dolazi unutar prvih šest tjedana nakon operacijskog zahvata, a da nakon toga ne dolazi do dodatnog poboljšanja. Početno poboljšanje bilo je izraženije nego ono zabilježeno na završnom kontrolnom pregledu, što dodatno upućuje na to da se adaptacija donjeg nožnog zgloba odvija isključivo u ranom poslijeoperacijskom razdoblju [40]. Gursu i suradnici proveli su retrospektivno istraživanje na 78 bolesnika s OA koljena i varus deformacijom $>10^\circ$, s ciljem evaluacije radioloških promjena u gornjem nožnom zglobu nakon ugradnje TEP koljena. Zaključili su da korekcija varus deformacije koljena u neutralnu osovinu dovodi do značajnih promjena u osovini gornjeg nožnog zgloba, osobito kod izraženijih deformacija, te da bi ostavljanje minimalnog ostatnog varusa moglo spriječiti prenaplašenu promjenu u osovini gornjeg nožnog zgloba [41]. Norton i suradnici u svoje su istraživanje po prvi put uključili i bolesnike s valgus deformacijom koljena i zaključili kako se čak 72% kompenzacije promjene osovine koljena događa u donjem

nožnom zglobu. Utvrdili su da se sa svakim stupnjem povećanja osovine koljena prema valgusu donji nožni zglob pomiče u varus za 0.4° . Suprotno tome, sa svakim stupnjem povećanja osovine prema varusu, donji nožni zglob pomiče se u valgus za 0.5° . Naglasili su kako je kod bolesnika koji su kandidati za ugradnju TEP koljena, a kod kojih se tijekom prijeoperacijskog pregleda utvrdi rigidna deformacija donjeg nožnog zgloba, potrebno upozoriti na mogućnost pogoršanja simptoma u gležnju i stopalu nakon operacijskog zahvata [30]. Jeong i suradnici dokazali su da nakon ispravljanja varus deformacije nakon operacijskog zahvata ugradnje TEP koljena dolazi do značajnih kompenzacijskih promjena, ne samo u gornjem i donjem nožnom zglobu, već i u području stopala. Utvrdili su da se najveći dio kompenzacije odvija kroz pomak osovine kompleksa goljenična kost – gležanjaska kost – petna kost, dok je pomak osovine u gornjem nožnom zglobu ograničen i nije pokazivao povezanost s promjenom osovine koljena. Donjem nožnom zglobu pripisali su umjerenu kompenzacijsku ulogu, što je u suprotnosti s nalazima Nortona i suradnika. Smatraju da donji nožni zglob zbog svoje anatomske stabilnosti ima ograničenu sposobnost dugoročne kompenzacije promjene osovine [42]. Yamasaki i suradnici istraživali su kompenzacijsku sposobnost donjeg nožnog zgloba nakon ispravljanja osovine donjeg ekstremiteta u bolesnika s OA koljena liječenih ugradnjom TEP-a. Radiološkom analizom prije i nakon operacijskog zahvata, utvrdili su da bolesnici s prijeoperacijskom kutom osovine stražnjeg dijela stopala većim od 9.06° imali smanjenu sposobnost kompenzacije i skloniji su razvoju bolova u gležnju nakon operacijskog zahvata [43].

Posebno se izdvaja istraživanje Okamoto i suradnika koje je, za razliku od većine prethodnih radova, uključivalo i funkcionalnu evaluaciju bolesnika uz detaljnu radiološku analizu. U studiju je bilo uključeno 75 bolesnika s varus deformacijom koljena. Osim procjene osovine donjeg ekstremiteta i donjeg nožnog zgloba, autori su koristili AOFAS upitnik za gornji i donji nožni zglob kako bi procijenili bol i funkciju. Rezultati su pokazali da su bolesnici s umjerenom varus deformacijom koljena ($\leq 6^{\circ}$) imali značajno poboljšanje funkcije gležnja uz smanjenje boli, dok je kod bolesnika s teškom varus deformacijom koljena ($> 6^{\circ}$) poslijeoperacijska bol u gležnju perzistirala. Autori su zaključili kako je perzistentna bol u gležnju bila povezana s poslijeoperacijski zaostalom valgus pozicijom donjeg nožnog zgloba, unatoč uspješnoj korekciji mehaničke osovine donjeg ekstremiteta [44]. Nasuprot tome, rezultati istraživanja Kim

i suradnika sugeriraju drugačiji obrazac povezanosti. Naime, njihovi podaci pokazuju da su bolesnici koji su nakon TEP koljena razvili novonastalu bol u gležnju, ili pogoršanje postojeće boli, imali značajno izraženiju rezidualnu varus deformaciju koljena i donjeg nožnog zgloba u usporedbi s onima bez boli. Prijeoperacijska prisutnost boli u gležnju bila je češća kod bolesnika s izraženijom varus deformacijom donjeg nožnog zgloba. Prema njihovoj analizi, upravo je ostatna varus deformacija donjeg nožnog zgloba bila povezana s pojavom boli nakon TEP koljena [45]. Sukladno tome, usporedba rezultata ovih dviju studija ukazuje na izostanak jasnog konsenzusa u dostupnoj literaturi o tome koji tip deformacije donjeg nožnog zgloba predstavlja dominantni čimbenik rizika za pojavu poslijeoperacijske boli.

Graef i suradnici proveli su dva retrospektivna istraživanja o utjecaju korekcije osovine donjeg ekstremiteta na funkciju gornjeg nožnog zgloba nakon TEP koljena. Prvo je obuhvatilo 99 bolesnika s varus deformacijom, a drugo 36 bolesnika s valgus deformacijom koljena. Kod bolesnika s varus deformacijom koljena dokazano je kako je veći stupanj korekcije varus deformacije koljena značajno povezan s pogoršanjem poslijeoperacijske funkcije gležnja, unatoč radiološki zadovoljavajućoj korekciji zglobnih linija. Korekcija osovine koljena $>14,5^\circ$ predstavljala je prag iznad kojeg se višestruko povećavao rizik za nastanak simptoma u gležnju. U skupini s valgus deformacijom, korekcija osovine $>16,5^\circ$ bila je značajno povezana s pojavom poslijeoperacijske boli u gležnju. Ove su studije značajne jer su, osim radiološke analize mehaničke osovine na standardnim AP snimkama u opterećenju, uključivale i kliničku evaluaciju temeljenu na funkcionalnim upitnicima [46,47]. Autori su uspjeli po prvi put kvantificirati granične vrijednosti korekcije osovine (engl. *cut-off*) iznad kojih se drastično povećava vjerojatnost poslijeoperacijskih simptoma u gležnju, neovisno radi li se o varus ili valgus deformaciji.

Jedini dostupan sustavni pregled istraživanja na temu utjecaja TEP koljena na gornji i donji nožni zglob jest onaj Burssensa i suradnika. Analiza ukupno 16 radova je pokazala da TEP koljena može dovesti do poboljšanja funkcije i osovine donjeg nožnog zgloba, osobito u bolesnika s prijeoperacijskom valgus deformacijom donjeg nožnog zgloba. Međutim, ova korekcija nije bila jednako učinkovita u slučajevima rigidne varus deformacije donjeg nožnog zgloba ili uznapredovalog OA gležnja. Autori su naglasili da zaostala deformacija donjeg nožnog zgloba može potencijalno

nepovoljno utjecati na stabilnost i preživljenje TEP koljena. Unatoč tim nalazima, zaključci analize moraju se tumačiti s oprezom zbog neujednačene metodologije uključenih studija, velike heterogenosti korištenih radioloških parametara i kliničkih upitnika, kao i neujednačenog izvještavanja ishoda. Zbog toga nije bilo moguće provesti meta-analizu niti izračunati ukupni učinak TEP koljena na osovinu donjeg nožnog zgloba [48].

Istraživanje Medinga i suradnika jedino je u dostupnoj literaturi u kojem je izravno analizirana povezanost valgus deformacije donjeg nožnog zgloba i planovalgus deformacije stopala, kao posljedice slabosti tetive stražnjeg goljeničnog mišića i stopala, s preživljenjem TEP koljena. Od ukupno 48 revizijskih operacijskih zahvata, njih 12 izvedeno je zbog posterolateralne subluksacije femoralne komponente i nestabilnosti endoproteze posljedično potvrđenoj slabosti tetive stražnjeg goljeničnog mišića [49]. Ovo istraživanje odnosilo se isključivo na bolesnike sa slabošću tetive stražnjeg goljeničnog mišića i nije primjenjivo na sve oblike valgus deformacija donjeg nožnog zgloba. U dostupnoj literaturi nedostaju istraživanja provedena s ciljem ispitivanja utjecaja promjene na razini gornjeg, donjeg nožnog zgloba i stopala na preživljenje TEP koljena što upućuje na potrebu za daljnjim istraživanjima u tom području.

Unatoč sve većem broju radova koji istražuju odnos između koljenskog zgloba i susjednih zglobova donjeg ekstremiteta nakon ugradnje TEP koljena, iz dostupne literature nije moguće donijeti jasan konsenzus. Rezultati su često oprečni, metodologije neujednačene, a razine dokaza ograničene. Zbog nedostatka randomiziranih kontroliranih istraživanja i male zastupljenosti studija s dugoročnim praćenjem, nužna su daljnja istraživanja s jasno definiranim protokolima, standardiziranim radiološkim i funkcionalnim kriterijima te multivarijatnim analizama koje bi omogućile pouzdanije zaključke o utjecaju promjena u osovini donjeg ekstremiteta na gornji, donji nožni zglob i stopalo.

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

U kliničkoj praksi se susreću bolesnici koji navode tegobe u području gležnja i stopala prije i/ili nakon ugradnje TEP koljena. Međutim, dosadašnja istraživanja dostupna u literaturi nisu obuhvatila sveobuhvatnu radiološku i kliničku evaluaciju utjecaja mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na gornji i donji nožni zglob i stopalo kod bolesnika nakon ugradnje TEP koljena.

Glavni cilj istraživanja bio je ispitati utjecaj mehaničke osovine opterećenja na gornji, donji nožni zglob i stopalo kod bolesnika nakon ugradnje TEP koljena.

Specifični ciljevi bili su:

1. Usporediti standardnu mehaničku osovinu s mehaničkom osovinom opterećenja na PA radiogramima cijelog donjeg ekstremiteta u opterećenju, posebno analizirajući razlike na nivou koljena i gležnja.
2. Pedobarografskim uređajem analizirati promjene u opterećenju stopala prije i nakon ugradnje TEP koljena
3. Analizirati utjecaj razlike ovih dviju osovina na funkcionalni oporavak bolesnika nakon ugradnje TEP koljena

Iz navedenog su proizašle četiri alternativne hipoteze;

H1: Ne postoji statistički značajna razlika između standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja na razini koljena prijeoperacijski i tri mjeseca nakon operacije;

H2: Postoji statistički značajna razlika između standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja na razini gležnja prijeoperacijski i tri mjeseca nakon operacije;

H3: Postoji statistički značajna razlika u opterećenju stopala prijeoperacijski i tri mjeseca nakon operacije;

H4: Postoji statistički značajna razlika u funkcionalnom oporavku bolesnika nakon ugradnje TEP koljena kod onih bolesnika čija je razlika standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja manja.

Budući da je zadovoljstvo bolesnika krajnji cilj svakog operacijskog zahvata važno je pravovremeno prepoznati čimbenike rizika nepovoljnog ishoda. Ovo istraživanje doprinosi boljem razumijevanju funkcionalne povezanosti između zglobova te naglašava važnost sveobuhvatnog pristupa koji uključuje i kliničke podatke, s ciljem preciznijeg prepoznavanja čimbenika rizika i poboljšanja ishoda liječenja.

3. ISPITANICI I METODE

3.1. Ispitanici

Ovo istraživanje predstavlja prospektivnu studiju provedenu u Klinici za ortopediju i traumatologiju Lovran. Uključeno je ukupno 79 bolesnika s primarnim, uznapređovalim OA koljena, kod kojih je, neovisno o dobi i spolu, učinjen elektivni operacijski zahvat ugradnje TEP koljena. Dijagnoza primarnog, uznapređovalog OA koljena postavljena je na temelju kliničkih kriterija Američkog koledža za reumatologiju za dijagnozu i klasifikaciju OA koljena, kao i radioloških kriterija definiranih četvrtim stupnjem prema Kellgren-Lawrence ljestvici [18,19,50]. Prospektivna studija prijavljena je u registar kliničkih studija ClinicalTrials.gov pod brojem NCT05751954.

Kriteriji uključivanje u istraživanje su bili sljedeći:

- potvrđena klinička i radiološka dijagnoza primarnog, uznapređovalog OA koljena;
- poremećaj mehaničke osovine koljena $\geq 5^\circ$ (uključujući varus i valgus deformacije koljena);
- pročitana obavijest za ispitanika i potpisan informirani pristanak.

Kriteriji isključivanja u istraživanje su bili sljedeći:

- svi sekundarni oblici OA koljena (posttraumatski, reumatoidni i ostali artritis);
- prijašnji operacijski zahvati na koljenu, gornjem i/ili donjem nožnom zglobu koji su podrazumijevali ispravljanje deformacija (korekcijske osteotomije) ili ukočenje zloba (artrodeze);
- osteosinteza koljena i/ili gležnja u anamnezi (uključujući postraumatski osteoartritis);
- ocjenska ljestvica Američkog anesteziološkog društva ≥ 4 (ASA, engl. *American Society of Anesthesiologists*) [51];
- nepotpisan informirani pristanak.

U ovom istraživanju ne postoji kontrolna skupina jer su na istim bolesnicima uspoređeni parametri prije i poslije operacijskog zahvata.

3.2. Metode

Od svakog bolesnika uključenog u ovo istraživanje, nakon potpisivanja informiranog pristanka, prikupljeni su opći podatci prema standardiziranom protokolu: matični broj, dob, spol, tjelesna masa, visina i operirana strana. Prema dobi, bolesnici su podijeljeni u tri kategorije: <60 godina, 60 – 70 godina i >70 godina.

Iz općih podataka tjelesne mase i visine izračunat je indeks tjelesne mase (ITM) za svakog ispitanika prema formuli: tjelesna masa u kilogramima podijeljena s kvadratom visine bolesnika u metrima. Prema kriterijima centra za kontrolu i prevenciju bolesti (CDC, engl. *Centers for Disease Control and Prevention*), pothranjenost je definirana ITM vrijednošću <18.5 kg/m². Normalna tjelesna masa obuhvaća vrijednosti 18.5 – 24.9 kg/m², dok se preuhranjenost odnosi na raspon 25.0 – 29.9 kg/m². Umjerena debljina definirana je vrijednostima 30.0 – 34.9 kg/m², teška debljina 35.0 – 39.9 kg/m², a morbidna debljina ITM-om ≥40.0 kg/m² [52].

Osim općih podataka, istraživanje je obuhvaćalo i kliničke parametre: aktivan opseg pokreta u koljenu, procjenu boli upotrebom ocjenske vizualno analogne ljestvice (VAS, engl. *visual analogue scale*) te funkcionalni status koljena i gležnja, procijenjen ispunjavanjem standardiziranih i validiranih funkcionalnih upitnika prevedenih na hrvatski jezik – upitnika za ozljedu koljena i osteoartritis (KOOS, engl. *Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score*) i upitnika Američkog ortopedskog društva za stopalo i gležanj (AOFAS, engl. *American Orthopedic Foot and Ankle Society*) [53-56]. Također su provedene analiza PA radiograma donjeg ekstremiteta i pedobarografska analiza. Svi navedeni parametri prikupljeni su prijeoperacijski te na kontrolnom pregledu tri mjeseca nakon ugradnje TEP koljena.

Operacijski zahvat ugradnje TEP koljena i poslijeoperacijski tijek provedeni su prema standardiziranom protokolu i prijeoperacijskom planiranju koristeći mehaničku osovinu pri ugradnji TEP koljena. Nakon prijeoperacijske pripreme u položaju bolesnika na leđima na operacijskom stolu i operiranom ekstremitetu u bljedojoj stazi učinjen je rez kože i potkožja u središnjoj liniji koljena. Medijalno parapatelarno pristupilo se u zglob nakon čega je slijedilo odstranjenje ostataka meniskusa, prednjeg i stražnjeg križnog

ligamenta. Prema standardnim vodilicama za TEP koljena, model s resekcijom stražnjeg križnog ligamenta pripremljeno je koštano ležište. Ravnoteža mekih tkiva postignuta je, prema potrebi, popuštanjem ligamentarnih i/ili tetivnih struktura. Postavile su se probne komponente te ukoliko su iste bile odgovarajuće nakon obilnog ispiranja i sušenja osteotomiranih ploha cementirale su se originalne komponente endoproteze i postavio polietilenski insert. Slijedilo je šivanje rane po slojevima i povoj. Po završetku operacijskog zahvata bolesnici su bili smješteni u jedinici intenzivne njege te su nakon jednog dana premješteni na odjele ortopedije radi daljnje fizikalne terapije i medicinske rehabilitacije.

3.2.1. Mjerni instrumenti

3.2.1.1. Opseg pokreta u koljenskom zglobu

Aktivni opseg pokreta u koljenskom zglobu, u smislu fleksije i ekstenzije, mjereno je pomoću ortopedskog kutomjera, odnosno goniometra. Prilikom određivanja kretnji bolesnik je bio u položaju na leđima na stolu za pregled. Prvo se mjerila aktivna fleksija, potom ekstenzija na način da je ispitivač postavio kutomjer na lateralnu stranu koljenskog zgloba nakon što je bolesnik maksimalno savio i ispružio koljeno. Vrijednost u rasponu 0 – 130° očitavana je na način da je fiksni krak kutomjera bio prislonjen na distalni dio natkoljenice, a pomični krak pratio pokret potkoljenice. Nemogućnost potpune ekstenzije, odnosno prisutnost fleksijske kontrakture, zabilježila se negativnim predznakom ispred vrijednosti izražene u stupnjevima. Aktivan opseg pokreta koljena mjerio je magistar fizioterapije ili doktor medicine, specijalizant ortopedije i traumatologije jedan dan prije operacijskog zahvata te na kontrolnom pregledu tri mjeseca nakon ugradnje TEP koljena.

3.2.1.2. Procjena intenziteta boli

Budući da je bol subjektivno iskustvo, njezina procjena temeljna je na samoprocjeni bolesnika korištenjem vizualno analogne ljestvice (VAS). Ljestvica duljine 10 cm

omogućila je bolesniku da označi percipirani intenzitet boli, pri čemu više vrijednosti upućuju na jači intenzitet. Vrijednost 0 označava stanje bez boli, 1 do 3 blagu bol, 4 do 7 umjerenu do jaku bol, dok vrijednosti od 8 do 10 upućuju na vrlo jaku, odnosno neizdrživu bol. VAS ljestvica predstavlja jednostavan, brz i validiran alat za kvantifikaciju subjektivne percepcije boli u kliničkoj i istraživačkoj praksi [53].

3.2.1.3. Funkcionalni status koljena i gležnja

3.2.1.3.1. Upitnik za ozljedu koljena i osteoartritis (KOOS)

Procjena funkcionalnog statusa koljena provedena je pomoću KOOS upitnika (Privitak 1). Ukupni rezultat, u rasponu od 0 do 100 bodova, dobiven je zbrajanjem bodova iz 42 pitanja raspoređenih u pet kategorija: bol, simptomi, svakodnevne aktivnosti, sport i rekreacija te kvaliteta života povezana s koljenskim zglobovom. Više vrijednosti odražavaju bolju funkciju i manju simptomatologiju koljenskog zgloba. KOOS upitnik validiran je i pouzdan upitnik za procjenu funkcionalnog statusa koljena, osobito kod bolesnika s OA i nakon operacijskog zahvata ugradnje TEP koljena [54].

KOOS upitnik, preveden na hrvatski jezik, bolesnici su samostalno ispunjavali dan prije operacijskog zahvata te na kontrolnom pregledu tri mjeseca nakon ugradnje TEP koljena. Zbrajanje ukupnog broja bodova proveo je doktor medicine, specijalizant ortopedije i traumatologije.

3.2.1.3.2. Upitnik Američkog ortopedskog društva za stopalo i gležanj (AOFAS)

Procjena funkcionalnog statusa gležnja i stopala provedena je pomoću AOFAS upitnika (Privitak 2). Upitnik uključuje kliničku evaluaciju koja obuhvaća i subjektivne i objektivne komponente. Bolesnici subjektivno opisuju razinu boli, dok ispitivač objektivno mjeri opseg pokreta u gležnju. AOFAS upitnik sastoji se od ukupno devet elemenata: bol, funkcijska ograničenja aktivnosti, hodna pruga, hod po različitim površinama, poremećaji hoda, kretnje u gornjem nožnom zglobovom u sagitalnoj ravnini, pokretljivost donjeg nožnog zgloba, stabilnost gležnja u sagitalnoj i frontalnoj ravnini te usmjerenje stopala. Svaka komponenta različito se boduje, a ukupni rezultat dobiva

se zbrajanjem pojedinačnih bodova, pri čemu maksimalni broj iznosi 100. Viši rezultati upućuju na bolji funkcionalni status i manju prisutnost simptoma. Rezultat >90 bodova smatra se izvrsnim, 80 – 89 dobrim, 60 – 79 umjereno dobrim, dok se svaki rezultat <60 bodova smatra lošim funkcionalnim ishodom. AOFAS upitnik predstavlja validiran i često korišten instrument za procjenu funkcionalnog statusa gležnja i stopala [55,56].

AOFAS upitnik, preveden na hrvatski jezik, bolesnici su samostalno ispunjavali dan prije operacijskog zahvata te na kontrolnom pregledu tri mjeseca nakon ugradnje TEP koljena. Dijelove upitnika koji zahtijevaju procjenu ispitivača ispunjavao je magistar fizioterapije ili doktor medicine, specijalizant ortopedije i traumatologije, u istim vremenskim točkama prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski.

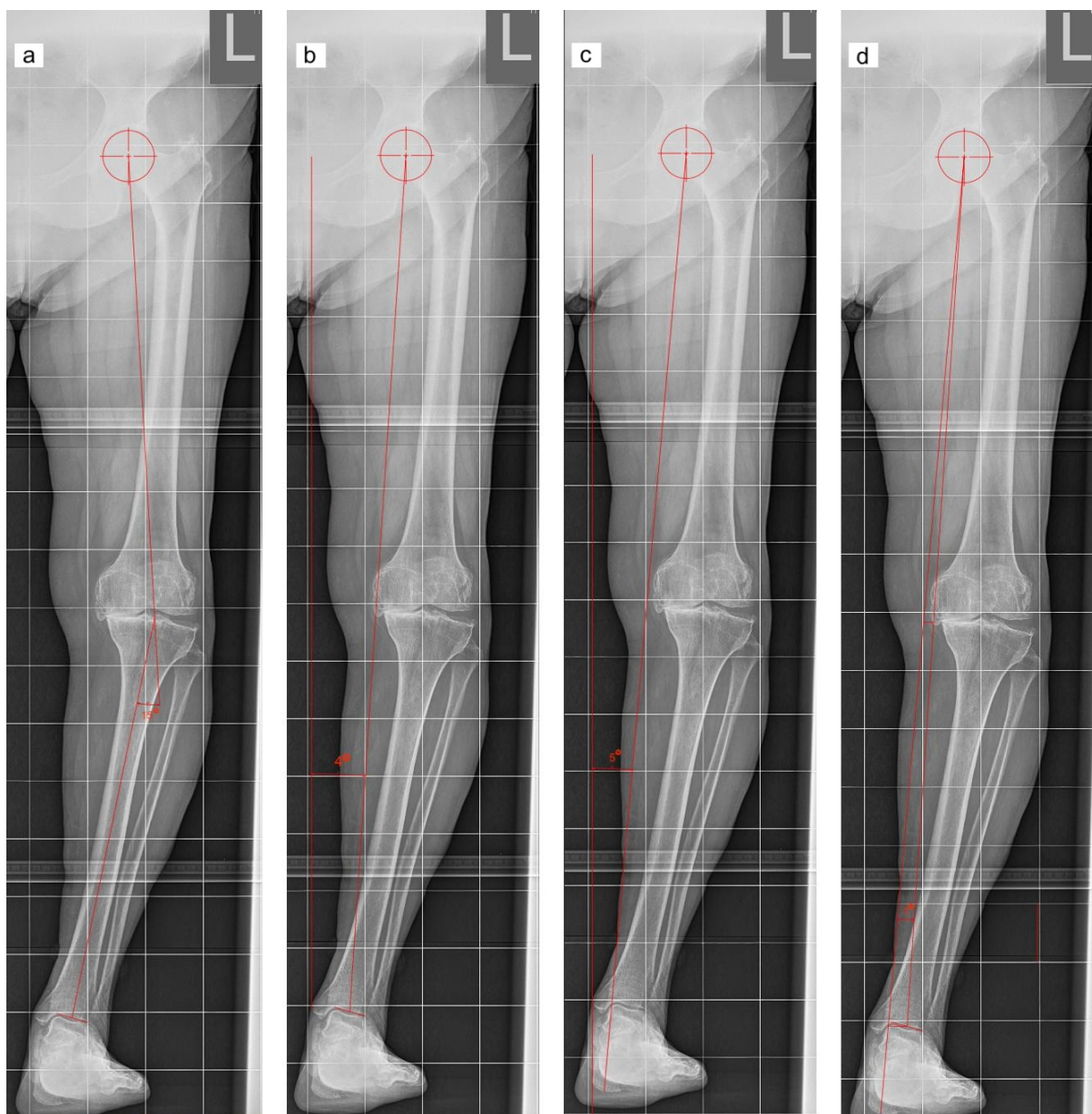
3.2.1.4. Posteroanteriorni radiogram cijelog donjeg ekstremiteta u opterećenju

Radiološko snimanje cijelog donjeg ekstremiteta u opterećenju izvršeno je prema standardiziranom postupku na uređaju Shimadzu (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) serijskog broja LZC5C6FD4006. Bolesnik je stajao bos na radiolucentnoj podlozi s oba koljena u maksimalnoj ekstenziji, okrenut sa stražnjom stranom tijela prema izvoru zračenja kako bi se dobila PA projekcija. Iveri su usmjereni prema naprijed, a stopala bolesnika bila su u neutralnom položaju. Rendgenski snop bio je centriran na koljeno snimanog ekstremiteta s cijevi na udaljenosti od dva metra. Trodijelna digitalna kazeta 136/36 cm sa stupnjevanom rešetkom nalazila se odmah ispred bolesnika (Slika 8). Korištena voltaža iznosila je 200 kV, a struja 85mA. Količina ionizirajućeg zračenja kojoj je bolesnik bio izložen istovjetna je količini zračenja koju bolesnik primi i snimanjem AP radiograma cijelog donjeg ekstremiteta. Dobivena digitalna radiološka snimka ispunjava tzv. DICOM (engl. *digital imaging and communications in medicine*) standard koji uključuje zapis niza elemenata, uključujući i matični broj bolesnika. Digitalna radiološka snimka pohranjuje se u sustav za pohranu snimki (PACS, engl. *picture archiving and communication system*). PACS korišten u našem istraživanju je IMPAX (Agfa Healthcare, Mortsel, Belgija) verzija 6.3.1. 2813. PA radiogram cijelog donjeg ekstremiteta u opterećenju učinjen je dan prije operacijskog zahvata u sklopu prijeoperacijske pripreme te na kontrolnom pregledu tri mjeseca nakon ugradnje TEP koljena.



Slika 8. Izvođenje radiološkog snimanja posteroanteriorne projekcije cijelog donjeg ekstremiteta (autorska fotografija, uz dopuštenje bolesnika)

Analiza PA radiograma cijelog donjeg ekstremiteta izvršena je u programu AutoCAD 2025.1 (Autodesk, San Rafael, Sjedinjene Američke Države) verzija 100.M.416. Dobivena radiološka snimka kalibrirana je prema stupnjevanoj rešetki od 5 cm digitalne kazete. Na dobivenoj radiološkoj snimci analizirala se: mehanička osovina koljena, standardna mehanička osovina donjeg ekstremiteta, mehanička osovina opterećenja donjeg ekstremiteta te razlika dviju osovina ukupno u stupnjevima te na razini koljena i gornjeg nožnog zgloba mjerena u milimetrima (Slika 9).

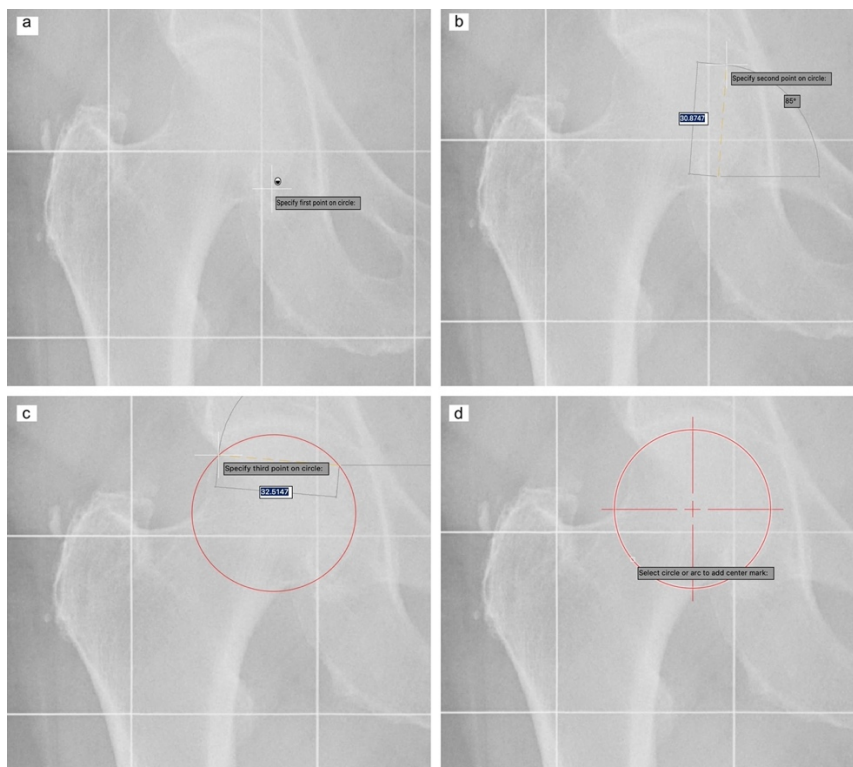


Slika 9. Radiološka analiza posteroanteriornog radiograma cijelog donjeg ekstremiteta.

- (a) Radiološka analiza mehaničke osovine koljena;
- (b) Radiološka analiza standardne mehaničke osovine donjeg ekstremiteta;
- (c) Radiološka analiza mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta;
- (d) Razlika standardne i mehaničke osovine opterećenja ukupno u stupnjevima te na razini koljena i gornjeg nožnog zgloba u milimetrima (autorske slike, dobivena pomoću AutoCAD programske podrške).

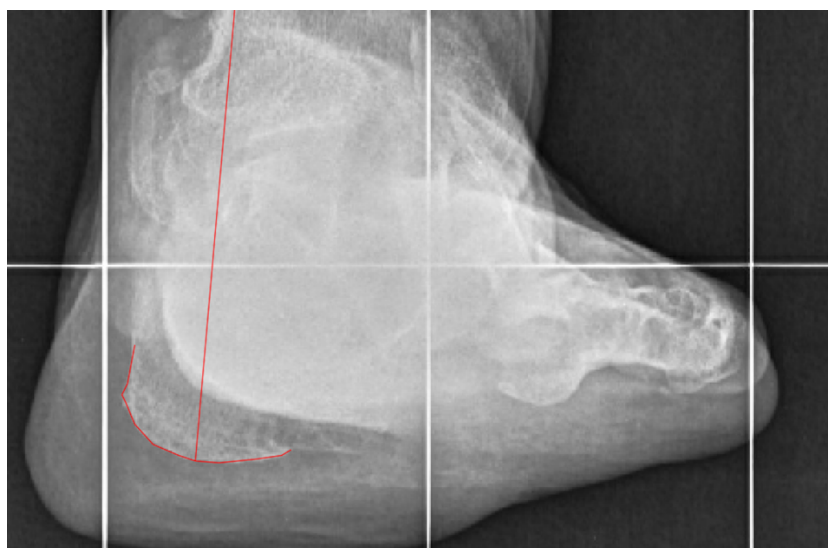
Mehanička osovina koljena je definirana kao kut između mehaničke osovine bedrene kosti i mehaničke osovine goljenične kosti. Kao referentne točke za mjerenje uzete su:

sredina glave bedrene kosti, sredina međuzglavčane uzvisine goljenične kosti i sredina gornjeg nožnog zgloba. Kod valgus deformacije koljena, kada je kut otvoren lateralno, vrijednosti mehaničke osovine koljena označene su pozitivnim predznakom, dok su kod varus deformacije, kada je kut otvoren medijalno, označene negativnim predznakom. Standardna mehanička osovina donjeg ekstremiteta je pravac koji povezuje sredinu glave bedrene kosti i sredinu gornjeg nožnog zgloba. Sredina glave bedrene kosti određena je pomoću koncentrične kružnice s tri točke tako najbolje odgovara konturi zglobne površine, a središte kružnice predstavljalo je sredinu glave bedrene kosti (Slika 10). Sredina gornjeg nožnog zgloba određena je korištenjem digitalnog ravnala, pri čemu je središnja točka ravnala predstavljala sredinu zgloba. Spajanjem ove dvije točke dobiven je pravac koji je odgovarao mehaničkoj osovini donjeg ekstremiteta. Mehanička osovina u stupnjevima određena je u odnosu na vertikalni pravac. Mehanička osovina opterećenja donjeg ekstremiteta je pravac koji povezuje sredinu glave bedrene kosti i najniži dio petne kosti. Sredina glave bedrene kosti određena je na isti način kao i za standardnu mehaničku osovinu. Za određivanje druge točke mjerenja, uzeta je najniža točka petne kosti (Slika 11). Mehanička osovina opterećenja donjeg ekstremiteta u stupnjevima određena je u odnosu na vertikalni pravac.



Slika 10. Određivanje sredine glave bedrene kosti uz pomoć koncentrične kružnice s tri točke.

- (a) Određivanje prve točke koncentrične kružnice;
- (b) Određivanje druge točke koncentrične kružnice;
- (c) Određivanje treće točke i formiranje koncentrične kružnice;
- (d) Automatsko određivanje sredine glave bedrene kosti uz pomoć digitalnog alata (autorske slike, dobivena pomoću AutoCAD programske podrške).



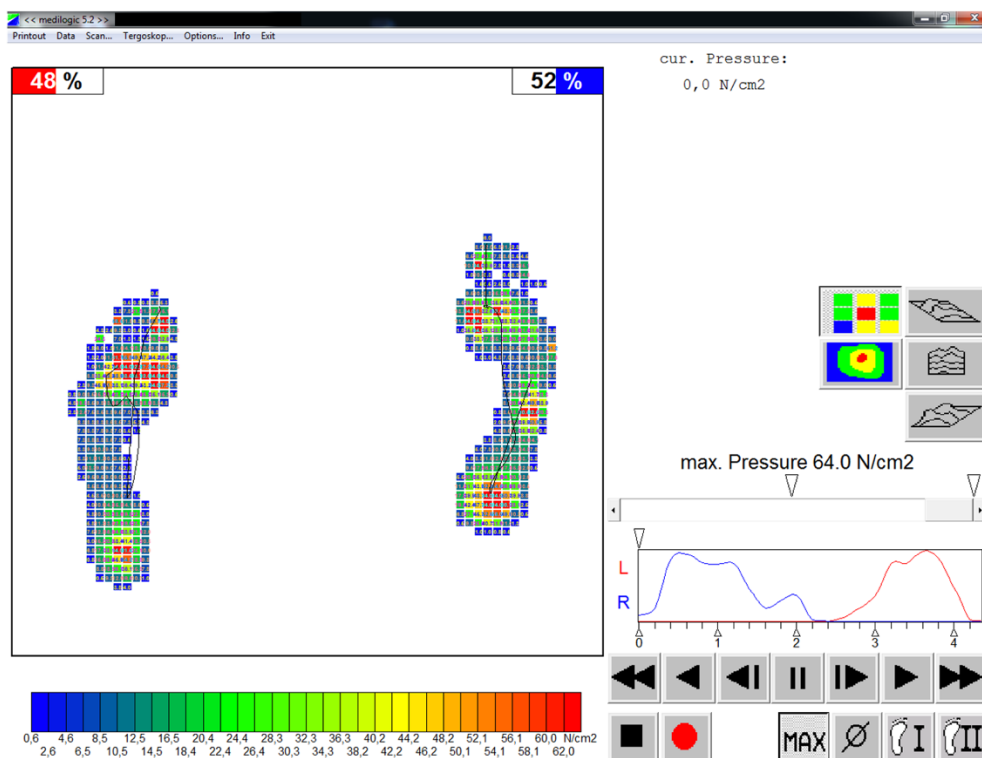
Slika 11. Određivanje najniže točke petne kosti uz pomoć digitalnog alata (autorska slika, dobivena pomoću AutoCAD programske podrške).

Radiološku analizu izvršili su doktor medicine, specijalist ortopedije i traumatologije i doktor medicine, specijalizant ortopedije i traumatologije. Također su bili provedeni postupci provjere pouzdanosti mjerenja: intraopservatorska i interopservatorska pouzdanost. Radi procjene intra- i interopservatorske pouzdanosti, oba su ispitivača dvaput provela sva radiološka mjerenja na 20 nasumično odabranih posteroanteriornih radiograma cijelog donjeg ekstremiteta u opterećenju, s vremenskim razmakom od pet tjedana između mjerenja. Pouzdanost svih radioloških mjerenja procijenjena je pomoću intraklasnih korelacijskih koeficijenata (ICC, engl. *intraclass correlation coefficients*), koji su za intra- i interopservatorsku pouzdanost iznosili >0.85 (raspon $0.85 - 0.93$), što ukazuje na visoku razinu pouzdanosti mjerenja. S obzirom na visoku pouzdanost mjerenja, za konačnu analizu korištena su mjerenja

jednog doktora medicine, specijaliste ortopedije i traumatologije. Sva radiološka mjerenja izračunata su na dvije decimalne znamenke.

3.2.1.5. Pedobarografija

Distribucija plantarnog pritiska stopala mjerila se metodom pedobarografije na prijenosnoj platformi Bodytronic® 140 (Medilogic, Schönefeld, Njemačka) serijskog broja 502212507P prema standardiziranom postupku. Prije samog postupka mjerenja napravljena je kalibracija u skladu s uputama proizvođača. Dinamička pedobarografija izvodila se na način da je platforma smještena u sredini prostorije, omogućujući ispitaniku da prije i nakon mjerenja napravi nekoliko koraka. Hod je započinjao s prednje strane platforme, pri čemu je ispitanik učinio nekoliko koraka prije platforme, zatim punim korakom zakoračio jednom nogom na platformu, nastavio hod nakon nje, okrenuo se i istim postupkom drugom nogom stupio na platformu, kako bi se zabilježili zapisi plantarnog pritiska za oba stopala. Tijekom snimanja ispitanici su bili bosi, kako bi se izbjegao utjecaj obuće na distribuciju pritiska. Analiza dobivenih rezultata izvršena je u programu Medilogic verzija 5.2. Analizirali su se sljedeći parametri: postotak opterećenja operirane i neoperirane noge te maksimalni plantarni pritisak izražen u N/cm^2 (Slika 12). Plantarni pritisak dodatno se analizirao u tri regija stopala na obje noge: stražnjem dijelu označenom kao M1, srednjem dijelu označenom (M2) i predjem dijelu (M3). Podjela stopala na ove tri anatomske regije temelji se na metodologiji opisanoj u radu Orlina i McPoila, što omogućuje standardiziranu analizu distribucije pritiska duž plantarne površine stopala [57].



Slika 12. Pedobarografska analiza stopala. Prikaz pedobarografske analize dobiven na prijenosnoj platformi. Vizualizirani su postotci opterećenja između operirane i neoperirane noge te maksimalni plantarni pritisak u N/cm². Boje na prikazu odgovaraju intenzitetu pritiska, od nižih vrijednosti (plavo) do viših (crveno) (autorska slika ekrana, dobivena pomoću Medilogic programske podrške).

3.3. Etički aspekti istraživanja

Ovo znanstveno istraživanje odobreno je od strane Etičkog povjerenstva Klinike za ortopediju i traumatologiju Lovran (URBROJ: 02-272/2019) i Povjerenstva za etička pitanja Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci (URBROJ: 2170-1-42-04-35/1-24-3). U ovom je istraživanju osigurano poštivanje bioetičkih standarda u skladu Nürnberškim kodeksom, najnovijom revizijom Helsinške deklaracije te ostalim mjerodavnim dokumentima. Istraživanje je bilo prospektivno, a podatci su prikupljeni u skladu s načelima medicinske etike. Osigurana je privatnost bolesnika koji su dobrovoljno sudjelovali u istraživanju te je zajamčena tajnost svih prikupljenih podataka. Imena bolesnika nisu se nigdje navodila, već je svakom sudioniku dodijeljen jedinstveni identifikacijski kod poznat isključivo istraživačima uključenima u studiju. Svi bolesnici bili su prethodno upoznati s protokolom istraživanja te informirani da će

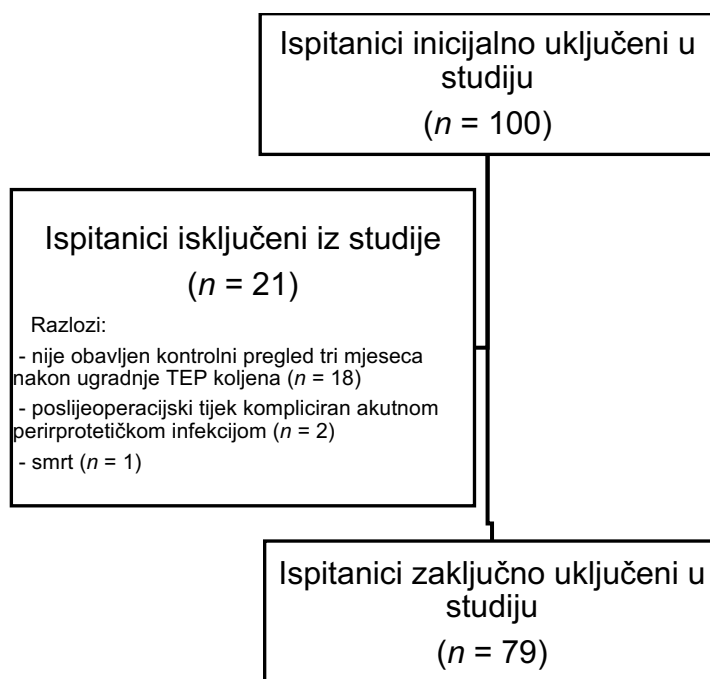
njihovi medicinski podatci biti korišteni isključivo u svrhu provedbe ovog istraživanja. Svoj pristanak za sudjelovanje u istraživanju bolesnici su nakon pročitane obavijesti za ispitanika potvrdili potpisivanjem informiranog pristanka koji je bilo odobren od strane Etičkog povjerenstva Klinike za ortopediju i traumatologiju Lovran i Povjerenstva za etička pitanja Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci.

3.4. Statistička obrada podataka

Za određivanje odgovarajuće veličine uzorka provedena je analiza snage testa (engl. *power analysis*) korištenjem programa G*Power 3.1 (Heinrich Heine University, Düsseldorf, Njemačka). Učinak je definiran unaprijed, uz razinu značajnosti (α) postavljenu na 0.05 i snagu testa ($1 - \beta$) na 0.80. Analiza snage pokazala je da je za otkrivanje statistički značajnih razlika potreban minimalni uzorak od 69 ispitanika. U istraživanje je konačno uključeno 79 ispitanika. Statistička obrada podataka doktorskog rada je provedena u programu IBM SPSS Statistics (International Business Machines Corporation, Armonk, New York, Sjedinjene Američke Države) verzija 29.0.2.0. Normalnost distribucije testirana je Kolmogorov-Smirnovljevim testom. Kvantitativne varijable prikazane su pomoću aritmetičke sredine i standardne devijacije za podatke normalne distribucije, a u slučaju odstupanja od normalnosti rezultati su prikazani pomoću medijana i interkvartilnog raspona. Za usporedbu zavisnih kvantitativnih podataka korišten je neparametrijski Wilcoxonov test za zavisne uzorke. Usporedba više nezavisnih skupina za neparametrijske podatke provedena je Kruskal-Wallisovim testom. Mann-Whitney U test koristili smo naknadno da bismo utvrdili između kojih dviju od više međusobno uspoređivanih skupina postoji statistička značajnost. Korelacija su ispitane Spearmanovim testom korelacije. Razlike među varijablama koje su izražene na nominalnoj razini ispitane su pomoću Chi-kvadrat testa. Razina statističke značajnosti određena je na $p < 0.05$, a sve p vrijednosti prikazane su na tri decimalne znamenke. Slikovni i tabelarni prikazi rezultata napravljeni su u programima Microsoft Excel i IBM SPSS Statistics.

4. REZULTATI

4.1. Tijek istraživanja



Slika 13. Dijagram tijeka istraživanja

4.2. Demografske i kliničke značajke bolesnika u istraživanju

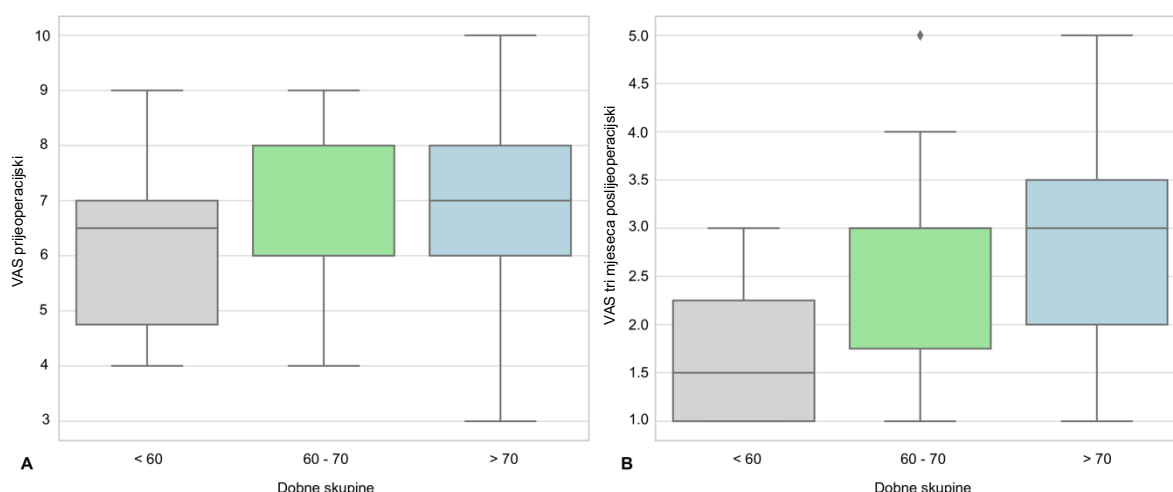
Od ukupno 79 bolesnika uključenih u istraživanja, 47 ispitanika (59.49%) je ženskog (Ž) spola, a 32 ispitanika (40.51%) je muškog (M) spola. Prosječna dob ispitanika iznosila je 70.62 godine, standardna devijacija (SD) ± 7.44 godine, a raspon 49 – 86 godina. Desna strana koljena operirana je u 44 bolesnika (55.70%), a lijeva u 35 bolesnika (44.30%). Prosječna masa bolesnika iznosila je 87.96 kg i SD ± 18.22 kg, prosječna visina 168.09 cm i SD ± 8.90 cm, a indeks tjelesne mase 30.75 kg/m^2 i SD $\pm 5.04 \text{ kg/m}^2$. Prema ASA klasifikaciji, 13 bolesnika (16.46%) pripadalo je ASA 1, 32 bolesnika (40.51%) ASA 2, a 34 bolesnika (43.03%) ASA 3 kategoriji.

Bolesnici su svrstani u tri dobne skupine: <60 godina ($n = 5$; 6.33%), 60 – 70 godina ($n = 27$; 34.18%) i >70 godina ($n = 47$; 59.49%). Analizom razlika među skupinama korištenjem jednosmjerne analize varijance (ANOVA), utvrđena je statistički značajna razlika u tjelesnoj masi ($p = 0.002$) i indeksu tjelesne mase ($p = 0.004$), dok razlika u visini nije bila statistički značajna ($p = 0.208$). Korištenjem Chi-kvadrat testa nije pronađena statistički značajna razlika među dobnim skupinama u spolu ($p = 0.323$), operiranoj strani ($p = 0.599$) ni ASA klasifikaciji ($p = 0.715$).

4.3. Procjena i usporedba intenziteta boli prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski

Vrijednosti VAS-a uspoređene su kako bi se procijenila promjena u intenzitetu boli nakon operacijskog zahvata ugradnje TEP koljena. Prijeoperacijski, medijan vrijednosti VAS iznosio je 7, uz interkvartilni raspon (IQR) od 6 do 8. Tri mjeseca nakon operacije, medijan se smanjio na 3, s IQR-om od 2 do 3. Statističkom analizom utvrđena je značajna razlika između VAS vrijednosti prije i nakon operacije ($p < 0.001$), korištenjem neparametrijskog Wilcoxonovog testa za zavisne uzorke.

Podjelom ispitanika u tri dobne skupine (<60 godina, 60 – 70 godina i >70 godina) analizirane su razlike u vrijednostima VAS prijeoperacijski i tri mjeseca nakon operacije. Primjenom Kruskal-Wallis neparametrijskog testa nije utvrđena statistički značajna razlika među dobnim skupinama u VAS vrijednostima prijeoperacijski ($p = 0.408$), kao ni tri mjeseca nakon operacije ($p = 0.054$) (Slika 14).



Slika 14. Dijagram vizualno analogne ljestvice boli po dobnim skupinama. Rezultati su prikazani pomoću kutijastog dijagrama (engl. *box-plot*): medijan (—), interkvartilni raspon (□), raspon unutar vrijednosti koje nisu izdvojene (I), te izdvojene vrijednosti (engl. *outliers*) (◇).

(a) Prijeoperacijski;

(b) Tri mjeseca poslijeoperacijski (autorski dijagram).

4.4. Procjena i usporedba funkcionalnog statusa koljena i gležnja prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski

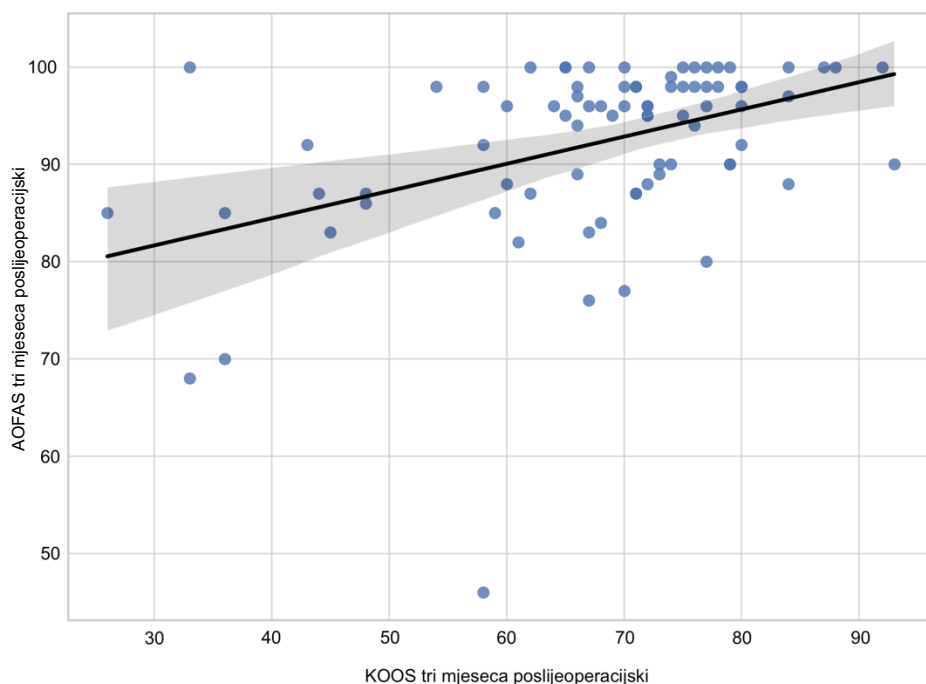
Analiza napretka funkcionalnog statusa koljena i gležnja provedena je usporedbom vrijednosti prijeoperacijski i tri mjeseca nakon operacijskog zahvata ugradnje TEP koljena. Uspoređivani su aktivan opseg pokreta fleksije i ekstenzije, izraženi u stupnjevima, te rezultati validiranih funkcionalnih upitnika KOOS i AOFAS. Statistički značajna razlika utvrđena je u opsegu pokreta ekstenzije ($p < 0.001$), kao i u rezultatima KOOS i AOFAS upitnika ($p < 0.001$), dok razlika u fleksiji koljena nije bila statistički značajna ($p = 0.112$). Za sve usporedbe korišten je neparametrijski Wilcoxonov test za zavisne uzorke (Tablica 2).

Tablica 2. Usporedba aktivnog opsega pokreta u koljenu te provedenih funkcionalnih upitnika koljena i gležnja prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski. Vrijednosti medijana i interkvartilnih raspona s pripadajućim p vrijednostima.

Parametar	Medijan	Interkvartilni raspon (25. – 75.)	p vrijednost
Fleksija, prijeoperacijski (°)	100	90 – 120	0.112
Fleksija, tri mjeseca poslijeoperacijski (°)	110	100 – 120	
Ekstenzija, prijeoperacijski (°)	5	0 – 10	< 0.001
Ekstenzija, tri mjeseca poslijeoperacijski (°)	0	0 – 0	
KOOS, prijeoperacijski	39	29.5 – 46	< 0.001
KOOS, tri mjeseca poslijeoperacijski	71	63 – 76.5	
AOFAS, prijeoperacijski	89	80.50 – 97.5	< 0.001
AOFAS, tri mjeseca poslijeoperacijski	96	88 – 98	

Podjelom ispitanika u tri dobne skupine (<60 godina, 60 – 70 godina i >70 godina) uspoređene su vrijednosti aktivnog opsega pokreta koljena (fleksija i ekstenzija), te rezultati funkcionalnih upitnika KOOS i AOFAS prijeoperacijski i tri mjeseca nakon operacijskog zahvata ugradnje TEP koljena. Primjenom Kruskal-Wallisovog neparametrijskog testa nije utvrđena statistički značajna razlika u vrijednostima nijednog od analiziranih parametara među dobnim skupinama prijeoperacijski (fleksija: $p = 0.075$, ekstenzija: $p = 0.170$, KOOS: $p = 0.432$, AOFAS: $p = 0.142$), ni tri mjeseca poslijeoperacijski (fleksija: $p = 0.644$, ekstenzija: $p = 0.317$, KOOS: $p = 0.592$, AOFAS: $p = 0.481$).

Spearmanova korelacijska analiza pokazala je statistički značajnu pozitivnu povezanost između funkcionalnog statusa koljena i gležnja tri mjeseca poslijeoperacijski, mjerenih pomoću KOOS i AOFAS upitnika ($p = 0.399$; $p < 0.001$) (Slika 15).



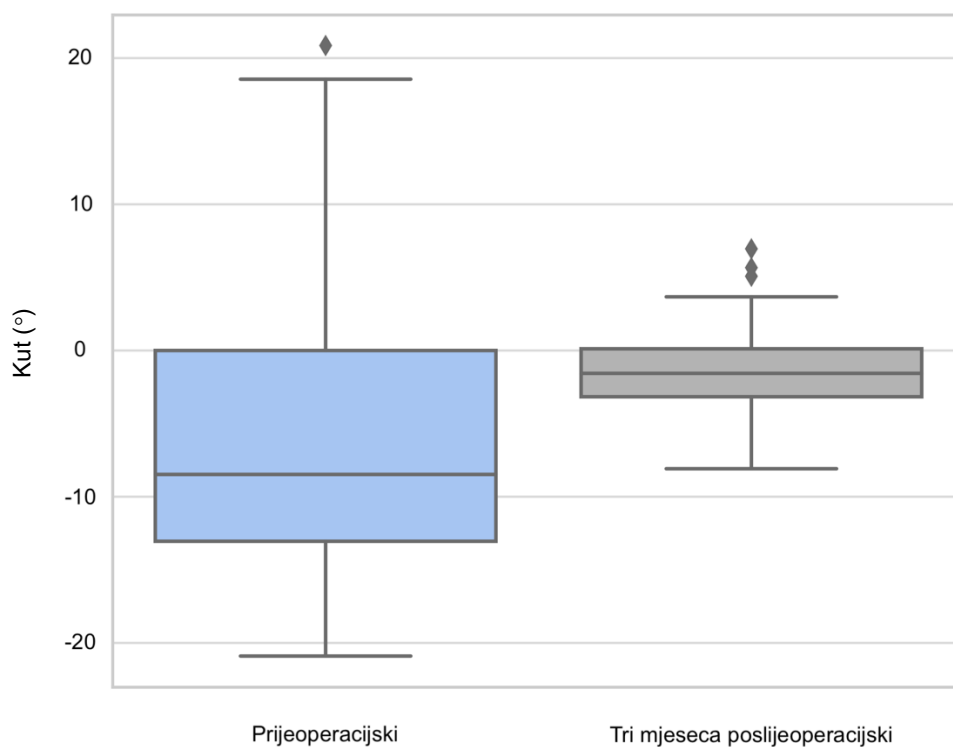
Slika 15. Povezanost funkcionalnog statusa koljena i gležnja tri mjeseca poslijeoperacijski. Rezultati su prikazani pomoću dijagrama raspršenja (engl. *scatterplot*), crna linija označava regresijsku liniju, a sivi pojas predstavlja 95% interval pouzdanosti regresijske linije, odnosno područje unutar kojeg se s visokom vjerojatnošću nalazi stvarna povezanost u populaciji (autorski dijagram).

S ciljem procjene kliničke važnosti oporavka, provedena je analiza promjene funkcionalnog statusa koljena tri mjeseca nakon ugradnje TEP koljena, koristeći kriterij minimalno klinički značajne promjene (MCID, engl. *minimal clinically important difference*) za KOOS. S obzirom na literaturne podatke koji navode raspon MCID-a od 6 do 10 bodova u ranom poslijeoperacijskom razdoblju, korišten je srednji prag od 8 bodova za procjenu kliničkog poboljšanja [58]. Rezultati su pokazali da je 70 od ukupno 79 ispitanika (88.61%) postiglo porast vrijednosti KOOS upitnika jednak ili veći od definiranog MCID-a, što ukazuje na visoki udio bolesnika s subjektivno relevantnim funkcionalnim poboljšanjem tri mjeseca poslijeoperacijski.

4.5. Analiza radioloških mjerenja donjeg ekstremiteta

4.5.1. Analiza mehaničke osovine koljena prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski

Od ukupno 79 bolesnika uključenih u istraživanja, medijan mehaničke osovine koljena prijeoperacijski bio je -8.48° (IQR $-13.07 - 0^\circ$), a poslijeoperacijski -1.55° (IQR $-3.18 - 0.1^\circ$) (Slika 16). Neparametrijskim Wilcoxonovim testom dokazana je statistički značajna razlika između prijeoperacijske i poslijeoperacijske mehaničke osovine koljena ($p = 0.001$), što ukazuje da je operacijskim zahvatom postignuto ispravljanje deformacije koljena. Radiološkom analizom mehaničke osovine koljena prijeoperacijski utvrđeno je da je varus deformaciju imalo 59 (74.68%) ispitanika, dok je valgus deformaciju imalo 20 (25.32%) ispitanika. Unutar varus skupine, 27 (45.76%) ispitanika imalo je kut u rasponu od -5° do -10° , 18 (30.51%) od -10° do -15° , a 14 (23.73%) kut veći od -15° . U valgus skupini, 7 (35%) ispitanika imalo je kut u rasponu od 5° do 10° , 8 (40%) od 10° do 15° , a 5 (25%) kut veći od 15° .



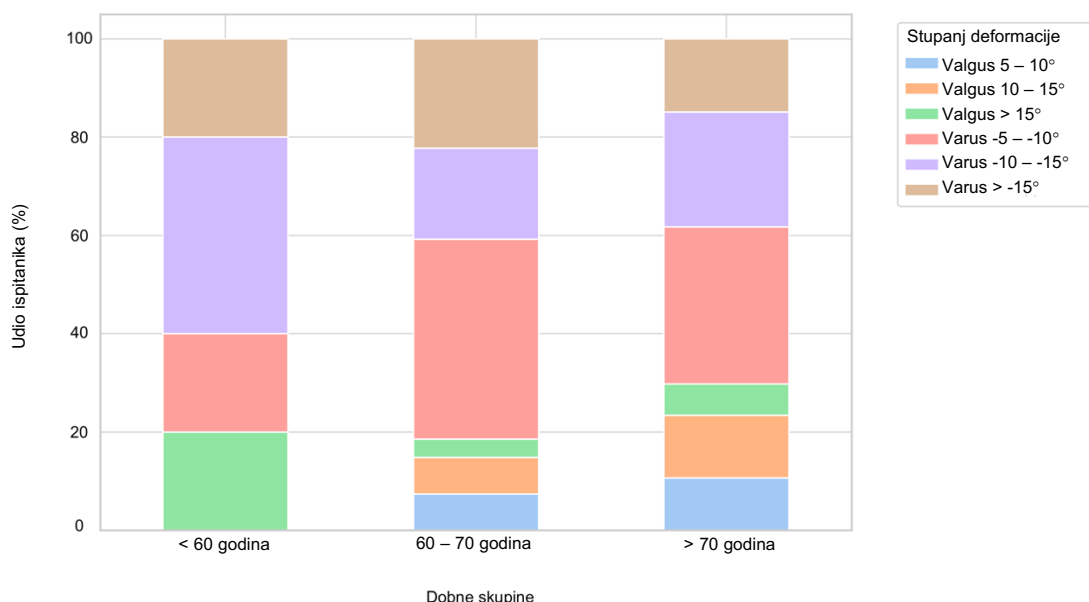
Slika 16. Mehanička osovina koljena prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski. Rezultati su prikazani pomoću kutijastog dijagrama (engl. *box-plot*): medijan (—), interkvartilni raspon ($\square$), raspon unutar vrijednosti koje nisu izdvojene (I), te izdvojene vrijednosti (engl. *outliers*) ($\diamond$) (autorski dijagram).

Ispitanici su zatim podijeljeni u tri dobne skupine: <60 godina, 60 – 70 godina i >70 godina, kako bi se dodatno ispitala distribucija stupnja deformacije unutar svake dobne skupine (Tablica 3, Slika 17).

Tablica 3. Raspodjela stupnja deformacije koljena po dobnim skupinama (*n*)

Dobna skupina	Valgus 5 – 10°	Valgus 10 – 15°	Valgus $\geq$ 15°	Varus -5 – -10°	Varus -10 – -15°	Varus $\geq$ -15°
< 60 godina	0	0	1	1	2	1
60 – 70 godina	2	2	1	11	5	6

> 70 godina	5	6	3	15	11	7
-------------	---	---	---	----	----	---



Slika 17. Raspodjela stupnja deformacije koljena po dobnim skupinama u postotcima. Stupčasti dijagram (engl. *stacked bar chart*) prikazuje distribuciju varus i valgus deformacija koljena unutar dobnih skupina (<60, 60 – 70, >70 godina). Vrijednosti su izražene u postotcima (autorski dijagram).

Proveden je Chi-kvadrat test kako bi se procijenila povezanost između dobi i stupnja deformacije koljena. Nema statistički značajne povezanosti između dobi i stupnja deformacije ($p = 0.849$).

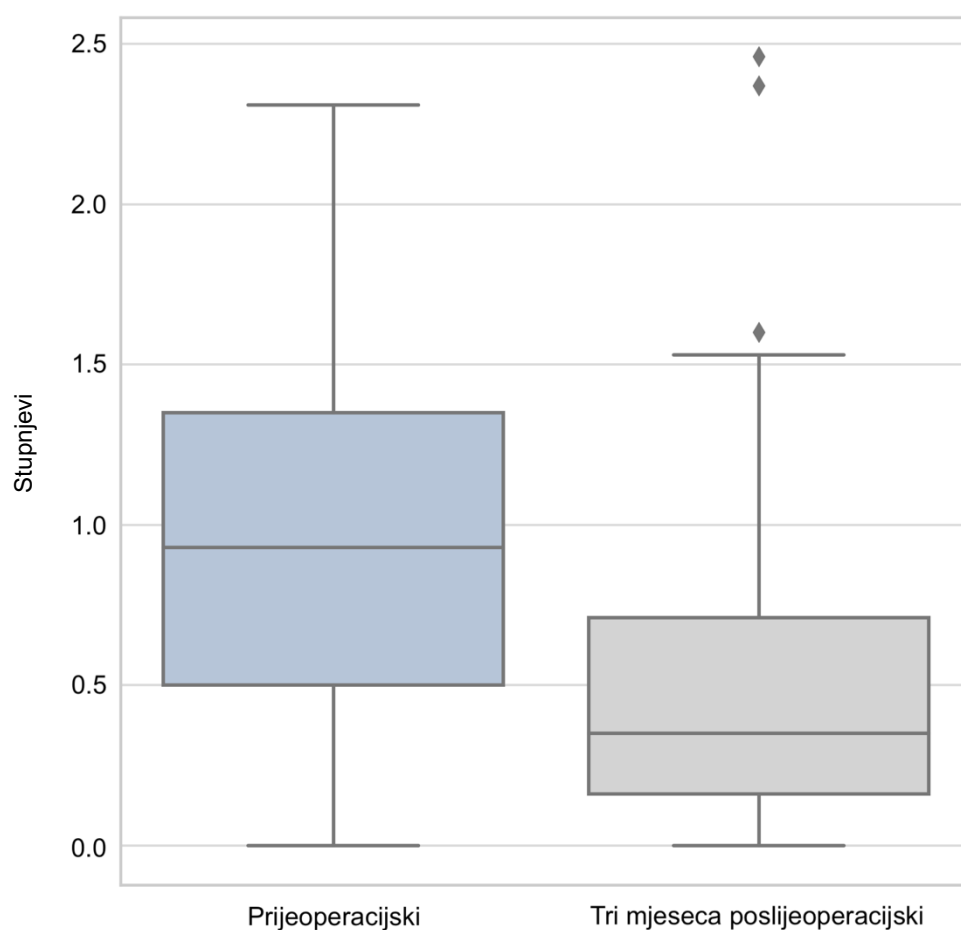
4.5.2. Usporedba standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta te njihove međusobne razlike prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski

Standardna mehanička osovina donjeg ekstremiteta izražena u stupnjevima analizirana je prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski. Prijeoperacijski je

medijan standardne mehaničke osovine iznosio 1.68° (IQR: $1.14 - 2.97^{\circ}$), dok je tri mjeseca poslijeoperacijski iznosio 2.08° (IQR: $1.43 - 2.97^{\circ}$). Neparametrijskim Wilcoxonovim testom dokazano je kako nema statistički značajne razlike između standardne mehaničke osovine donjeg ekstremiteta prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski ($p = 0.087$).

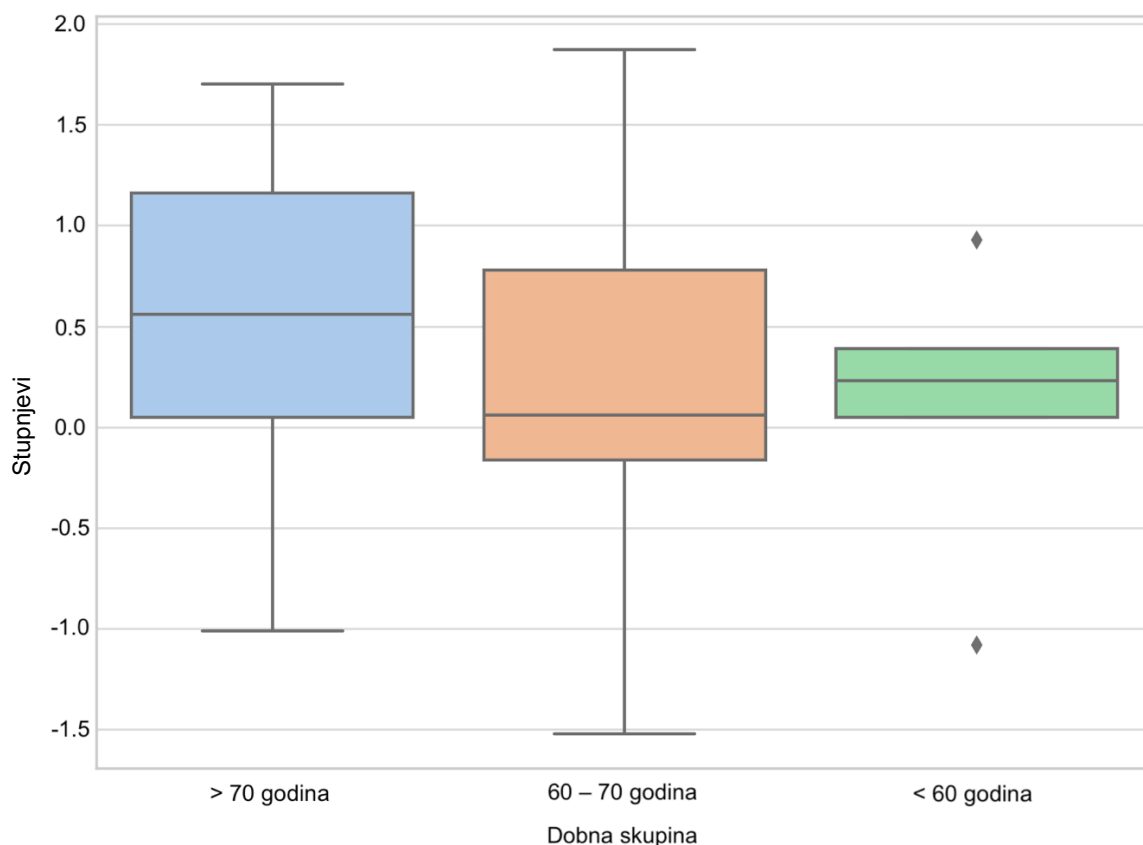
Prijeoperacijski medijan mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta iznosio je 1.35° (IQR: $0.56 - 2.04^{\circ}$), dok je tri mjeseca poslijeoperacijski iznosio 2.02° (IQR: $1.53 - 2.97^{\circ}$). Neparametrijskim Wilcoxonovim testom dokazano je kako postoji statistički značajna razlika između mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski ($p < 0.001$).

Analizom razlike standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta, utvrđeno je kako je prijeoperacijski medijan razlike između ove dvije osovine iznosio 0.93° (IQR: $0.50 - 1.35^{\circ}$), dok je tri mjeseca poslijeoperacijski iznosio 0.35° (IQR: $0.16 - 0.71^{\circ}$) (Slika 18). Neparametrijskim Wilcoxonovim testom dokazano je kako postoji statistički značajna razlika između razlike tih dviju osovina prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski ($p < 0.001$).



Slika 18. Usporedba razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski. Rezultati su prikazani pomoću kutijastog dijagrama (engl. *box-plot*): medijan (—), interkvartilni raspon (□), raspon unutar vrijednosti koje nisu izdvojene (I), te izdvojene vrijednosti (engl. *outliers*) (◇) (autorski dijagram).

Daljnjom analizom ispitana je razlika u vrijednostima prijeoperacijske i tri mjeseca poslijeoperacijske razlike standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta među različitim dobnim skupinama ispitanika (<60, 60 – 70 i >70 godina) (Slika 19). Premda je u svim skupinama zabilježeno smanjenje razlike između standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja tri mjeseca poslijeoperacijski, neparametrijski Kruskal-Wallisov test nije pokazao statistički značajnu razliku u veličini te promjene među dobnim skupinama ($p = 0.170$). Ovi rezultati upućuju na to da dob bolesnika nije imala značajan utjecaj na korekciju osovine tijekom ranog poslijeoperacijskog razdoblja.



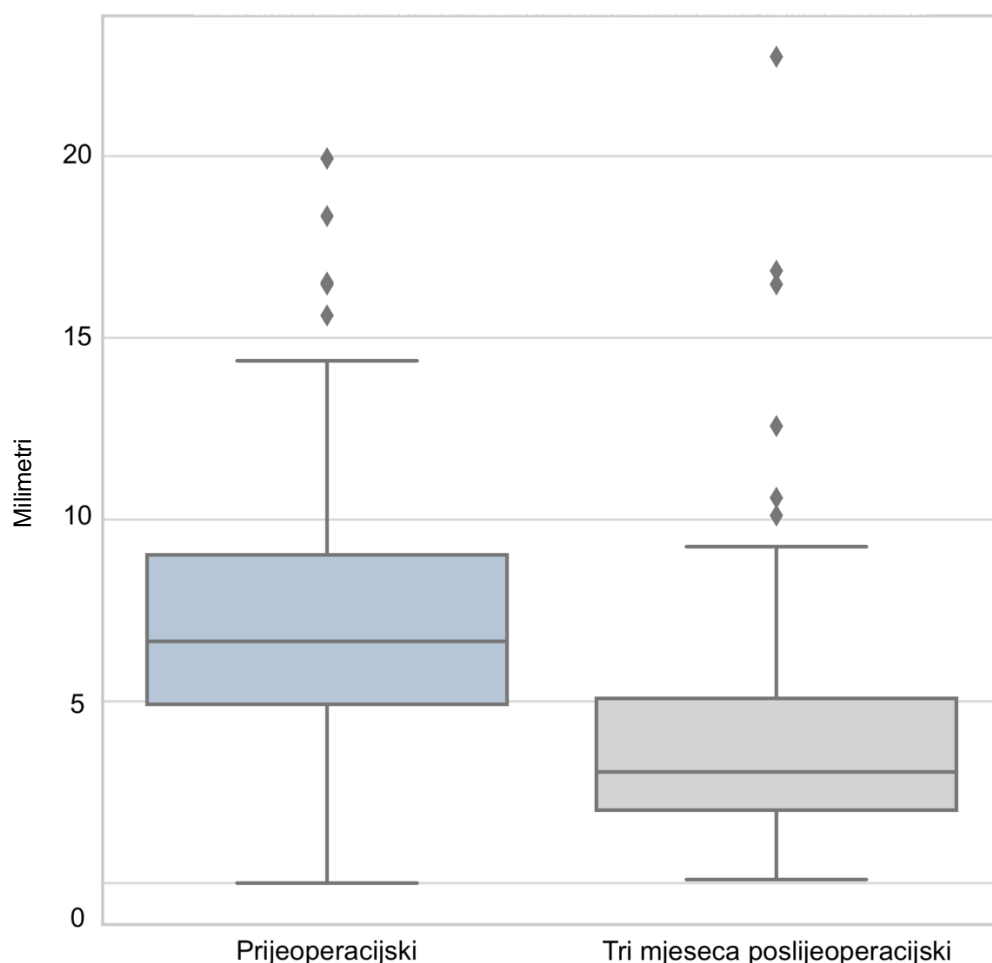
Slika 19. Usporedba prijeoperacijske i tri mjeseca poslijeoperacijske razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta po dobnim skupinama ispitanika. Rezultati su prikazani pomoću kutijastog dijagrama (engl. *box-plot*): medijan (—), interkvartilni raspon (□), raspon unutar vrijednosti koje nisu izdvojene (I), te izdvojene vrijednosti (engl. *outliers*) (◇) (autorski dijagram).

4.5.2.1. Usporedba standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na razini koljena i gležnja

Razlike između standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta dodatno su analizirane na razini koljena i gležnja, izražene u milimetrima.

Na razini koljena, medijan razlike prijeoperacijski iznosio je 6.64 mm (IQR: 4.92 – 9.02 mm), dok je tri mjeseca poslijeoperacijski bio 3.05 mm (IQR: 2.01 – 5.08 mm) (Slika 20). Neparametrijski Wilcoxonov test dokazao je statistički značajnu razliku između

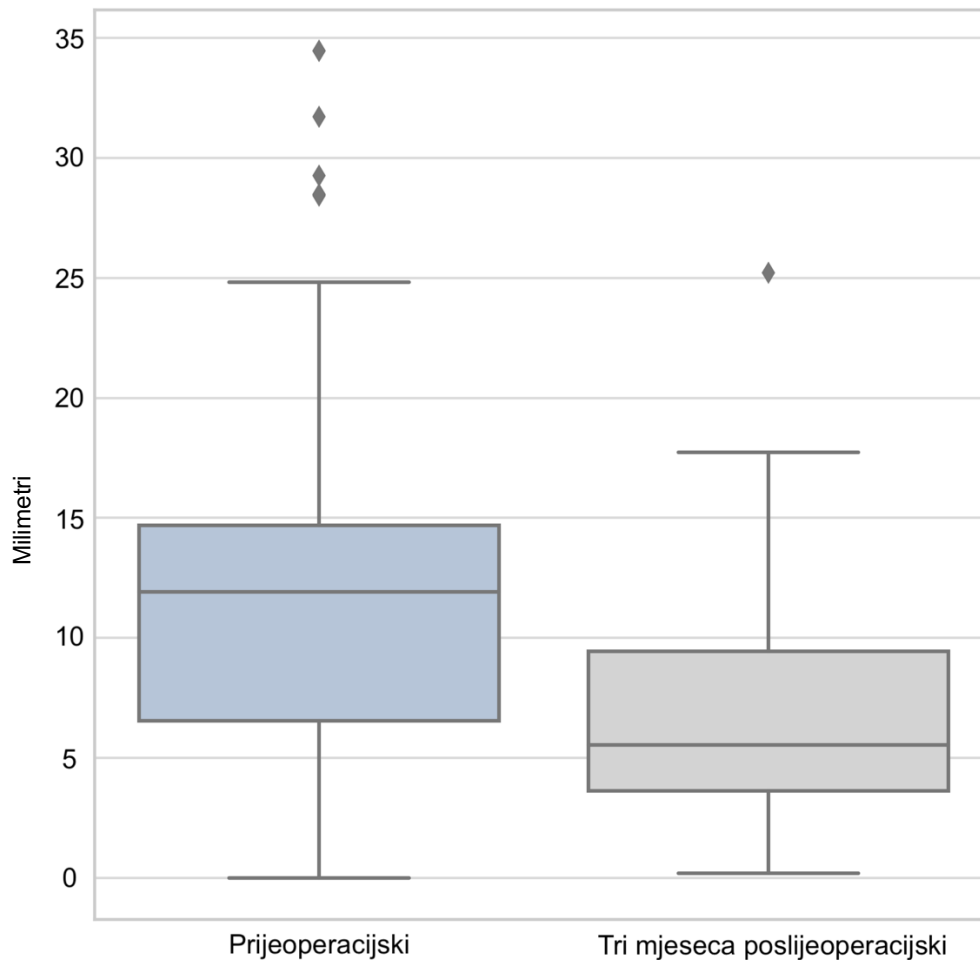
razlike standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na razini koljena prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski ($p < 0.001$).



Slika 20. Usporedba razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja na razini koljena, izražene u milimetrima, prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski. Rezultati su prikazani pomoću kutijastog dijagrama (engl. *box-plot*): medijan (—), interkvartilni raspon (□), raspon unutar vrijednosti koje nisu izdvojene (I), te izdvojene vrijednosti (engl. *outliers*) (◇) (autorski dijagram).

Na razini gležnja, medijan razlike prijeoperacijski iznosio je 11.92 mm (IQR: 6.54 – 14.69 mm), dok je tri mjeseca poslijeoperacijski 5.54 mm (IQR: 3.63 – 9.45 mm) (Slika 21). Neparametrijski Wilcoxonov test dokazao je statistički značajnu razliku između razlike standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja donjeg

ekstremiteta na razini koljena prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski ($p < 0.001$).



Slika 21. Usporedba razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja na razini gležnja, izražene u milimetrima, prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski. Rezultati su prikazani pomoću kutijastog dijagrama (engl. *box-plot*): medijan (—), interkvartilni raspon (□), raspon unutar vrijednosti koje nisu izdvojene (I), te izdvojene vrijednosti (engl. *outliers*) (◇) (autorski dijagram).

4.5.2.1.1. Usporedba standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na razini koljena i gležnja prema dobnim skupinama

Analizom razlike vrijednosti između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na razini koljena i gležnja po dobnim skupinama ispitanika (<60, 60 – 70 i >70 godina) nije utvrđena statistički značajna razlika među skupinama (Tablica 4).

Tablica 4. Medijan razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na razini koljena i gležnja po dobnim skupinama

Dobna skupina	Medijan (IQR) Δ prijeoperacijski i poslijeoperacijski na razini koljena (mm)	p vrijednost	Medijan (IQR) Δ prijeoperacijski i poslijeoperacijski na razini gležnja (mm)	p vrijednost
< 60 godina	3.75 (1.76 – 3.76)	0.761	4.32 (3.27 – 6.63)	0.423
60 – 70 godina	3.63 (-0.64 – 4.45)		4.52 (-1.12 – 7.54)	
> 70 godina	3.59 (1.98 – 4.59)		6.69 (2.55 – 8.31)	

4.5.2.1.2. Usporedba standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na razini koljena i gležnja prema vrsti i stupnju deformacije koljena

Analizom razlike između standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na razini koljena, izraženoj u milimetrima, u skupinama s varus i valgus deformacijom koljena, utvrđeno je da su ispitanici s varus deformacijom koljena pokazali brojčano izraženije smanjenje razlike između

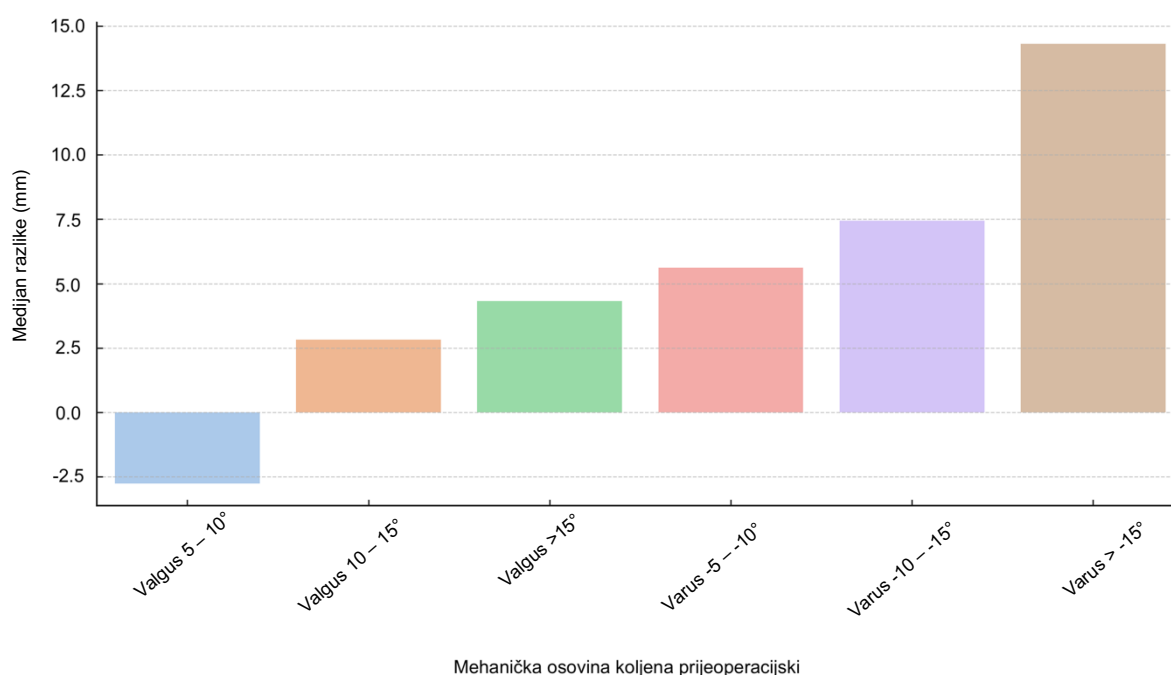
standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta (medijan: 3.72 mm; IQR: 2.27 – 5.99 mm) u odnosu na ispitanike s valgus deformacijom (medijan: 2.61 mm; IQR: 0.78 – 4.67 mm). Korištenjem neparametrijskog Mann-Whitney U testa nije utvrđena statistički značajna razlika u vrijednosti te razlike tri mjeseca poslijeoperacijski ($p = 0.138$). Ovi rezultati upućuju na to da vrsta prijeoperacijske deformacije koljena ne utječe značajno na razliku ovih dviju osovina u području koljena tri mjeseca poslijeoperacijski.

Analizom razlike između standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na razini gležnja, izraženoj u milimetrima, u skupinama s varus i valgus deformacijom koljena, utvrđeno je da su ispitanici s varus deformacijom koljena pokazali izraženije smanjenje razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta (medijan: 6.97 mm, IQR: 3.68–10.27 mm) u odnosu na ispitanike s valgus deformacijom (medijan: 2.82 mm, IQR: 0.20 – 4.67 mm). Korištenjem neparametrijskog Mann-Whitney U testa utvrđena je statistički značajna razlika u vrijednosti te razlike tri mjeseca poslijeoperacijski ($p = 0.004$). Ovi rezultati upućuju na to da vrsta prijeoperacijske deformacije koljena utječe na razliku ovih dviju osovina u području gležnja tri mjeseca poslijeoperacijski.

S obzirom da je utvrđena statistički značajna razlika u vrijednosti razlike između standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na razini gležnja, provedena je dodatna analiza kako bi se ispitala eventualna povezanost stupnja deformacije s veličinom promjene na razini gležnja. Ispitanici su grupirani prema vrijednosti mehaničke osovine koljena: valgus 5 – 10°, valgus 10 – 15°, valgus >15°, varus -5 – -10°, varus -10 – -15° i varus > -15°. Najveće smanjenje razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja na razini gležnja zabilježeno je u grupi s varus deformacijom > -15° (medijan: 14.31 mm, IQR: 6.58 – 16.85 mm), dok su dok su ispitanici s valgus deformacijom 5 – 10° pokazali porast razlike tri mjeseca poslijeoperacijski (medijan: -2.77 mm, IQR: -6.28 – 4.71 mm) (Tablica 5, Slika 22).

Tablica 5. Medijan i interkvartilni raspon vrijednosti razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na razini gležnja, prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski, prema stupnju deformacije koljena

Grupa	Medijan (IQR) prijeoperacijski (mm)	Medijan (IQR) poslijeoperacijski (mm)	Medijan (IQR) Δ prijeoperacijski i poslijeoperacijski (mm)
Valgus 5 – 10°	5.26 (0.80 – 7.53)	2.77 (0.71 – 7.07)	-2.77 (-6.28 – 4.71)
Valgus 10 – 15°	7.12 (4.72 – 8.87)	3.9 (2.28 – 4.33)	2.82 (2.18 – 3.83)
Valgus >15°	11.92 (10.98 – 13.02)	12.07 (4.23 – 14.92)	4.32 (-3.94 – 4.73)
Varus -5 – -10°	10.45 (5.85 – 13.23)	5.34 (3.33 – 7.69)	5.61 (1.28 – 7.04)
Varus -10 – -15°	12.6 (9.17 – 14.52)	5.57 (4.39 – 6.89)	7.44 (3.61 – 8.27)
Varus > -15°	24.17 (15.10 – 29.06)	10.11 (5.89 – 13.19)	14.31 (6.58 – 16.85)



Slika 22. Utjecaj stupnja deformacije koljena na promjenu razlike standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na razini gležnja. Stupčasti

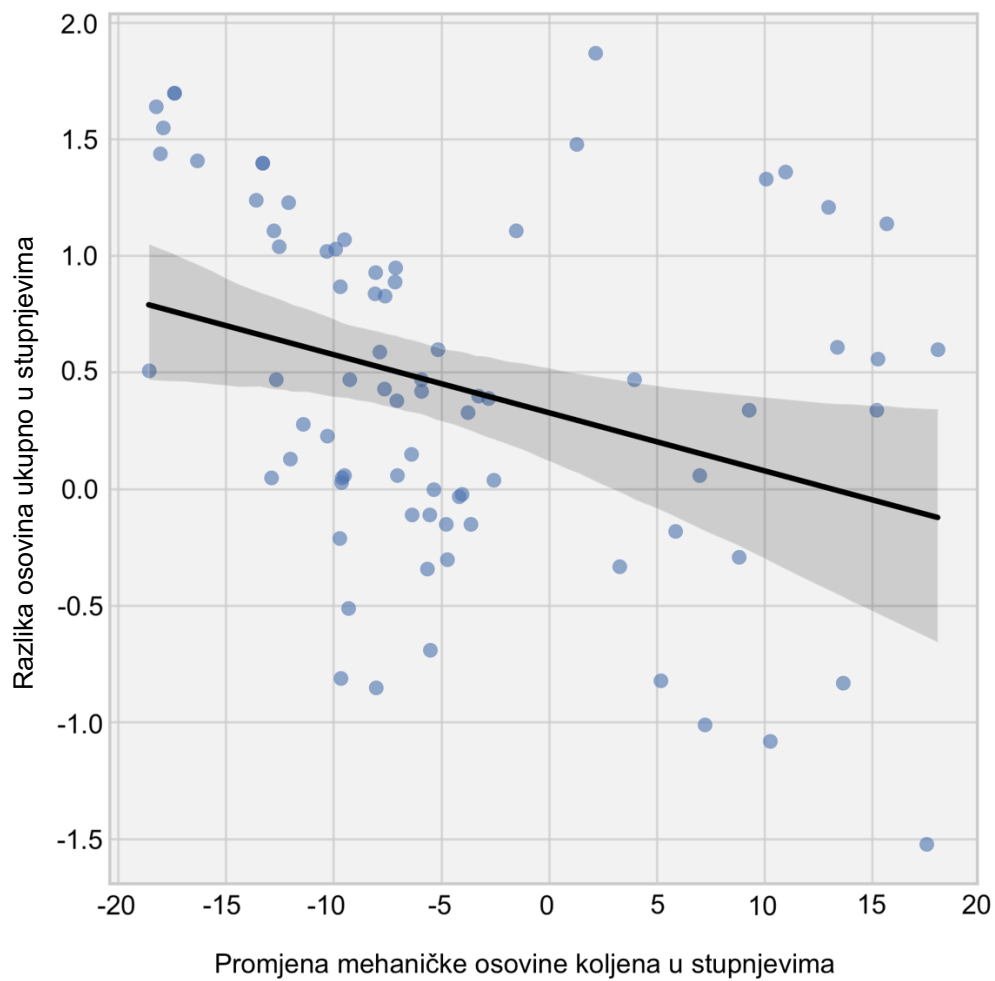
dijagram (engl. *bar chart*) s prikazom medijana. Negativna vrijednost ukazuje na povećanje razlike tri mjeseca poslijeoperacijski (autorski dijagram).

Provedenim neparametrijskim Kruskal-Wallisovim testom dokazano je da postoji statistički značajna razlika u vrijednosti smanjenja razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja na razini gležnja među ispitivanim skupinama ($p < 0.001$). Dodatno je ispitana povezanost između mehaničke osovine koljena prijeoperacijski i vrijednosti smanjenja razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja na razini gležnja tri mjeseca poslijeoperacijski. Spearmanovom rang korelacijom utvrđena je statistički značajna povezanost ($\rho = -0.534$; $p < 0.001$), što upućuje na to da izraženija deformacija koljena rezultira većim smanjenjem razlike između dviju osovina na razini gležnja.

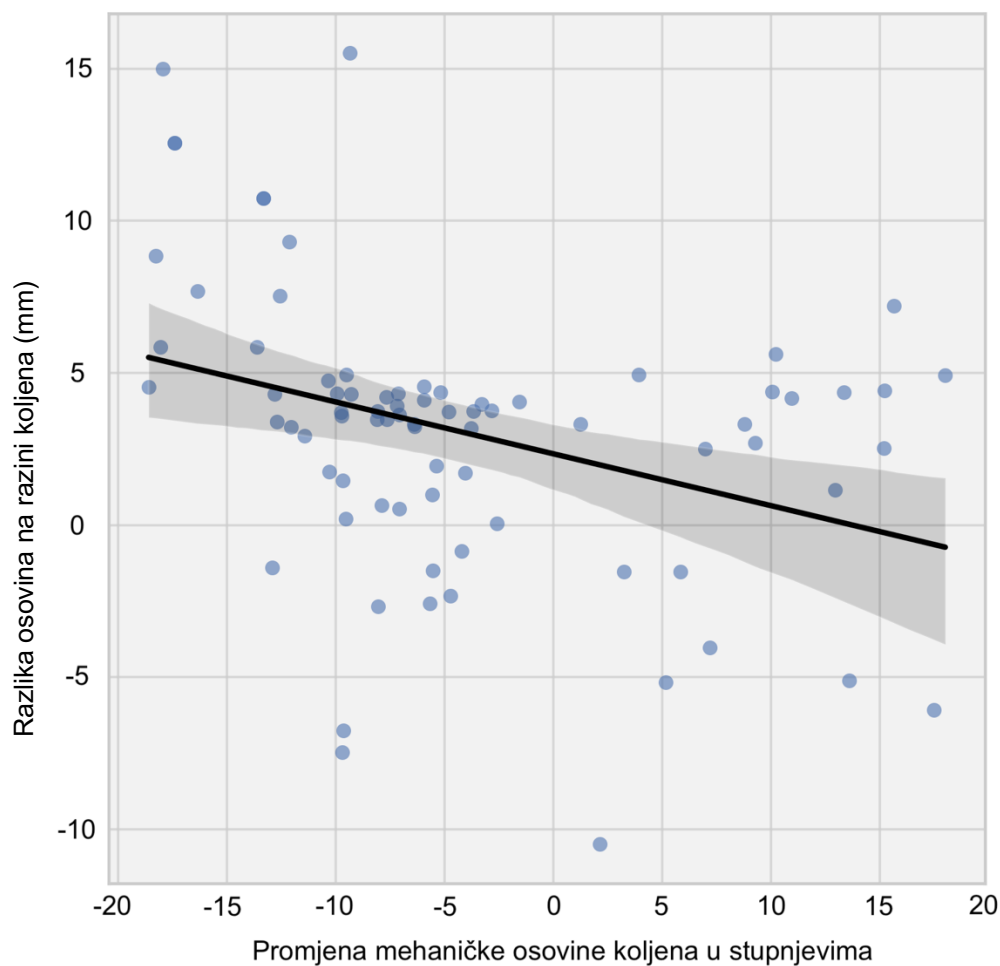
4.5.3. Povezanost ispravljanja mehaničke osovine koljena s razlikom između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta

Analizirana je povezanost između stupnja ispravljanja deformacije koljena operacijskim zahvatom ugradnje TEP i razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta.

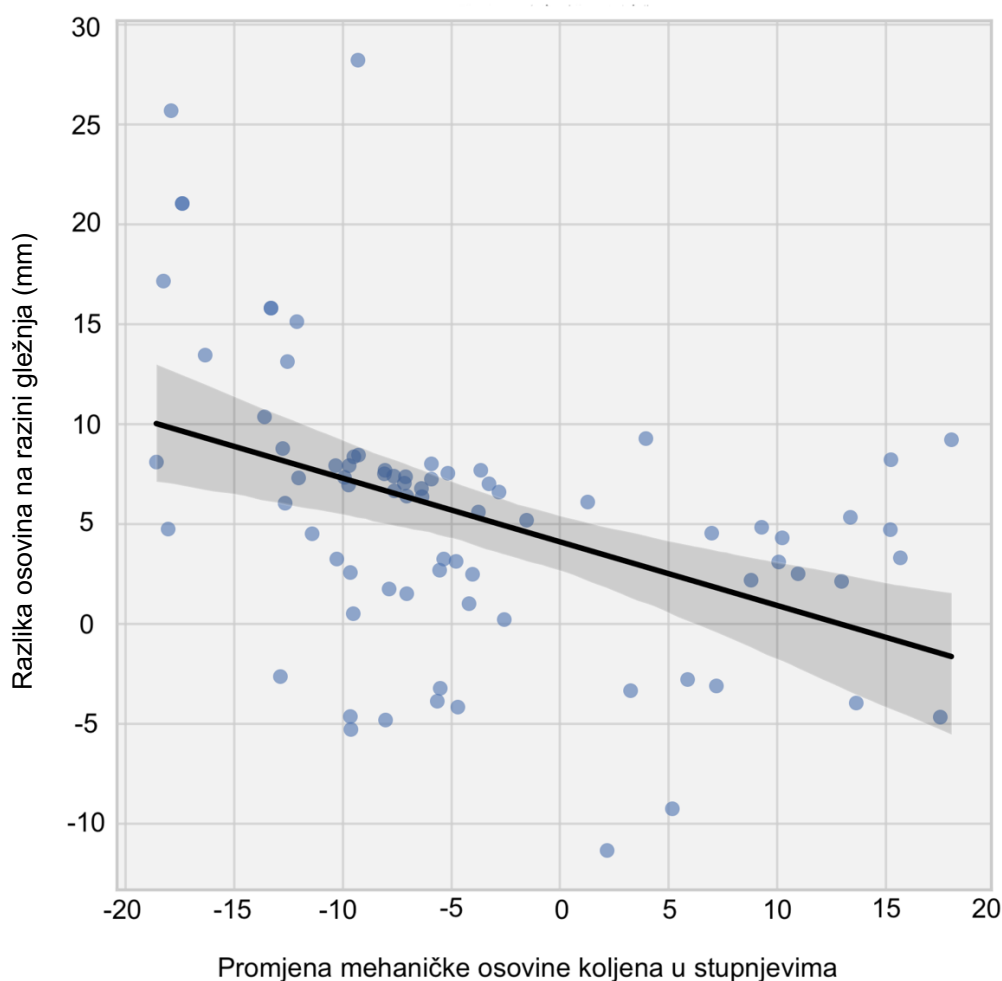
U tu svrhu ispitana je povezanost između promjene mehaničke osovine koljena i promjene između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta ukupno te na razini koljena i gležnja. Spearmanovom rang korelacijom utvrđena je statistički značajna negativna povezanost u svim analiziranim odnosima. Povezanost između promjene mehaničke osovine koljena i razlike između standardne i opterećene mehaničke osovine izražene u stupnjevima iznosila je $\rho = -0.359$ ($p = 0.001$) (Slika 23). Povezanost s razlikom na razini koljena izraženom u milimetrima iznosila je $\rho = -0.364$ ($p = 0.001$) (Slika 24), dok je najizraženija negativna korelacija utvrđena za razliku na razini gležnja ($\rho = -0.484$; $p < 0.001$) (Slika 25).



Slika 23. Povezanost korekcije mehaničke osovine koljena i razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta, u stupnjevima. Rezultati su prikazani pomoću dijagrama raspršenja (engl. *scatter-plot*), crna linija označava regresijsku liniju, a sivi pojas predstavlja 95% interval pouzdanosti regresijske linije. Uočava se negativna povezanost ($\rho = -0.359$; $p = 0.001$) (autorski dijagram).



Slika 24. Povezanost korekcije mehaničke osovine koljena i razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na razini koljena, u milimetrima. Rezultati su prikazani pomoću dijagrama raspršenja (engl. *scatter-plot*), crna linija označava regresijsku liniju, a sivi pojas predstavlja 95% interval pouzdanosti regresijske linije. Uočava se negativna povezanost ($\rho = -0.364$; $p = 0.001$) (autorski dijagram).



Slika 25. Povezanost korekcije mehaničke osovine koljena i razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na razini gležnja, u milimetrima. Rezultati su prikazani pomoću dijagrama raspršenja (engl. *scatter-plot*), crna linija označava regresijsku liniju, a sivi pojas predstavlja 95% interval pouzdanosti regresijske linije. Uočava se negativna povezanost ($\rho = -0.484$; $p < 0.001$) (autorski dijagram).

Ovi rezultati ukazali su na to da veće ispravljanje deformacije koljena ugradnjom TEP rezultira izraženijim smanjenjem razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta.

4.6. Pedobarografska analiza

Kako bi se procijenile promjene u biomehaničkom opterećenju stopala, pedobarografska analiza provedena je na uzorku od 79 ispitanika prijeoperacijski te ponovno tri mjeseca nakon ugradnje TEP koljena. Analizirani parametri uključivali su postotak opterećenja, ukupni maksimalni plantarni pritisak te maksimalni plantarni pritisak prema anatomskim regijama stopala: M1 (stražnji dio), M2 (srednji dio) i M3 (prednji dio), pri čemu su sve vrijednosti prikupljene za operiranu i neoperiranu nogu (Tablica 6).

Tablica 6. Usporedba pedobarografskih parametara prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski

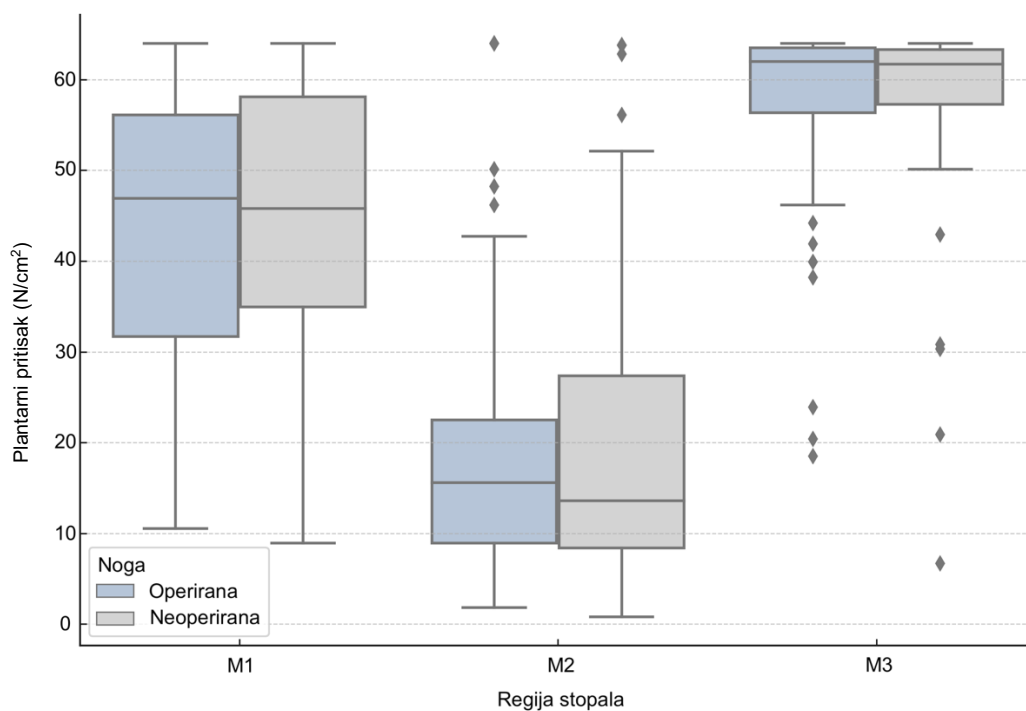
Parametar	Medijan (IQR) prijeoperacijski	Medijan (IQR) tri mjeseca poslijeoperacijski	<i>p</i> vrijednost
Opterećenje operirane noge (%)	50 (45.5 – 53)	49 (45 – 52.5)	0.861
Opterećenje neoperirane noge (%)	50 (47 – 54.5)	51 (47.5 – 54)	0.861
Maksimalni plantarni pritisak operirane noge (N/cm ²)	63 (59.45 – 63.8)	63 (58.45 – 64)	0.572
Maksimalni plantarni pritisak neoperirane noge (N/cm ²)	62.5 (59.75 – 63.8)	63 (60 – 64)	0.458
Maksimalni plantarni pritisak u regiji M1 operirane noge (N/cm ²)	46.9 (31.7 – 56.1)	51.8 (39.45 – 61)	0.002
Maksimalni plantarni pritisak u regiji M1 neoperirane noge (N/cm ²)	45.8 (34.95 – 58.1)	50.2 (37.15 – 63.1)	0.321
Maksimalni plantarni pritisak u regiji M2 operirane noge (N/cm ²)	15.6 (8.9 – 22.5)	11.4 (6.7 – 20.3)	0.051

Maksimalni plantarni pritisak u regiji M2 neoperirane noge (N/cm ²)	13.6 (8.4 – 27.35)	14.7 (8.1 – 26)	0.994
Maksimalni plantarni pritisak u regiji M3 operirane noge (N/cm ²)	62 (56.35 – 63.5)	61.9 (57.85 – 63.8)	0.403
Maksimalni plantarni pritisak u regiji M3 neoperirane noge (N/cm ²)	61.7 (57.25 – 63.3)	61.7 (58.1 – 63.8)	0.794

Rezultati dobiveni neparametrijskim Wilcoxonovim testom pokazali su da postotak opterećenja operirane noge tri mjeseca poslijeoperacijski nije bio značajno promijenjen u odnosu na prijeoperacijski ($p = 0.861$). Također, nema statistički značajne razlike u ukupnom maksimalnom plantarnom pritisku operirane noge ($p = 0.572$). Jedina statistički značajna razlika utvrđena je u maksimalnom plantarnom pritisku u regiji M1 operirane noge, gdje je zabilježen porast maksimalnog plantarnog pritiska tri mjeseca poslijeoperacijski u odnosu na prijeoperacijski ($p = 0.002$). U ostalim regijama stopala operirane noge razlike nisu bile statistički značajne.

4.6.1. Usporedba pedobarografske analize operirane i neoperirane noge prijeoperacijski

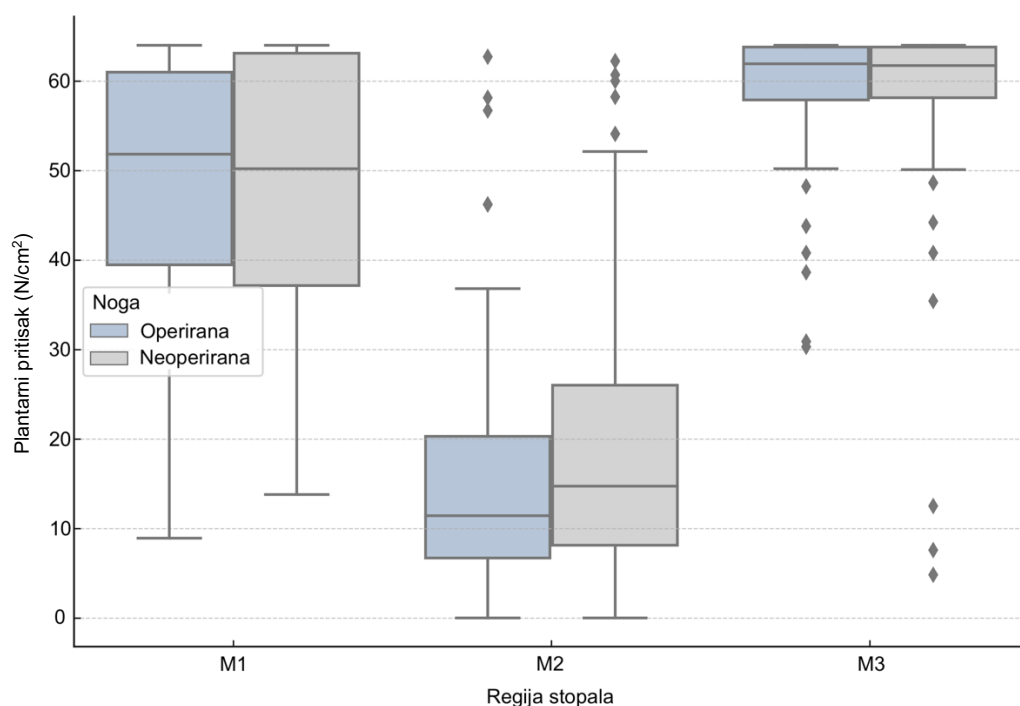
Kako bi se procijenila simetričnost u opterećenju stopala, prijeoperacijski su uspoređene vrijednosti između operirane i neoperirane noge za sve analizirane parametre (Slika 26). Rezultati nisu pokazali statistički značajne razlike u postotku opterećenja ($p = 0.317$), ukupnom maksimalnom plantarnom pritisku ($p = 0.669$) te maksimalnom plantarnom pritisku po regijama stopala: M1 ($p = 0.338$), M2 ($p = 0.646$) i M3 ($p = 0.454$).



Slika 26. Usporedba maksimalnog plantarnog pritiska između operirane i neoperirane noge po regijama stopala prijeoperacijski. Rezultati su prikazani pomoću kutijastog dijagrama (engl. *box-plot*): medijan (—), interkvartilni raspon (□), raspon unutar vrijednosti koje nisu izdvojene (I), te izdvojene vrijednosti (engl. *outliers*) (◇) (autorski dijagram).

4.6.2. Usporedba pedobarografske analize operirane i neoperirane noge tri mjeseca poslijeoperacijski

Kako bi se procijenila eventualna asimetrija u opterećenju operiranog stopala nakon ugradnje TEP koljena, tri mjeseca poslijeoperacijski su uspoređene vrijednosti između operirane i neoperirane noge za sve analizirane parametre (Slika 27). Rezultati nisu pokazali statistički značajne razlike u postotku opterećenja ($p = 0.317$), ukupnom maksimalnom plantarnom pritisku ($p = 0.669$) te maksimalnom plantarnom pritisku po regijama stopala: M1 ($p = 0.338$), M2 ($p = 0.646$) i M3 ($p = 0.454$).



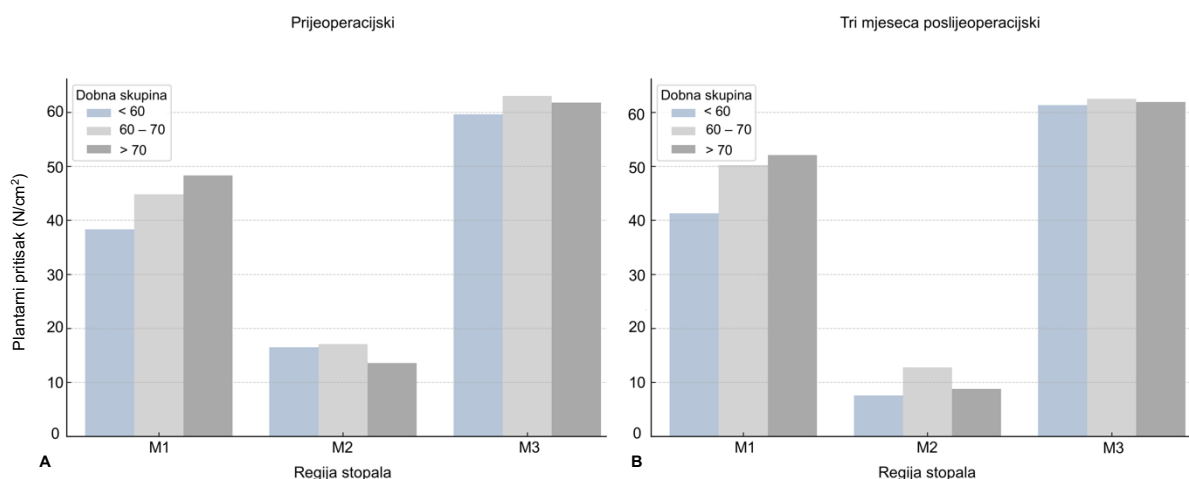
Slika 27. Usporedba maksimalnog plantarnog pritiska između operirane i neoperirane noge po regijama stopala tri mjeseca poslijeoperacijski. Rezultati su prikazani pomoću kutijastog dijagrama (engl. *box-plot*): medijan (—), interkvartilni raspon ($\square$), raspon unutar vrijednosti koje nisu izdvojene (I), te izdvojene vrijednosti (engl. *outliers*) ($\diamond$) (autorski dijagram).

4.6.3. Pedobarografska analiza po dobnim skupinama

Kako bi se procijenio mogući utjecaj dobi na raspodjelu plantarnog pritiska i postotak opterećenja stopala, provedena je dodatna analiza rezultata dobivenih pedobarografijom prema dobnim skupinama: <60 godina, 60 – 70 godina i >70 godina. Analizirani su postotak opterećenja, ukupni maksimalni plantarni pritisak te vrijednosti maksimalnog plantarnog pritiska u regijama M1, M2 i M3 za operiranu nogu prijeoperacijski i tri mjeseca nakon ugradnje totalne endoproteze koljena (Slika 28).

Rezultati neparametrijskog Wilcoxonovog testa nisu pokazali statistički značajne razlike niti u jednoj od skupina, osim granične vrijednosti u regiji M2 kod skupine <60

godina ($p = 0.050$). Također, Kruskal-Wallisov test nije pokazao statistički značajne razlike između dobnih skupina za nijedan analizirani parametar tri mjeseca poslijeoperacijski (postotak opterećenja: $p = 0.279$, maksimalni plantarni pritisak: $p = 0.433$, M1: $p = 0.493$, M2: $p = 0.299$, M3: $p = 0.643$).



Slika 28. Maksimalni plantarni pritisak prema regijama stopala operirane noge, prikazan po dobnim skupinama. Stupčasti dijagram (engl. *bar chart*) s prikazom medijana.

(a) Prijeoperacijski;

(b) Tri mjeseca poslijeoperacijski (autorski dijagram).

4.7. Utjecaj razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja na funkcionalni oporavak bolesnika

S obzirom na to da je u prethodnim potpoglavljima dokazano postojanje statistički značajne razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski, i to kako u stupnjevima ukupno, tako i u milimetrima na razini koljena i gležnja, postavljeno je pitanje postoji li povezanost veličine te razlike s funkcionalnim oporavkom bolesnika nakon ugradnje TEP koljena. Za potrebe analize mogućeg utjecaja razlike između standardne

mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja na funkcionalni oporavak bolesnika tri mjeseca poslijeoperacijski, ispitanici su podijeljeni u dvije skupine na temelju vrijednosti medijana razlike između tih dviju osovina. U skupinu s manjom razlikom uključeni su bolesnici kod kojih je razlika bila $\leq 0.42^\circ$, dok su u skupinu s većom razlikom uključeni oni kod kojih je ta vrijednost bila $> 0.42^\circ$. Uspoređene su vrijednosti sljedećih funkcionalnih pokazatelja tri mjeseca nakon operacije: aktivan opseg pokreta fleksije i ekstenzije u koljenu, rezultati KOOS upitnika te rezultati AOFAS upitnika. Rezultati neparametrijskog Mann-Whitney U testa pokazali su da je jedino funkcionalni ishod gležnja, mjereno AOFAS upitnikom, bio statistički značajno bolji u skupini bolesnika s manjom razlikom između standardne i mehaničke osovine opterećenja ($p = 0.019$). Ostali analizirani pokazatelji funkcionalnog oporavka, fleksija ($p = 0.084$), ekstenzija koljena ($p = 0.435$) i bodovi KOOS upitnika ($p = 0.641$), nisu pokazali statistički značajnu razliku.

Analiziran je i mogući utjecaj razlike između standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja, izražene u milimetrima na razini koljena tri mjeseca poslijeoperacijski, na funkcionalni oporavak bolesnika. Ispitanici su podijeljeni u dvije skupine na temelju vrijednosti medijana te razlike. U skupinu s manjom razlikom uključeni su bolesnici kod kojih je vrijednost razlike bila ≤ 6.27 mm, dok su u skupinu s većom razlikom uključeni oni kod kojih je ta vrijednost bila > 6.27 mm. Uspoređeni su funkcionalni pokazatelji tri mjeseca nakon operacije, uključujući aktivan opseg pokreta fleksije i ekstenzije u koljenu, rezultate KOOS upitnika te rezultate AOFAS upitnika. Rezultati neparametrijskog Mann-Whitney U testa pokazali su da nijedan od analiziranih pokazatelja funkcionalnog oporavka, fleksija ($p = 0.521$), ekstenzija koljena ($p = 0.160$), bodovi KOOS upitnika ($p = 0.680$) i bodovi AOFAS upitnika ($p = 0.236$), nije pokazao statistički značajnu razliku.

Analiziran je i mogući utjecaj razlike između standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja, izražene u milimetrima na razini gležnja tri mjeseca poslijeoperacijski, na funkcionalni oporavak bolesnika. Ispitanici su podijeljeni u dvije skupine na temelju vrijednosti medijana te razlike. U skupinu s manjom razlikom uključeni su bolesnici kod kojih je vrijednost razlike bila ≤ 8.00 mm, dok su u skupinu s većom razlikom uključeni oni kod kojih je ta vrijednost bila > 8.00 mm. Uspoređeni su funkcionalni pokazatelji tri mjeseca poslijeoperacijski, uključujući aktivan opseg

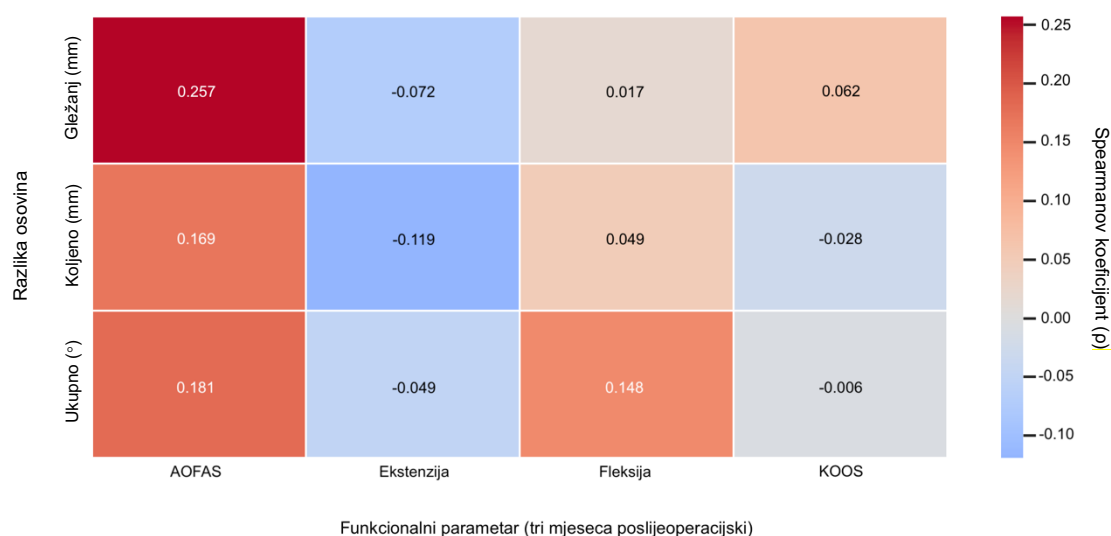
pokreta fleksije i ekstenzije u koljenu, rezultate KOOS upitnika te rezultate AOFAS upitnika. Rezultati neparametrijskog Mann-Whitney U testa pokazali su da je jedino funkcionalni ishod gležnja, mjereno AOFAS upitnikom, bio statistički značajno bolji u skupini bolesnika s manjom razlikom između standardne i mehaničke osovine opterećenja ($p = 0.008$). Ostali analizirani pokazatelji funkcionalnog oporavka, fleksija ($p = 0.796$), ekstenzija koljena ($p = 0.409$) i bodovi KOOS upitnika ($p = 0.441$), nisu pokazali statistički značajnu razliku.

Spearmanova korelacijska analiza nije pokazala statistički značajnu povezanost između razlike standardne i mehaničke osovine opterećenja s funkcionalnim pokazateljima oporavka tri mjeseca poslijeoperacijski. Dobivene p vrijednosti bile su iznad razine statističke značajnosti za sve analizirane odnose (Tablica 7, Slika 29).

Tablica 7. Korelacija razlike standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta s parametrima funkcionalnog oporavka

Razlika standardne i mehaničke osovine tri mjeseca poslijeoperacijski	Parametar funkcionalnog oporavka (tri mjeseca poslijeoperacijski)	Spearmanov koeficijent (ρ)	p vrijednost
Ukupno ($^{\circ}$)	Aktivan opseg pokreta fleksije u koljenu	0.148	0.194
Ukupno ($^{\circ}$)	Aktivan opseg pokreta ekstenzije u koljenu	-0.049	0.669
Ukupno ($^{\circ}$)	KOOS	-0.006	0.955
Ukupno ($^{\circ}$)	AOFAS	0.181	0.111
Na razini koljena (mm)	Aktivan opseg pokreta fleksije u koljenu	0.049	0.666
Na razini koljena (mm)	Aktivan opseg pokreta ekstenzije u koljenu	-0.119	0.295
Na razini koljena (mm)	KOOS	-0.028	0.806
Na razini koljena (mm)	AOFAS	0.169	0.136

Na razini gležnja (mm)	Aktivan opseg pokreta fleksije u koljenu	0.017	0.882
Na razini gležnja (mm)	Aktivan opseg pokreta ekstenzije u koljenu	-0.072	0.528
Na razini gležnja (mm)	KOOS	0.062	0.591
Na razini gležnja (mm)	AOFAS	0.257	0.221



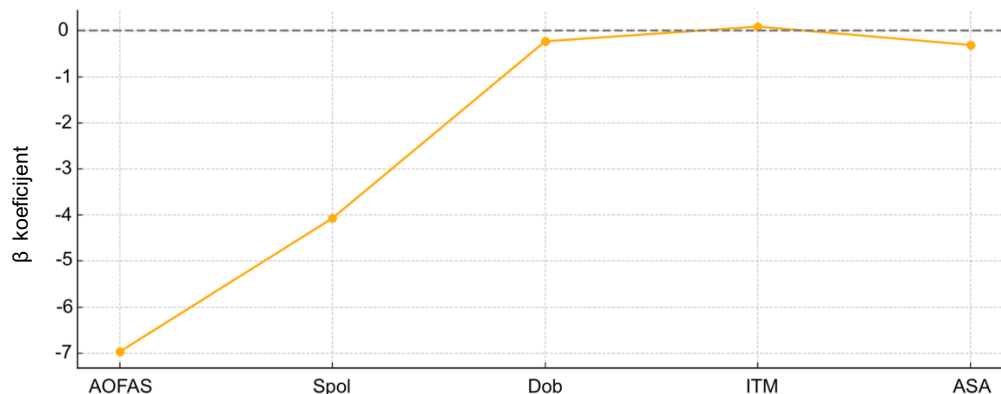
Slika 29. Korelacija razlike standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta s parametrima funkcionalnog oporavka. Rezultati su prikazani grafički u obliku toplinske karte (engl. *heatmap*), koja vizualno prikazuje smjer i snagu povezanosti između varijabli (autorski dijagram).

Ovi rezultati upućuju na to da, iako su u pojedinim skupinama uočene razlike u funkcionalnom oporavku, posebice za AOFAS upitnik, ne postoji dosljedan odnos između veličine razlike osovina i funkcionalnog oporavka u cijeloj populaciji ispitanika.

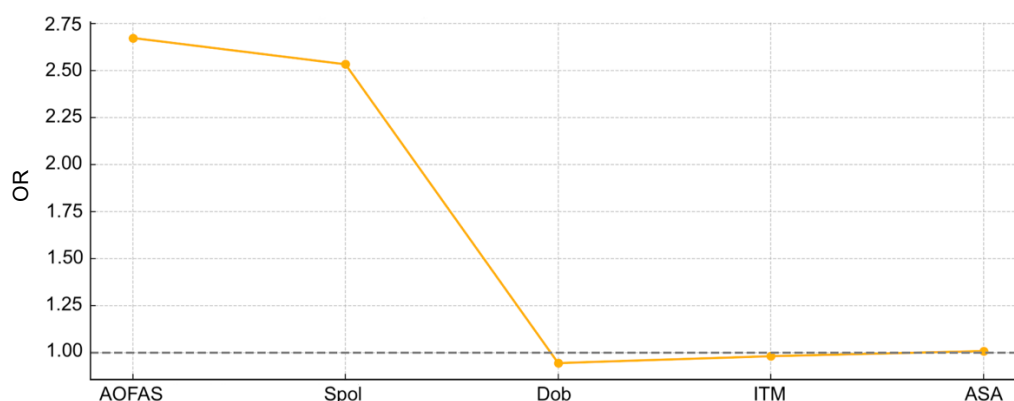
4.8. Utjecaj prisutnosti simptoma u gležnju na funkcionalni oporavak bolesnika

Dodatno je analiziran utjecaj prisutnosti simptoma u gležnju na funkcionalni oporavak koljena kod bolesnika nakon ugradnje TEP koljena tri mjeseca poslijeoperacijski. Ispitanici su podijeljeni u dvije skupine na temelju prijeoperacijskog rezultata AOFAS upitnika: skupina 1 (AOFAS ≤ 85) uključivala je bolesnike sa simptomima u gležnju ($n = 30$), dok je skupina 2 (AOFAS > 85) uključivala bolesnike bez značajnih simptoma u gležnju ($n = 49$). Simptomi u gležnju definirani su kao AOFAS rezultat ≤ 85 , u skladu s literaturom koja ovu vrijednost navodi kao prag za klinički značajno funkcionalno oštećenje gležnja [56]. U obje skupine dokazana je statistički značajna razlika rezultata KOOS upitnika te aktivnog opsega pokreta fleksije i ekstenzije tri mjeseca poslijeoperacijski u odnosu na prijeoperacijske vrijednosti ($p < 0.001$). Međutim, analiza rezultata tri mjeseca poslijeoperacijski je dokazala da postoji statistički značajna razlika u rezultatima KOOS upitnika između skupina. Bolesnici bez simptoma u gležnju imali su statistički značajno bolje KOOS rezultate ($p = 0.022$) i veći opseg pokreta ekstenzije u koljenu ($p = 0.012$). Nije bilo statistički značajne razlike u opsegu pokreta fleksije ($p = 0.051$).

Multivarijantna linearna regresijska analiza potvrdila je da je prisutnost prijeoperacijskih simptoma u gležnju (AOFAS ≤ 85) neovisni prediktor slabijeg KOOS rezultata tri mjeseca poslijeoperacijski ($\beta = -6.973$, $p = 0.041$) (Slika 30). Multivarijantna logistička regresijska analiza pokazala je trend prema višem riziku suboptimalnog funkcionalnog statusa (KOOS < 70) kod bolesnika sa simptomima u gležnju (OR = 2.671, $p = 0.072$), iako bez statističke značajnosti (Slika 31) [58].



Slika 30. Multivarijantna linearna regresijska analiza za predikciju rezultata KOOS upitnika tri mjeseca poslijeoperacijski. Rezultati su prikazani linijskim dijagramom s β koeficijentima koji prikazuju smjer i snagu utjecaja pojedinih varijabli na KOOS tri mjeseca poslijeoperacijski (autorski dijagram).



Slika 31. Multivarijantna logistička regresijska analiza za predikciju suboptimalnog funkcionalnog statusa (KOOS <70) tri mjeseca poslijeoperacijski. Rezultati su prikazani linijskim dijagramom s omjerima izgleda (OR, engl. *odds ratio*) koji prikazuju smjer i snagu utjecaja pojedinih varijabli na vjerojatnost suboptimalnog funkcionalnog ishoda (KOOS <70) tri mjeseca poslijeoperacijski (autorski dijagram).

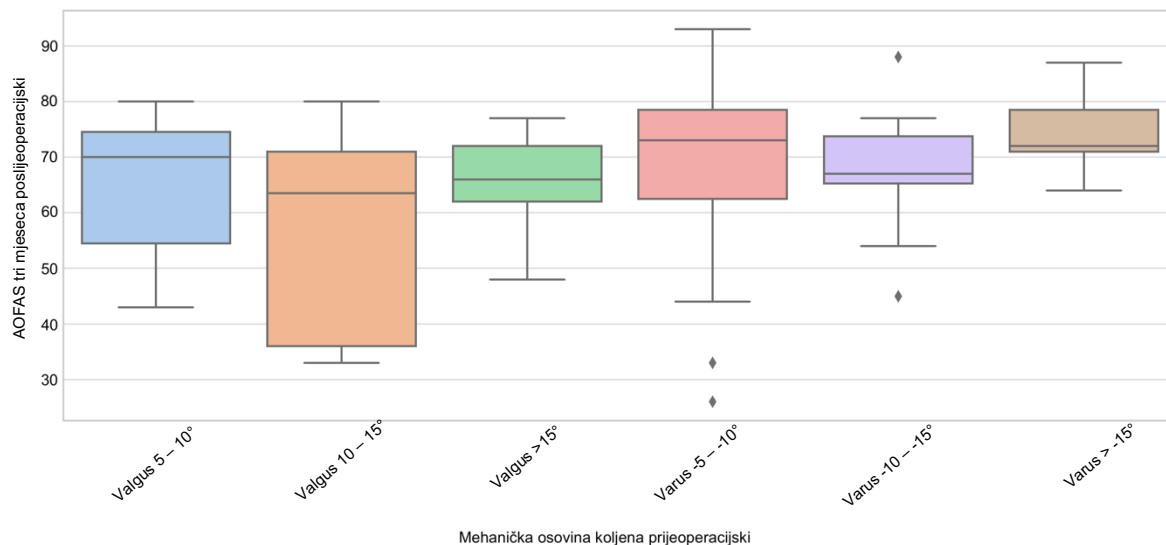
Analiza rezultata AOFAS upitnika prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski pokazala je statistički značajnu razliku kod ispitanika koji su prije operacije imali prisutne simptome u gležnju (skupina 1, AOFAS ≤ 85). Medijan AOFAS rezultata u ovoj skupini porastao je s 77.5 (IQR: 71.25 – 82) prijeoperacijski na 87.5 (IQR: 83 – 96) tri mjeseca poslijeoperacijski ($p < 0.001$). Nasuprot tome, kod ispitanika bez izraženih simptoma u gležnju prijeoperacijski (skupina 2, AOFAS > 85), nije zabilježena statistički značajna razlika AOFAS rezultata prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski ($p = 0.73$).

4.9. Utjecaj mehaničke osovine koljena na funkcionalni status koljena i gležnja tri mjeseca poslijeoperacijski

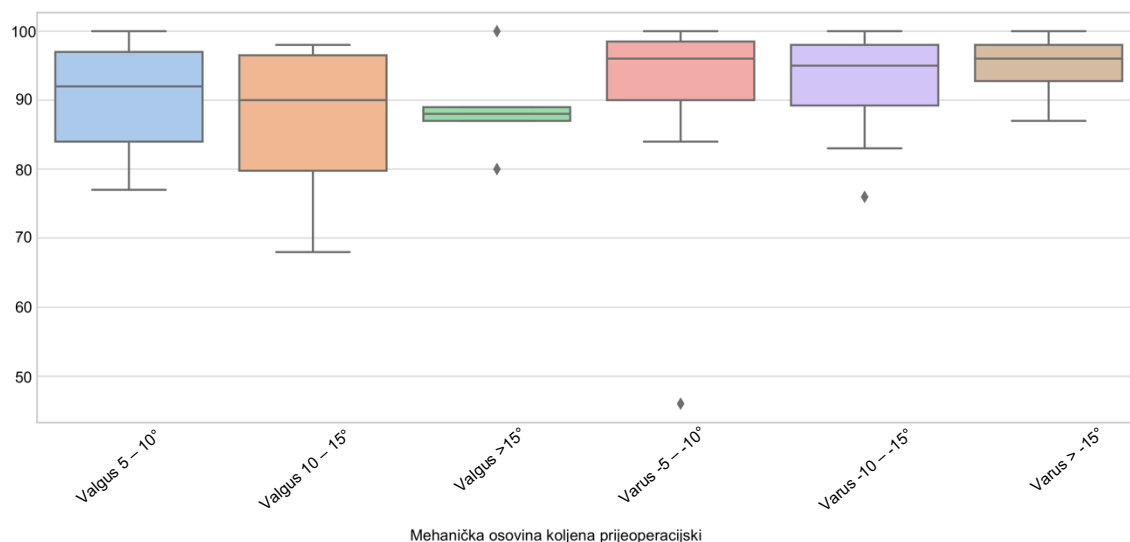
U svrhu analize potencijalne povezanosti mehaničke osovine koljena i funkcionalnog statusa koljena i gležnja tri mjeseca poslijeoperacijski provedena je dodatna statistička analiza. Jedan od ciljeva operacijskog zahvata ugradnje TEP koljena je korekcija mehaničke osovine koljena tako da ona bude što bliža neutralnom položaju (0°).

Analizom Spearmanove korelacije nije dokazana statistički značajna povezanost između vrijednosti mehaničke osovine koljena tri mjeseca poslijeoperacijski i rezultata KOOS upitnika tri mjeseca poslijeoperacijski ($\rho = -0.065$, $p = 0.700$), što ukazuje da poslijeoperacijska mehanička osovina koljena nije bila povezana s boljim s funkcionalnim statusom koljena. Također nije uočena značajna korelacija između vrijednosti mehaničke osovine koljena tri mjeseca poslijeoperacijski i rezultata AOFAS upitnika tri mjeseca poslijeoperacijski ($\rho = -0.082$, $p = 0.625$), što ukazuje da poslijeoperacijska mehanička osovina koljena nije bila povezana s boljim s funkcionalnim statusom gležnja.

Kako bi se dodatno ispitala uloga početne deformacije koljena, ispitanici su podijeljeni u šest skupina ovisno o vrijednosti mehaničke osovine koljena prijeoperacijski: valgus $5 - 10^\circ$, valgus $10 - 15^\circ$, valgus $>15^\circ$, varus $-5 - -10^\circ$, varus $-10 - -15^\circ$ i varus $> -15^\circ$ (Slika 32, Slika 33). Analizom rezultata KOOS i AOFAS upitnika tri mjeseca poslijeoperacijski provedena je neparametrijskim Kruskal-Wallis testom i među ovim skupinama nije nađena statistički značajna razlika (KOOS: $p = 0.239$, AOFAS: $p = 0.267$), čime se potvrđuje da početni stupanj deformacije koljena nije imao utjecaj na funkcionalni status ni koljena ni gležnja tri mjeseca poslijeoperacijski.



Slika 32. Rezultat KOOS upitnika tri mjeseca poslijeoperacijski prema skupinama mehaničke osovine koljena prijeoperacijski. Rezultati su prikazani pomoću kutijastog dijagrama (engl. *box-plot*): medijan (—), interkvartilni raspon (□), raspon unutar vrijednosti koje nisu izdvojene (I), te izdvojene vrijednosti (engl. *outliers*) (◇) (autorski dijagram).



Slika 33. Rezultat AOFAS tri mjeseca poslijeoperacijski prema skupinama mehaničke osovine koljena prijeoperacijski. Rezultati su prikazani pomoću kutijastog dijagrama (engl. *box-plot*): medijan (—), interkvartilni raspon (□), raspon unutar vrijednosti koje nisu izdvojene (I), te izdvojene vrijednosti (engl. *outliers*) (◇) (autorski dijagram).

5. RASPRAVA

OA koljena jedan je od vodećih uzroka kronične fizičke nesposobnosti u starijoj populaciji. Procjenjuje se da više od 250 milijuna ljudi diljem svijeta boluje od OA koljena, pri čemu se 1 – 2% svjetskog bruto nacionalnog proizvoda troši na liječenje ovog stanja. S obzirom na visoku prevalenciju OA koljena, operacijski zahvat ugradnje TEP-a prepoznat je kao učinkovito terapijsko rješenje koje je u većini slučajeva dugoročno opravdano i troškovno racionalno. Ipak, ta opravdanost ne vrijedi u jednakom opsegu za revizijske zahvate, kod kojih se učinkovitost i opravdanost primarne ugradnje često gubi. U posljednjih dvadeset godina zabilježen je značajan porast broja ugrađenih TEP koljena, a dostupne projekcije ukazuju na daljnji porast tog trenda u narednim desetljećima [21,48]. Kurtz i suradnici još su 2007. predvidjeli gotovo osmerostruko povećanje broja ugrađenih primarnih TEP koljena do 2030. godine, s 0.5 milijuna zahvata godišnje u 2005. na 3.48 milijuna zahvata godišnje u Sjedinjenim Američkim Državama [59]. Recentnija analiza Shichmana i suradnika iz 2023. dodatno potvrđuje taj trend, predviđajući da bi broj ugrađenih primarnih TEP koljena do 2060. godine mogao porasti i do 659% [60]. S obzirom na sve veći broj ugrađenih TEP koljena također se očekuje i značajan porast broja ugrađenih revizijskih TEP koljena, prema projekciji Shichmana i suradnika do 2060. godine i do 520% [61]. Cilj ugradnje TEP koljena jest uspostava adekvatne pokretljivosti zgloba te smanjenje boli, čime se bolesniku omogućuje povratak svakodnevnim aktivnostima, uključujući obavljanje posla i sudjelovanje u rekreativnim aktivnostima. Nezadovoljavajući funkcionalni oporavak koljena nakon operacijskog zahvata ugradnje TEP-a može imati dugotrajan negativan utjecaj na svakodnevno funkcioniranje i kvalitetu života bolesnika. U kontekstu navedenih projekcija, ali i činjenice da je stopa nezadovoljstva bolesnika i dalje relativno visoka, prema literaturnim podacima iznosi do 20%, klinička i znanstvena važnost analize biomehaničkog utjecaja ugradnje totalne endoproteze koljena na gornji nožni zglob, donji nožni zglob i stopalo postaje sve izraženija. Iako se fokus dosadašnjih istraživanja dominantno zadržavao na samom koljenu, sve je više dokaza koji upućuju na to da promjena mehaničke osovine koljena, osobito kod značajnijih ispravljanja varus ili valgus deformacija, može imati posljedice i distalno, uključujući biomehaničke

promjene u gornjem i donjem nožnom zglobu [62-65]. Uz biomehanički utjecaj koljena na gornji i donji nožni zglob te stopalo, znanstveno je relevantno razmotriti i suprotan smjer djelovanja, odnosno utječe li promjena osovine distalno od koljena, nakon ugradnje TEP-a, na funkcionalni oporavak koljena i preživljenje TEP-a.

Dostupna literatura pokazuje kako su srednjoročni i dugoročni rezultati TEP koljena iznimno dobri, s preživljenjem endoproteze većim od 96% na 15 godina [63]. Zahvaljujući značajnom napretku u razvoju materijala proteklih desetljeća, očekuje se daljnje poboljšanje ovih rezultata. Ipak, unatoč zadovoljavajućem preživljenju endoproteze, značajan udio bolesnika i dalje iskazuje nezadovoljstvo nakon operacije. Tradicionalno se postizanje neutralne mehaničke osovine smatralo idealnim ciljem kod ugradnje TEP koljena, jer se vjerovalo da će pravilna orijentacija smanjiti opterećenja na površinama endoproteze i na kontaktnoj površini između kosti i endoproteze, čime bi se poboljšali dugoročni rezultati [64]. Međutim, Parratte i suradnici su pokazali kako poslijoperacijska mehanička osovina unutar $\pm 3^\circ$ od neutralne osovine nije poboljšala stopu preživljenja proteze nakon 15 godina [66]. Stoga se postavlja pitanje je li upravo mehanička osovina ili pozicija endoproteze ključni uzrok nezadovoljstva bolesnika nakon ugradnje TEP koljena. Hernandez-Vaquero i suradnici također ističu kako, iako je pravilna mehanička osovina važna za prijenos opterećenja i funkcionalni rezultat, najčešći uzroci neuspjeha nisu isključivo tehničke prirode. Autori navode kako se nezadovoljstvo često ne može jasno povezati s pogreškom u kirurškoj tehnici, modelu endoproteze ili materijalima, već može proizlaziti i iz bolesnikovih osobnih očekivanja [63]. Mnogi bolesnici očekuju više od same redukcije boli jer žele povrat pune funkcionalnosti koljena te mogućnost nesmetanog obavljanja svakodnevnih obveza, uključujući rad, kretanje bez ograničenja i sudjelovanje u društvenim, rekreativnim i sportskim aktivnostima. Osim toga, sve je više podataka koji sugeriraju da se nezadovoljstvo dijela bolesnika može povezati s posljedičnim promjenama na gležnju, posebice kod korekcije izraženih varus deformiteta koljena. Choudhury i suradnici istaknuli su kako korekcija osovine operacijskim zahvatom ugradnje TEP koljena može dovesti do promjena u biomehanici gležnja i razvoja simptoma koji prethodno nisu postojali. Njihovo istraživanje pokazalo je da je gotovo 20% bolesnika bilo nezadovoljno ishodom, a novi ili pogoršani simptomi u gležnju identificirani su kao potencijalni čimbenici tog nezadovoljstva [64].

U ovo istraživanje je bilo uključeno ukupno 79 bolesnika kod kojih je učinjen operacijski zahvat ugradnje primarne TEP koljena, pri čemu je omjer spolova i srednja dob ispitanika u skladu s epidemiološkim karakteristikama populacije oboljele od osteoartritisa koljena. Ženski spol bio je češće zastupljen (59.49%), što je očekivano s obzirom na poznatu veću prevalenciju OA koljena među ženama. Prosječna dob ispitanika iznosila je 70.62 godine, što je očekivano s obzirom na dostupne epidemiološke podatke prema kojima se većina ugradnji TEP koljena izvodi u sedmom desetljeću života [14,15,17]. Analizom demografskih podataka među dobnim skupinama nisu utvrđene statistički značajne razlike u spolu, operiranoj strani ni ASA klasifikaciji, što ukazuje na homogenu raspodjelu bolesnika u pogledu osnovnih kliničkih karakteristika. Ipak, utvrđena je statistički značajna razlika u tjelesnoj masi i ITM-u, pri čemu su bolesnici starije životne dobi imali niži ITM. Ova razlika može biti rezultat više čimbenika, među kojima se ističu sarkopenija te tjelesne promjene povezane sa starenjem. U kontekstu biomehaničkog opterećenja nakon ugradnje TEP koljena, upravo ITM može predstavljati značajan čimbenik, budući da veći ITM povećava aksijalna opterećenja na endoprotezu i okolne zglobove, osobito na gornji, donji nožni zglob stopalo [67].

Procjenom intenziteta boli korištenjem VAS, zabilježeno je značajno smanjenje boli tri mjeseca nakon operacijskog zahvata ugradnje TEP koljena. Medijan vrijednosti VAS prijeoperacijski iznosio je 7 (IQR 6 – 8), dok je tri mjeseca poslijeoperacijski smanjen na 3 (IQR 2 – 3), uz statistički značajnu razliku ($p < 0.001$). Ovo smanjenje boli u ranom poslijeoperacijskom razdoblju u skladu je s očekivanjima i rezultatima prethodnih studija koje ukazuju na visoku učinkovitost TEP koljena u ublažavanju boli uzrokovane OA [68-70]. Analizom intenziteta boli među dobnim skupinama nisu utvrđene statistički značajne, ni prijeoperacijski ($p = 0.408$) ni tri mjeseca poslijeoperacijski ($p = 0.054$), što upućuje na to da dob nije imala značajan utjecaj na subjektivni doživljaj boli nakon operacijskog zahvata.

Analizom opsega pokreta zabilježeno je statistički značajno poboljšanje pokreta ekstenzije koljena tri mjeseca poslijeoperacijski, dok fleksija nije pokazala značajnu razliku u odnosu na prijeoperacijske vrijednosti. Ovakav obrazac oporavka podudara se s nalazima Bade i suradnika, koji su pokazali da je aktivna ekstenzija koljena dosegla prijeoperacijske vrijednosti do trećeg mjeseca nakon operacije, dok je

fleksija ostala smanjena i šest mjeseci poslijeoperacijski [71]. Usporedbom s rezultatima vlastitog istraživanja, vidljivo je slično kretanje oporavka, lakše i brže postizanje pune ekstenzije, uz sporiji napredak fleksije. Takav nalaz ukazuje na potencijalnu potrebu za ciljanim rehabilitacijskim pristupima usmjerenima upravo na optimizaciju opsega pokreta fleksije u ranoj fazi poslijeoperacijskog oporavka.

Rezultati KOOS i AOFAS upitnika pokazali su statistički značajno poboljšanje funkcionalnog statusa koljena i gležnja u odnosu na početne vrijednosti, KOOS s 53.50 na 71.50 i AOFAS sa 69.00 na 83.00. Ovo je u skladu s prethodnim studijama koje ukazuju da TEP koljena ne samo da ublažava bol, već i dovodi do poboljšanja funkcionalnog statusa zgloba, uključujući i one distalnije od koljena, osobito gležanj [44,72,73]. Uočena pozitivna povezanost između rezultata KOOS i AOFAS upitnika tri mjeseca poslijeoperacijski ($p = 0.399$; $p < 0.001$) sugeriraju da funkcionalni oporavak koljena ima direktan odraz na funkciju gležnja, što podupire činjenicu o biomehaničkom kontinuitetu i prenošenju opterećenja unutar donjeg ekstremiteta. Analizom podataka aktivnog opsega pokreta i funkcionalnih upitnika među dobnim skupinama nije dokazana statistički značajna razlika u postignutom funkcionalnom poboljšanju, ni u opsegu pokreta ni u rezultatima funkcionalnih upitnika. Ovaj rezultat ukazuje da dob sama po sebi, u odsutnosti drugih komorbiditeta, nema presudan utjecaj na rani funkcionalni oporavak nakon TEP koljena. Slične su nalaze opisali i Ayers i suradnici, koji su u multicentričnom istraživanju pokazali da stariji bolesnici (>75 godina) ostvaruju jednako funkcionalno poboljšanje kao i mlađi, a da dob nije bila neovisni prediktor funkcionalnog ishoda nakon operacijskog zahvata, osobito kada je rehabilitacija standardizirana i dostupna [74].

Radiološkom analizom mehaničke osovine koljena prijeoperacijski utvrđeno je da u ovoj populaciji ispitanika prevladava varus deformacija, prisutna u 74.68% slučajeva, dok je valgus deformacija zabilježena u 25.32%. Ovakva raspodjela u skladu je s nalazima Lee i suradnika, kao i Hadi i suradnika, koji su također pokazali da je varus deformacija znatno učestalija među bolesnicima s OA koljena, neovisno o etničkim i geografskim razlikama [75,76]. Analizom mehaničke osovine koljena među dobnim skupinama nije utvrđena statistički značajna povezanost između dobi i stupnja deformacije koljena. Usporedbom mehaničke osovine koljena prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski zabilježeno je značajno ispravljanje deformacije koljena sa

operacijskim zahvatom ugradnje TEP-a, što potvrđuje učinkovitost operacijskog zahvata u postizanju neutralnije osovine. Usporedbom standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja, u našem je istraživanju prijeoperacijski utvrđen medijan razlike od 0.93° . Ovaj nalaz je u skladu s rezultatima Tanake i suradnika, koji su kod bolesnika s varus deformacijom i OA koljena zabilježili prosječnu razliku od 0.91° između tih dviju osovina [10]. Ovi gotovo identični rezultati potvrđuju pouzdanost mjerenja. Također je zabilježeno statistički značajno smanjenje razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta, i to kako na razini koljena tako i na razini gležnja. Budući da su promjene kvantificirane u stupnjevima i milimetrima, omogućena je preciznija biomehanička interpretacija učinka korekcije osovine na prijenos opterećenja u distalnim dijelovima ekstremiteta. Ovakav nalaz ukazuje na to da korekcija deformacije koljena u frontalnoj ravnini ima neposredan učinak na usklađivanje funkcionalne osovine cijelog donjeg ekstremiteta. Kod bolesnika s varus deformacijom koljena, mehanička osovina opterećenja nalazila se medijalno od standardne mehaničke osovine, dok se kod onih s valgus deformacijom koljena nalazila lateralno. Guichet i suradnici također su naglasili da se kod valgus deformacije koljena mehanička osovina opterećenja nalazi lateralnije od standardne mehaničke osovine, pri čemu je prosječna razlika na razini koljena iznosila 5 mm, uz SD ± 13 mm [7]. U našem istraživanju prosječna razlika između standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja na razini koljena prijeoperacijski je iznosila 6.64 mm. Korekcijom osovine ugradnjom TEP-a koljena dolazilo je do pomaka mehaničke osovine opterećenja prema lateralno kod varus deformacije koljena i prema medijalno kod valgus deformacije, čime se razlika između dviju osovina smanjivala. Slične promjene zabilježene su i u istraživanju Kikuchija i suradnika, koji navode da se nakon ugradnje TEP koljena linija opterećenja na razini gležnja pomiče lateralno. Autori su istaknuli kako je to bio njihov najvažniji nalaz, čime dodatno potvrđuju da korekcija osovine u području koljena dovodi do promjene opterećenja u distalnim zglobovima donjeg ekstremiteta, osobito na razini gornjeg nožnog zgloba [77]. Jedan od značajnijih nalaza ovog istraživanja odnosi se na povezanost prijeoperacijski prisutne deformacije koljena na smanjenje razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta. Bolesnici s varus deformacijom koljena pokazali su izraženije smanjenje razlike tih dviju osovina u odnosu na ispitanike s valgus deformacijom. Ova povezanost bila je osobito izražena

kod bolesnika s izrazitom varus deformacijom ($> -15^\circ$), kod kojih je zabilježeno najveće smanjenje razlike između dvije osovine (medijan: 14.31mm), što sugerira da korekcija osovine postignuta operacijskim zahvatom ima snažniji biomehanički učinak u gornjem i donjem nožnom zglobu kada je početna deformacija veća. S druge strane, u skupini s blagim valgusom ($5 - 10^\circ$) došlo je do povećanja razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja (medijan: -2.77mm), što upućuje na divergentan odgovor distalnog segmenta ovisno o obrascu početne deformacije ili moguću hiperkorekciju osovine. Dobiveni rezultati kod ispitanika s varus deformacijom koljena u skladu su s nalazima Kikuchija i suradnika, koji su analizom pomaka mehaničke osovine opterećenja na razini gležnja nakon ugradnje TEP koljena pokazali da korekcija varus deformacije dovodi do lateralizacije mehaničke osovine opterećenja [77]. Nasuprot tome, dobivene rezultate u skupini s valgus deformacijom koljena nije bilo moguće izravno usporediti s dostupnim podacima iz literature, budući da trenutačno postoji manjkavost relevantnih studija koje su analizirale promjene mehaničke osovine opterećenja na razini gležnja nakon korekcije valgus deformacije koljena ugradnjom TEP-a. Dodatno je ispitana povezanost između stupnja korekcije mehaničke osovine koljena i razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta, analizirane u milimetrima na razini koljena i gležnja te ukupno u stupnjevima. Utvrđena je statistički značajna negativna povezanost u svim odnosima, s najsnažnijom korelacijom upravo na razini gležnja. Ovi nalazi sugeriraju da veće ispravljanje mehaničke osovine koljena operacijskim zahvatom ugradnje TEP-a rezultira izraženijim smanjenjem razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta. Taj je učinak najviše došao do izražaja na razini gornjeg i donjeg nožnog zgloba, što dodatno potvrđuje postojanje snažne biomehaničke povezanosti između koljena i gležnja.

Unatoč zabilježenim biomehaničkim promjenama u osovini donjeg ekstremiteta, rezultati ovog istraživanja nisu pokazali konzistentnu povezanost između korekcije osovine i funkcionalnog oporavka bolesnika. Korelacijskom analizom nije utvrđena statistički značajna povezanost između ispravljene mehaničke osovine koljena nakon ugradnje TEP-a i rezultata KOOS i AOFAS upitnika, što ukazuje na to da korekcija osovine nije bila značajno povezana ni s boljim ni s lošijim subjektivnim funkcionalnim ishodom u ranom poslijeoperacijskom razdoblju. Dodatna analiza, u kojoj su ispitanici bili podijeljeni prema stupnju početne deformacije koljena, također nije pokazala

značajne razlike u funkcionalnom statusu, čime se sugerira da ni stupanj ni vrsta deformacije koljena prisutne prijeoperacijski nisu imali značajan utjecaj na funkcionalni oporavak koljena i gležnja tri mjeseca poslijeoperacijski. Nadalje, naši rezultati nisu pokazali pogoršanje funkcionalnog statusa gležnja ni u skupini bolesnika s prijeoperacijskom varus deformacijom $> -15^\circ$, čime se ne potvrđuju nalazi Graefa i suradnika iz 2019. godine. U njihovoj studiji, korekcija varus deformacije koljena veća od 14.5° značajno je povećala rizik od poslijeoperacijskih simptoma u gležnju, procijenjenih pomoću validiranog indeksa funkcionalnog statusa stopala (FFI, engl. *Foot Function Index*) [46]. Sličan zaključak iznijeli su isti autori u kasnijoj studiji iz 2022. godine, u kojoj je korekcija valgus deformacije koljena veća od 16.5° također bila povezana s izraženijim simptomima u gležnju, osobito kod bolesnika s ograničenim opsegom pokreta u subtalarnom zglobu [47]. U našem istraživanju korišten je drugi validirani upitnik za procjenu funkcionalnog statusa gležnja, AOFAS upitnik, te ni kod bolesnika s korekcijom varus ili valgus deformacije veće od 15° nije zabilježeno statistički značajno pogoršanje rezultata tri mjeseca poslijeoperacijski. Ova razlika u nalazima može se djelomično objasniti mogućom očuvanom sposobnošću kompenzacije putem donjeg nožnog zgloba i/ili biomehanički fleksibilnijeg stopala u našoj populaciji, što je moglo ublažiti negativni učinak korekcije osovine na funkciju gležnja. Slična opažanja iznio je i Okamoto i suradnici, koji su usporedili bolesnike s varus deformacijom koljena $\leq 6^\circ$ i $> 6^\circ$ te utvrdili da je značajno poboljšanje AOFAS rezultata zabilježeno samo u skupini s umjerenom deformacijom ($\leq 6^\circ$). U skupini s težom varus deformacijom ($> 6^\circ$), simptomi u gležnju i dalje su bili prisutni dvije godine nakon operacije, unatoč korekciji mehaničke osovine koljena. Autori su zaključili kako perzistentna bol u gležnju može biti posljedica zaostale valgus pozicije donjeg nožnog zgloba i ograničene kompenzacijske sposobnosti gležnja. Sličan prag varus deformacije prepoznat je i u studiji Wu i suradnika, gdje je deformacija $\geq 6^\circ$ identificirana kao jedan od značajnih prediktora razvoja boli u gležnju i stopalu nakon operacijskog zahvata ugradnje TEP koljena. Unatoč korekciji osovine, gotovo četvrtina bolesnika razvila je nove simptome, pri čemu su najrizičniji bili bolesnici ženskog spola, s izraženijom deformacijom koljena i ranije prisutnim OA gležnja [78]. Suprotno tome, u našem istraživanju nije uočena takva povezanost, čime se dodatno ističe heterogenost rezultata u literaturi i važnost individualne biomehaničke prilagodbe. Rezultati istraživanja Nazligula i suradnika pokazali su da korekcija varus deformacije

koljena ugradnjom TEP-a dolazi do statistički značajnog poboljšanja funkcionalnog statusa gležnja, mjerenog AOFAS upitnikom. U njihovoj studiji zabilježeno je povećanje AOFAS rezultata s 93.62 na 97.72 boda ($p < 0.001$), a regresijskom analizom potvrđena je pozitivna povezanost između smanjenja mehaničke osovine koljena i porasta rezultata AOFAS upitnika [65]. Naši rezultati podržavaju te nalaze jer je također utvrđeno da bolesnici s manjom razlikom između standardne i mehaničke osovine opterećenja, kako u stupnjevima, tako i u milimetrima na razini gležnja, imaju statistički značajno bolje AOFAS rezultate tri mjeseca poslijeoperacijski. Ovi nalazi dodatno naglašavaju važnost analize mehaničke osovine opterećenja prilikom prijeoperacijskog planiranja za TEP koljena. Burssens i suradnici, u svom sustavnom pregledu literature, zaključuju da biomehaničke promjene u gornjem, donjem nožnom zglobu i stopalu nisu nužno povezane s pojavom simptoma, ali da bi mogle imati dugoročnu kliničku važnost [48]. Naši rezultati podržavaju takve nalaze, budući da, iako su promjene u osovini i posturalnom opterećenju bile prisutne, one nisu bile konzistentno povezane s lošijim funkcionalnim ishodima u ranoj fazi poslijeoperacijskog oporavka.

Rezultati provedene pedobarografske analize pokazuju da u ranom poslijeoperacijskom razdoblju nakon ugradnje TEP koljena nije došlo do izraženih promjena u distribuciji plantarnog pritiska niti u obrascu opterećenja stopala, osim u regiji stražnjeg dijela stopala operirane noge. Sličan uzorak zabilježen je i u studiji Saito i suradnika, koji su godinu dana nakon ugradnje TEP koljena analizirali uzorke plantarnog pritiska i pronašli povećanje opterećenja u stražnjem dijelu stopala, osobito u medijalnom dijelu pete, kod bolesnika kod kojih je došlo do povlačenja poslijeoperacijske boli u stopalu. Autori su istaknuli da je povećanje opterećenja stražnjeg dijela stopala bilo obilježje bolesnika s uspješnim funkcionalnim oporavkom, dok je kod onih s perzistirajućom boli stražnji dio stopala bio bez značajne razlike u odnosu na prijeoperacijski [79]. Ovi nalazi podupiru opažanje iz našeg istraživanja, gdje je već tri mjeseca nakon operacije u regiji M1 zabilježen porast maksimalnog plantarnog pritiska, što može predstavljati ranu biomehaničku adaptaciju stražnjeg dijela stopala nakon korekcije osovine koljena. Iako Saito i suradnici nisu posebno analizirali promjene u srednjem i prednjem dijelu stopala, njihova interpretacija sugerira da oporavak biomehaničke funkcije pete ima ključnu ulogu u redistribuciji opterećenja i smanjenju simptoma u gležnju i stopalu. Odsustvo značajnih razlika

između operirane i neoperirane noge, kao i stabilnost analiziranih parametara unutar svake dobne skupine, moguće upućuju na to da se biomehanička adaptacija stopala u prvim mjesecima nakon operacije odvija postupno i bez naglih redistribucija opterećenja. Palanisami i suradnici pokazali su da statistički značajne promjene u plantarnom pritisku u srednjem i prednjem dijelu stopala nastaju tek nakon godinu dana od operacijskog zahvata ugradnje TEP koljena [80]. Zaključno, rezultati pedobarografske analize u ovoj studiji sugeriraju da biomehanička stabilnost opterećenja stopala ostaje očuvana u ranoj poslijeoperacijskoj fazi, uz prve znakove prilagodbe u stražnjem dijelu stopala. Ovi podatci dodatno potvrđuju važnost dužeg praćenja bolesnika u kontekstu razumijevanja mehanizama prilagodbe na razini stopala.

Jedan od najvažnijih nalaza ovog istraživanja odnosi se na utjecaj prijeoperacijskih simptoma u gležnju na poslijeoperacijski funkcionalni status koljena. Ispitanici sa simptomima u gležnju imali su statistički značajno lošije KOOS rezultate i manji opseg ekstenzije tri mjeseca poslijeoperacijski. Multivarijantna linearna regresijska analiza potvrdila je da je prisutnost simptoma u gležnju bila neovisan prediktor slabijeg funkcionalnog ishoda koljena. Ovi rezultati ukazuju na važnost sveobuhvatne evaluacije distalnih zglobova prije planiranja operacijskog zahvata TEP koljena, osobito u bolesnika s poznatim simptomima ili deformacijama gležnja i stopala. Slične zaključke donosi i istraživanje Gates i suradnika, u kojoj je analiziran utjecaj prijeoperacijske boli u stopalu na ishod godinu dana nakon ugradnje TEP koljena. Autori su koristili prag prihvatljivog simptomatskog stanja prema procjeni bolesnika (PASS, engl. *Patient Acceptable Symptom State*), koji označava funkcionalno i simptomatsko stanje koje bolesnik subjektivno doživljava kao zadovoljavajuće, definiran kao poslijeoperacijski rezultat Oxfordskog infleksa funkcije koljena (OKS, engl. *Oxford Knee Score*) ≥ 30 bodova. Pokazano je da su bolesnici s prisutnom boli u stopalu prije operacije imali 22% manju vjerojatnost postizanja PASS, što upućuje na to da distalni simptomi mogu imati značajan negativan utjecaj na ukupni funkcionalni ishod nakon operacije [81]. U našem istraživanju, kod bolesnika sa simptomima u gležnju prije operacije došlo je do značajnog poboljšanja AOFAS rezultata tri mjeseca nakon ugradnje TEP koljena (medijan 77.5 na 87.5), što ukazuje na pozitivni učinak korekcije osovine na funkciju gležnja. Naši rezultati mogu se usporediti s nalazima Rühlinga i suradnika, koji su u svojoj prospektivnoj studiji koristili

FFI za procjenu simptoma u gležnju i pokazali da je približno četvrtina bolesnika razvila nove ili pogoršanje simptoma u gležnju nakon ugradnje TEP koljena. Konkretno, kod bolesnika s varus deformacijom koljena 20% je imalo pogoršanje simptoma, a 26.6% poboljšanje, dok je u skupini s valgus deformacijom 29.2% imalo pogoršanje, a 25% poboljšanje FFI rezultata [82]. Suprotno tim rezultatima, u našem istraživanju nije zabilježen porast tegoba u gležnju nakon korekcije varus ili valgus deformacije, već je zabilježeno poboljšanje AOFAS rezultata u skupini bolesnika koji su prijeoperacijski imali simptome. Razlika u korištenim validiranim alatima za procjenu funkcije gležnja (FFI u njihovoj, AOFAS u našoj studiji), kao i moguće razlike u biomehaničkoj fleksibilnosti stopala i sposobnosti kompenzacije donjeg nožnog zgloba, mogu dijelom objasniti različite nalaze u rezultatima. Sličan trend zabilježen je u studiji Palanisamija i suradnika, gdje je nakon korekcije varus deformacije koljena AOFAS rezultat porastao s prijeoperacijskih 59.2 na 88.7 bodova godinu dana nakon zahvata. Autori su pritom istaknuli da korekcija osovine koljena dovodi do normalizacije opterećenja stopala i statičke te dinamičke korekcije položaja stražnjeg dijela stopala, bez potrebe za dodatnim intervencijama u većini slučajeva [80]. Ovakvi rezultati sugeriraju da bolesnici s očuvanom sposobnošću kompenzacije u donjem nožnom zglobu mogu bolje odgovoriti na korekciju osovine, pri čemu se deformiteti stražnjeg dijela stopala mogu spontano korigirati korekcijom varus koljena. Ovi nalazi nisu u skladu s rezultatima studije Kim i suradnika, koji su izvijestili o pogoršanju simptoma u gležnju i značajnom smanjenju AOFAS rezultata kod ispitanika s početnim rezultatom AOFAS ≤ 85 [45]. Moguće objašnjenje ove nepodudarnosti leži u činjenici da su bolesnici u našem istraživanju možda imali očuvanu sposobnost kompenzacije distalno od koljena, osobito na razini donjeg nožnog zgloba, što im je omogućilo bolje prilagodbe nakon korekcije varus deformacije. Suprotno tome, ispitanici u studiji Kim i suradnika možda nisu imali tu sposobnost kompenzacije, što je moglo rezultirati većim opterećenjem gležnja i posljedičnim pogoršanjem simptoma. Naši rezultati dodatno potvrđuju važnost prijeoperacijske procjene distalnih zglobova kod bolesnika koji se podvrgavaju operacijskom zahvatu ugradnje TEP koljena i upućuju na to da prisutnost simptoma u gležnju ne mora nužno značiti da će ti simptomi perzistirati i nakon operacije, ako je očuvana sposobnost kompenzacije u donjem nožnom zglobu. Upravo u toj sposobnosti leži potencijalno objašnjenje za razlike u literaturi vezane uz poslijeoperacijske tegobe u gležnju. Rad Xie i suradnika dodatno ističe ovu

problematiku, pokazujući da je prijeoperacijski OA gležnja povezan sa značajno lošijim kliničkim ishodima nakon TEP koljena. U njihovom istraživanju, 38% bolesnika s prijeoperacijskim OA gležnja imalo je pogoršanje boli u gležnju nakon TEP koljena, dok je među onima bez OA taj postotak iznosio svega 16% [35].

Trenutno ne postoje znanstveni dokazi o optimalnom redoslijedu operacijskih zahvata u slučaju istodobne patologije na razini koljena, gornjeg, donjeg nožnog zgloba i stopala. Za razliku od toga, švedska analiza nacionalnih registara pokazala je da ugradnja TEP kuka može privremeno poboljšati biomehaniku hoda i odgoditi potrebu za operacijom ipsilateralnog koljena, dok ugradnja TEP koljena često ubrzava potrebu za operacijom kuka na istoj strani [83]. Naši rezultati potencijalno sugeriraju kako bi kod bolesnika s istodobnom patologijom koljena, gležnja i stopala izvođenje operacijskih zahvata trebalo započeti od proksimalnijeg zgloba, s obzirom na to da korekcija i promjene u mehaničkoj osovini koljena mogu imati značajan utjecaj na distalno smještene zglobove.

Ograničenja ovog istraživanja uključuju relativno kratak poslijeoperacijski period praćenja od tri mjeseca, što ograničava uvid u kasnije funkcionalne promjene i moguće komplikacije. Također, u analizi je korištena isključivo mehanička osovina za procjenu i pozicioniranje totalne endoproteze koljena, iako suvremeni pristupi sve češće uključuju i koncept kinematičke osovine, koja uzima u obzir individualnu anatomsku varijabilnost te potencijalno bolje korelira s poslijeoperacijskim funkcionalnim ishodima.

Buduća istraživanja trebala bi uključivati dulje razdoblje praćenja, kako bi se detaljnije procijenio ne samo raniji, nego i kasniji funkcionalni ishod, kao i eventualna pojava komplikacija u gležnju i stopalu. Dugoročno praćenje moglo bi pomoći u prepoznavanju reverzibilnih ili progresivnih promjena koje tromjesečni poslijeoperacijski interval ne može u potpunosti obuhvatiti. Osim toga, svakako su potrebne studije koje će istražiti imaju li posljedične promjene osovine u gornjem i donjem nožnom zglobu te stopalu utjecaj na preživljenje TEP koljena. Uključivanje bolesnika s izraženijim deformacijama, kao i onih s prethodno dijagnosticiranom patologijom gležnja ili stopala, moglo bi dodatno pomoći u prepoznavanju skupina s povećanim rizikom za nezadovoljavajući ishod.

Iako su ispravljanje osovine i preživljenje endoproteze i dalje imperativ operacijskog zahvata ugradnje TEP koljena, suvremeni koncept liječenja sve se više usmjerava na postizanje funkcionalnog oporavka i subjektivnog zadovoljstva bolesnika. S obzirom na značajan klinički i socioekonomski teret OA koljena, ključno je osigurati primjenu znanstveno utemeljenih i dokazano učinkovitih terapijskih strategija, s ciljem postizanja optimalnih funkcionalnih ishoda. U tom kontekstu, prijeoperacijsko planiranje mora uključivati razmatranje mogućih biomehaničkih posljedica korekcije osovine na susjedne zglobove, osobito gornji i donji nožni zglob te stopalo, kako bi se omogućio cjelovitiji terapijski pristup. Uzimajući u obzir složene biomehaničke odnose u donjem ekstremitetu, rezultati ovog istraživanja dodatno potvrđuju potrebu za sveukupnim i individualiziranim pristupom bolesnicima s OA koljena. Iako je suvremena ortopedija sve više usmjerena prema subspecijalizacijama, s tendencijom da se ortopedi fokusiraju na jedan ili dva zglobova, nužno je svakog bolesnika promatrati u cjelini, kako bi se optimizirali kirurški postupci te unaprijedili funkcionalni oporavak i zadovoljstvo bolesnika.

6. ZAKLJUČCI

Cilj ovog istraživanja bio je ispitati utjecaj mehaničke osovine opterećenja na gornji, donji nožni zglob i stopalo kod bolesnika nakon ugradnje TEP koljena. U skladu s tim ciljem, provedena su detaljna radiološka i pedobarografska mjerenja, kao i evaluacija funkcionalnog statusa bolesnika, s ciljem analize odnosa između standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja te njihovog utjecaja na poslijeoperacijski funkcionalni status bolesnika.

U odnosu na postavljene specifične ciljeve izvedeni su sljedeći zaključci:

1. Standardna mehanička osovina i mehanička osovina opterećenja ne mogu se koristiti kao istovjetne za radiološku analizu osovine na razini koljena s obzirom na to da je utvrđena razlika između njih prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski.
2. Postojanje razlike između standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja na razini gležnja prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski potvrđuje važnost uključivanja stopala, odnosno petne kosti, u biomehaničku analizu osovine donjeg ekstremiteta.
3. Rezultati pedobarografske analize pokazali su da nema značajnih promjena u ukupnom postotku opterećenja ni u ukupnom maksimalnom plantarnom pritisku operirane noge tri mjeseca poslijeoperacijski. Statistički značajna promjena zabilježena je isključivo u regiji M1 operirane noge, što ukazuje na lokaliziranu, ali ne i generaliziranu redistribuciju opterećenja stopala nakon operacijskog zahvata ugradnje TEP koljena.
4. Funkcionalni status gležnja, evaluiran AOFAS upitnikom, bio je statistički značajno bolji kod bolesnika s manjom razlikom između standardne mehaničke osovine i mehaničke osovine opterećenja, dok druge analizirane varijable funkcionalnog statusa, poput opsega pokreta koljena i KOOS upitnika, nisu pokazale značajne razlike. Zaključno, manja razlika između osovine djelomično utječe na bolji funkcionalni oporavak bolesnika, ponajprije na razini gležnja.
5. S obzirom na utvrđene razlike između standardne i osovine opterećenja te njihov značaj u kliničkoj praksi, istraživanje potvrđuje potrebu za preciznijom i individualiziranom evaluacijom biomehanike donjeg ekstremiteta. Mehanička osovina opterećenja, definirana pravcem od glave bedrene kosti do petne kosti,

pruža potpuniji uvid u liniju prijenosa opterećenja i može biti od značajne koristi u prijeoperacijskom planiranju i praćenju funkcionalnih ishoda nakon ugradnje TEP koljena.

7. LITERATURA

1. Keros P, Pećina M. Funkcijska anatomija lokomotornog sustava. Zagreb: Naklada Ljevak; 2006. str. 221-7.
2. Pećina M, Franić M i sur. Kompendij ortopedije. Zagreb: Zdravstveno veleučilište; 2021.
3. Matoković D. Radiološka mjerenja linija, osi i kutova koštano-zglobnog sustava. Zagreb: Medicinska naklada; 2015., str. 199-202.
4. Ro DH, Lee J, Lee J, Park JY, Han HS, Lee MC. Effects of Knee Osteoarthritis on Hip and Ankle Gait Mechanics. *Adv Orthop* 2019;2019:9757369.
5. Cavanagh PR, Rodgers MM, Iiboshi A. Pressure distribution under symptom-free feet during barefoot standing. *Foot Ankle* 1987;7(5):262-76.
6. Marques NL, Varatojo R. Radiological assessment of lower limb alignment. *EFORT Open Rev* 2021;6:487-94.
7. Guichet JM, Javed A, Russell J, Saleh M. Effect of the Foot on the Mechanical Alignment of the Lower Limbs. *Clin Orthop Relat Res* 2003;415:193-201.
8. Desai SS, Shetty GM, Song HR, Lee SH, Kim TY, Hur CY. Effect of foot deformity on conventional mechanical axis deviation and ground mechanical axis deviation during single leg stance and two leg stance in genu varum. *Knee* 2007;14(5):452-7.
9. Haraguchi N, Ota K, Tsunoda N, Seike K, Kanetake Y, Tsutaya A. Weight-Bearing-Line Analysis in Supramalleolar Osteotomy for Varus-Type Osteoarthritis of the Ankle. *J Bone Joint Surg Am* 2015;97(4):333-9.
10. Tanaka T, Takayama K, Hashimoto S i sur. Radiographic analysis of the lower limbs using the hip–calcaneus line in healthy individuals and in patients with varus knee osteoarthritis. *Knee* 2017;24(5):1234-41.
11. Sheehy L, Cooke TDV. Radiographic assessment of leg alignment and grading of knee osteoarthritis: A critical review. *World J Rheumatol* 2015;5(2):69-81.
12. Haraguchi N. Analysis of Whole Limb Alignment in Ankle Arthritis. *Foot Ankle Clin N Am* 2022;27(1):1-12.

13. Robinson WH, Lepus CM, Wang Q i sur. Low-grade inflammation as a key mediator of the pathogenesis of osteoarthritis. *Nat Rev Rheumatol* 2016;12(10):580-92.
14. Hawker GA, King LK. The Burden of Osteoarthritis in Older Adults. *Clin Geriatr Med* 2022;38(2):181-92.
15. Braga L, Renner JB, Schwartz TA i sur. Differences in radiographic features of knee osteoarthritis in African-Americans and Caucasians: the Johnston county osteoarthritis project. *Osteoarthritis Cartilage* 2009;17(12):1554-61.
16. Tudor A, Bergovec M, Ostojić Z. *Ortopedija i traumatologija*. Zagreb: Medicinska naklada; 2023. str. 146-50.
17. Zhang Y, Jordan JM. Epidemiology of osteoarthritis. *Clin Geriatr Med* 2010;26(3):355-69.
18. Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteo-arthritis. *Ann Rheum Dis* 1957;16(4):494-502.
19. Kohn MD, Sassoon AA, Fernando ND. Classification in Brief: Kellgren-Lawrence Classification of Osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res* 2016;474(8):1886-93.
20. Liu J, Wilson L, Poeran J i sur. Trends in total knee and hip arthroplasty recipients: a retrospective cohort study. *Reg Anesth Pain Med* 2019;44(9):854-9.
21. Inacio MCS, Graves SE, Pratt NL, Roughead EE, Nemes S. Increase in Total Joint Arthroplasty Projected from 2014 to 2046 in Australia: A Conservative Local Model With International Implications. *Clin Orthop Relat Res* 2017;475(8):2130-7.
22. Song SJ, Park CH, Bae DK. What to Know for Selecting Cruciate-Retaining or Posterior-Stabilized Total Knee Arthroplasty. *Clin Orthop Surg* 2019;11(2):142-50.
23. Rivière C, Iranpour F, Auvinet E i sur. Alignment options for total knee arthroplasty: A systematic review. *Orthop Traumatol Surg Res* 2017;103(7):1047-56.
24. Cherian JJ, Kapadia BH, Banerjee S, Jauregui JJ, Issa K, Mont MA. Mechanical, Anatomical, and Kinematic Axis in TKA: Concepts and Practical Applications. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2014;7(2):89-95.
25. Insall JN, Binazzi R, Soudry M, Mestriner LA. Total knee arthroplasty. *Clin Orthop Relat Res* 1985;192:13-22.
26. Bellemans J, Colyn W, Vandenuecker H, Victor J. The Chitranjan Ranawat award: is neutral mechanical alignment normal for all patients? The concept of constitutional varus. *Clin Orthop Relat Res* 2012;470(1):45-53.

27. Lee YS, Howell SM, Won YY i sur. Kinematic alignment is a possible alternative to mechanical alignment in total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2017;25(11):3467-79.
28. Matsumoto T, Nakano N, Ishida K i sur. Targeting the neutral hip-to-calcaneus axis in kinematically aligned total knee arthroplasty is feasible with fewer alignment outliers for varus osteoarthritic patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2023;31(9):3880-8.
29. Gao F, Ma J, Sun W, Guo W, Li Z, Wang W. The influence of knee malalignment on the ankle alignment in varus and valgus gonarthrosis based on radiographic measurement. *Eur J Radiol* 2016;85(1):228-32.
30. Norton AA, Callaghan JJ, Amendola A i sur. Correlation of Knee and Hindfoot Deformities in Advanced Knee OA: Compensatory Hindfoot Alignment and Where It Occurs. *Clin Orthop Relat Res* 2015;473(1):166-74.
31. Xie K, Han X, Jiang X i sur. The effect of varus knee deformities on the ankle alignment in patients with knee osteoarthritis. *J Orthop Surg Res* 2019;14:134.
32. Tallroth K, Harilainen A, Kerttula L, Sayed R. Ankle osteoarthritis is associated with knee osteoarthritis. Conclusions based on mechanical axis radiographs. *Arch Orthop Trauma Surg* 2008;128(6):555-60.
33. Lee JH, Jeong BO. Radiologic changes of ankle joint after total knee arthroplasty. *Foot Ankle Int* 2012;33(12):1087-92.
34. Diao N, Yu F, Yang B, Ma L, Yin H, Guo A. Association between changes in hip-knee-ankle angle and hindfoot alignment after total knee arthroplasty for varus knee osteoarthritis. *BMC Musculoskelet Disord* 2021;22:610.
35. Xie K, Jiang X, Han X, Ai S, Qu X, Yan M. Association Between Knee Malalignment and Ankle Degeneration in Patients With End-Stage Knee Osteoarthritis. *J Arthroplasty* 2018;33(12):3694-8.
36. Chang CB, Jeong JH, Chang MJ, Yoon C, Song MK, Kang SB. Concomitant Ankle Osteoarthritis Is Related to Increased Ankle Pain and a Worse Clinical Outcome Following Total Knee Arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am* 2018;100(9):735-41.
37. Chandler JT, Moskal JT. Evaluation of Knee and Hindfoot Alignment Before and After Total Knee Arthroplasty: A Prospective Analysis. *J Arthroplasty* 2004;19(2):211-6.

38. Hara Y, Ikoma K, Arai Y, Ohashi S, Maki M, Kubo T. Alteration of Hindfoot Alignment After Total Knee Arthroplasty Using a Novel Hindfoot Alignment View. *J Arthroplasty* 2015;30(1):126-9.
39. Takenaka T, Ikoma K, Ohashi S i sur. Hindfoot alignment at one year after total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016;24(8):2442-6.
40. Cho WS, Cho HS, Byun SE. Changes in hindfoot alignment after total knee arthroplasty in knee osteoarthritic patients with varus deformity. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2017;25(11):3596-604.
41. Gursu S, Sofu H, Verdonk P, Sahin V, Aydin BK, Yildirim T. Effects of total knee arthroplasty on ankle alignment in patients with varus gonarthrosis: Do we sacrifice ankle to the knee? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016;24(11):3477-84.
42. Jeong BO, Kim TY, Baek JH, Jung H, Song SH. Following the correction of varus deformity of the knee through total knee arthroplasty significant compensatory changes occur not only at the ankle and subtalar joint but also at the foot. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2018;26(11):3230-7.
43. Yamasaki Y, Maeyama A, Miyazaki K, Ishimatsu T, Yoshimura I, Yamamoto T. Evaluation of the hindfoot alignment before and after total knee arthroplasty. *J Clin Orthop Trauma* 2022;31:101947.
44. Okamoto Y, Otsuki S, Jotoku T, Nakajima M, Neo M. Clinical usefulness of hindfoot assessment for total knee arthroplasty: persistent post-operative hindfoot pain and alignment in pre-existing severe knee deformity. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2017;25(8):2632-9.
45. Kim CW, Gwak HC, Kim JH i sur. Radiologic Factors Affecting Ankle Pain Before and After Total Knee Arthroplasty for the Varus Osteoarthritic Knee. *J Foot Ankle Surg* 2018;57(5):865-9.
46. Graef F, Falk R, Tsitsilonis S, Perka C, Zahn RK, Hommel H. Correction of excessive intraarticular varus deformities in total knee arthroplasty is associated with deteriorated postoperative ankle function. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2020;28(12):3758-65.
47. Graef F, Hommel H, Falk R, Tsitsilonis S, Zahn RK, Perka C. Correction of severe valgus osteoarthritis by total knee arthroplasty is associated with increased postoperative ankle symptoms. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2022;30(2):527-35.

48. Burssens A, De Roos D, Barg A i sur. Alignment of the hindfoot in total knee arthroplasty: a systematic review of clinical and radiological outcomes. *Bone Joint J* 2021;103-B(1):87-97.
49. Meding JB, Keating EM, Ritter MA, Faris PM, Berend ME, Malinzak RA. The planovalgus foot: a harbinger of failure of posterior cruciate-retaining total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87(2):59-62.
50. Peat G, Thomas E, Duncan R, Wood L, Hay E, Croft P. Clinical classification criteria for knee osteoarthritis: performance in the general population and primary care. *Ann Rheum Dis* 2006;65(10):1363-7.
51. Knuf KM, Maani CV, Cummings AK. Clinical agreement in the American Society of Anesthesiologists physical status classification. *Perioper Med* 2018;7:14.
52. Nuttall FQ. Body Mass Index: Obesity, BMI, and Health: A Critical Review. *Nutr Today* 2015;50(3):117-28.
53. Boonstra AM, Schiphorst Preuper HR, Reneman MF i sur. Reliability and validity of the visual analogue scale for disability in patients with chronic musculoskeletal pain. *Int J Rehabil Res* 2008;31(2):165-9.
54. Gandek B, Ware JE Jr. Validity and Responsiveness of the Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS): A Comparative Study among Total Knee Replacement Patients. *Arthritis Care Res* 2017;69(6):817-25.
55. Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M. Clinical Rating Systems for the Ankle-Hindfoot, Midfoot, Hallux, and Lesser Toes. *Foot Ankle Int* 1994;15(7):349-53.
56. D'souza JJ. American Orthopedic Foot-and-Ankle Society Score, Where Are We Now? – A Narrative Review of Quality of Life Measures in Foot-and-Ankle Surgery. *Open Access Maced J Med Sci* 2020;8:133-6.
57. Orlin MN, McPoil TG. Plantar pressure assessment. *Phys Ther* 2000;80(4):399-409.
58. Nishimoto J, Tanaka S, Inoue Y, Tanaka R. Minimal clinically important differences in short-term postoperative Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) after total knee arthroplasty: A prospective cohort study. *J Orthop Trauma Rehabil* 2023;31(1):15-20.

59. Kurtz S, Ong K, Lau E, Mowat F, Halpern M. Projections of Primary and Revision Hip and Knee Arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89(4):780-5.
60. Shichman I, Roof M, Askew N i sur. Projections and Epidemiology of Primary Hip and Knee Arthroplasty in Medicare Patients to 2040-2060. *JB JS Open Access* 2023;8(1):e22.00112.
61. Shichman I, Askew N, Habibi A i sur. Projections and Epidemiology of Revision Hip and Knee Arthroplasty in the United States to 2040-2060. *Arthroplast Today* 2023;21:101152.
62. Tonogai I, Hamada D, Sairyo K. Radiographic changes in coronal alignment of the ankle joint immediately after primary total knee arthroplasty for varus knee osteoarthritis. *Foot Ankle Online J* 2017;10(2):2.
63. Hernandez-Vaquero D, Noriega-Fernandez A, Roncero-Gonzalez S, Fernandez-Carreira JM. Is an x-ray of the knee sufficient to assess the alignment of the leg? A study of total joint replacement with surgical navigation. *Med Res Arch* 2022;10(7):2375.
64. Choudhury AK, Bansal S, Pranav J i sur. Increased medial talar tilt may incite ankle pain and predispose ankle osteoarthritis after correction of severity of knee varus deformity among patients undergoing bilateral total knee arthroplasty: a prospective observation. *Knee Surg Relat Res* 2024;36(1):7.
65. Nazlıgül AS, Doğan M, Duran İ, Moya-Angeler J, Akkaya M. Mid-Term Clinical and Radiological Changes in the Ankle Joint in Varus Knee Osteoarthritis Following Total Knee Arthroplasty. *J Clin Med* 2024;13(16):4700.
66. Parratte S, Pagnano MW, Trousdale RT, Berry DJ. Effect of postoperative mechanical axis alignment on the fifteen-year survival of modern, cemented total knee replacements. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92(12):2143-9.
67. Roche M, Law TY, Kurowicki J, Rosas S, Rush AJ. Effect of Obesity on Total Knee Arthroplasty Costs and Revision Rate. *J Knee Surg* 2018;31(1):38-42.
68. Chakravarthy HY, Devaraj P, Yadav NA, Gurmeet. Prospective study comparing the visual analogue scale pre- and postoperatively following a total knee arthroplasty. *IP J Surg Allied Sci* 2024;6(3):86–9.

- 69.Meena A, Hoser C, Abermann E, Hepperger C, Raj A, Fink C. Total knee arthroplasty improves sports activity and the patient-reported functional outcome at mid-term follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2023;31(3):905-13.
- 70.Alrawashdeh W, Eschweiler J, Migliorini F, El Mansy Y, Tingart M, Rath B. Effectiveness of total knee arthroplasty rehabilitation programmes: A systematic review and meta-analysis. *J Rehabil Med* 2021;53(6):jrm00200.
- 71.Bade MJ, Kohrt WM, Stevens-Lapsley JE. Outcomes before and after total knee arthroplasty compared to healthy adults. *J Orthop Sports Phys Ther* 2010;40(9):559-67.
- 72.Dubljanin Raspopović E, Meissner W, Zaslansky R, Kadija M, Tomanović Vujadinović S, Tulić G. Associations between early postoperative pain outcome measures and late functional outcomes in patients after knee arthroplasty. *PLoS One* 2021;16(7):e0253147.
- 73.Graef F, Rühling M, Gwinner C, Hommel H, Tsitsilonis S, Perka C. Increasing grades of frontal deformities in knee osteoarthritis are not associated with ligamentous ankle instabilities. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2023;31(5):1704-13.
- 74.Ayers DC, Yousef M, Yang W, Zheng H. Age-Related Differences in Pain, Function, and Quality of Life Following Primary Total Knee Arthroplasty: Results From a FORCE-TJR (Function and Outcomes Research for Comparative Effectiveness in Total Joint Replacement) Cohort. *J Arthroplasty* 2023;38(7 Suppl 2):S169-S176.
- 75.Lee S, Choi Y, Lee J, Lee H, Yoon J, Chang C. Valgus Arthritic Knee Responds Better to Conservative Treatment than the Varus Arthritic Knee. *Medicina (Kaunas)* 2023;59(4):779.
- 76.Hadi H, Jabal Ameli M i sur. The Effect of Total Knee Arthroplasty on Hindfoot Alignment in Patients with Severe Genu Varum and Genu Valgum. *Arch Bone Jt Surg* 2020;8(3):413-9.
- 77.Kikuchi N, Kanamori A, Okuno K, Yamazaki M. Weight-bearing line at the ankle joint level shifted laterally after total knee arthroplasty for varus knee osteoarthritis: Evaluation of the hip-to-calcaneus line. *Orthop Traumatol Surg Res* 2024;110(2):103690.

78. Wu LJ, Jiang SG, Cui LK i sur. A Retrospective Study of the Risk Factors for Postoperative Foot or Ankle Pain in 90 Patients with Varus Osteoarthritis of the Knee who Underwent Total Knee Arthroplasty. *Med Sci Monit* 2021;27:e932796.
79. Saito I, Okada K, Wakasa M, Abe H, Saito A. Foot pressure pattern, hindfoot deformities, and their associations with foot pain in individuals with advanced medial knee osteoarthritis. *Gait Posture* 2018;59:83-8.
80. Palanisami DR, Rajasekaran RB, Reddy PK, Natesan R, Sethuraman A, Rajasekaran S. Foot loading pattern and hindfoot alignment are corrected in varus knees following total knee arthroplasty: a pedobarographic analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2019;28(6):1861-7.
81. Gates LS, Bowen CJ, Sanchez-Santos MT, Delmestri A, Arden NK. Do foot & ankle assessments assist the explanation of 1 year knee arthroplasty outcomes? *Osteoarthritis Cartilage* 2017;25(6):892-8.
82. Rühling M, Kirschbaum SM, Perka C, Graef F. Increased ankle pain after total knee arthroplasty is associated with a preoperative lateralized gait and talar tilt, but not with ankle laxity or the range of motion of the subtalar joint. *Bone Joint J* 2023;105-B(11):1159-1167.
83. Espinosa P, Weiss RJ, Robertsson O, Karrholm J. Sequence of 305,996 total hip and knee arthroplasties in patients undergoing operations on more than 1 joint. *Acta Orthop* 2019;90(5):450-4.

POPIS TABLICA

Tablica 1. Kellgren-Lawrence klasifikacija osteoartritisa koljena

Tablica 2. Usporedba aktivnog opsega pokreta u koljenu te provedenih funkcionalnih upitnika koljena i gležnja prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski

Tablica 3. Raspodjela stupnja deformacije koljena po dobnim skupinama (*n*)

Tablica 4. Medijan razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na razini koljena i gležnja po dobnim skupinama

Tablica 5. Medijan i interkvartilni raspon vrijednosti razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na razini gležnja, prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski, prema stupnju deformacije koljena

Tablica 6. Usporedba pedobarografskih parametara prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski

Tablica 7. Korelacija razlike standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta s parametrima funkcionalnog oporavka

POPIS SLIKA

Slika 1. Mehanička osovina donjeg ekstremiteta

Slika 2. Odnos mehaničke i anatomske osovine bedrene kosti

Slika 3. Tibiofemoralni kut

Slika 4. Mehanička osovina opterećenja donjeg ekstremiteta

Slika 5. Adekvatna projekcija radiograma donjeg ekstremiteta za radiološka mjerenja

Slika 6. Određivanje mehaničke osovine donjeg ekstremiteta pomoću digitalnog alata

Slika 7. Tehnika snimanja posteroanteriorne projekcije cijelog donjeg ekstremiteta

Slika 8. Izvođenje radiološkog snimanja posteroanteriorne projekcije cijelog donjeg ekstremiteta

Slika 9. Radiološka analiza posteroanteriornog radiograma cijelog donjeg ekstremiteta

Slika 10. Određivanje sredine glave bedrene kosti uz pomoć koncentrične kružnice s tri točke

Slika 11. Određivanje najniže točke petne kosti uz pomoć digitalnog alata

Slika 12. Pedobarografska analiza stopala

Slika 13. Dijagram tijeka istraživanja

Slika 14. Dijagram vizualno analogne ljestvice boli po dobnim skupinama

Slika 15. Povezanost funkcionalnog statusa koljena i gležnja tri mjeseca poslijeoperacijski

Slika 16. Mehanička osovina koljena prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski

Slika 17. Raspodjela stupnja deformacije koljena po dobnim skupinama u postotcima

Slika 18. Usporedba razlike između standardne i mehaničke osovine donjeg ekstremiteta prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski

Slika 19. Usporedba prijeoperacijske i tri mjeseca poslijeoperacijske razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta po dobnim skupinama ispitanika

Slika 20. Usporedba razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja na razini koljena, izražene u milimetrima, prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski

Slika 21. Usporedba razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja na razini gležnja, izražene u milimetrima, prijeoperacijski i tri mjeseca poslijeoperacijski

Slika 22. Utjecaj stupnja deformacije koljena na promjenu razlike standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na razini gležnja

Slika 23. Povezanost promjene mehaničke osovine koljena i razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta, u stupnjevima

Slika 24. Povezanost promjene mehaničke osovine koljena i razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na razini koljena, u milimetrima

Slika 25. Povezanost promjene mehaničke osovine koljena i razlike između standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta na razini gležnja, u milimetrima

Slika 26. Usporedba maksimalnog plantarnog pritiska između operirane i neoperirane noge po regijama stopala prijeoperacijski

Slika 27. Usporedba maksimalnog plantarnog pritiska između operirane i neoperirane noge po regijama stopala tri mjeseca poslijeoperacijski

Slika 28. Maksimalni plantarni pritisak prema regijama stopala operirane noge, prikazan po dobnim skupinama.

Slika 29. Korelacija razlike standardne i mehaničke osovine opterećenja donjeg ekstremiteta s parametrima funkcionalnog oporavka

Slika 30. Multivarijantna linearna regresijska analiza za predikciju rezultata KOOS upitnika tri mjeseca poslijeoperacijski

Slika 31. Multivarijantna logistička regresijska analiza za predikciju suboptimalnog funkcionalnog statusa (KOOS <70) tri mjeseca poslijeoperacijski

Slika 32. Rezultat KOOS upitnika tri mjeseca poslijeoperacijski prema skupinama mehaničke osovine koljena prijeoperacijski

Slika 33. Rezultat AOFAS tri mjeseca poslijeoperacijski prema skupinama mehaničke osovine koljena prijeoperacijski

POPIS POKRATA

AOFAS – engl. American Orthopedic Foot and Ankle Society

AP – anteroposteriorno

ASA – engl. American Society of Anesthesiologists

CR – engl. cruciate retaining

FFI – engl. Foot Function Index

ITM – indeks tjelesne mase

IQR – interkvartilni raspon

KOOS – engl. Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score

OA – osteoartritis

OKS – engl. Oxford Knee Score

PA – posteroanteriorno

PASS - engl. Patient Acceptable Symptom State

PS – engl. posterior stabilised

SD – standardna devijacija

TEP – totalna endoproteza

VAS – engl. Visual Analogue Scale

WOMAC – engl. Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index

PRIVITCI

PRIVITAK 1. Upitnika za ozljedu koljena i osteoartritis (KOOS, engl. *Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score*)

Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), Croatian version LK1.0

UPITNIK O PROBLEMIMA S KOLJENOM (KOOS)

Današnji datum: ____/____/____ Datum rođenja: ____/____/____

Ime i prezime: _____

UPUTE: Ovim se upitnikom ispituje Vaše mišljenje o problemima koje imate s koljenom. Te će nam informacije pomoći da saznamo što osjećate u vezi s koljenom i koliko ste u stanju obavljati svoje svakodnevne aktivnosti. Odgovorite na svako pitanje tako da križićem označite odgovarajuću kućicu, ali samo jednu kućicu za svako pitanje. Ako niste sigurni kako odgovoriti na neko pitanje, molimo Vas da odgovorite najbolje što možete.

Simptomi

Na ova pitanja treba odgovoriti vodeći računa o simptomima koje ste osjećali vezano za Vaše koljeno tijekom **prošlog tjedna**.

S1. Da li Vam koljeno otiče?

nikada ☐ rijetko ☐ ponekad ☐ često ☐ stalno ☐

S2. Da li Vam koljeno škripi, pucketa ili proizvodi bilo koji drugi zvuk kad ga pomičete?

nikada ☐ rijetko ☐ ponekad ☐ često ☐ stalno ☐

S3. Da li Vam koljeno zapinje ili se zakoči kod pomicanja?

nikada ☐ rijetko ☐ ponekad ☐ često ☐ stalno ☐

S4. Možete li potpuno izravnati koljeno?

stalno ☐ često ☐ ponekad ☐ rijetko ☐ nikada ☐

S5. Možete li potpuno saviti koljeno?

stalno ☐ često ☐ ponekad ☐ rijetko ☐ nikada ☐

Ukočenost

Sljedeća pitanja se odnose na jačinu ukočenosti zglobova koju ste osjećali u koljenu tijekom **prošlog tjedna**. Ukočenost je osjećaj ograničenosti ili usporenosti u lakoći pokretanja zglobova koljena.

S6. Koliko Vam je jaka ukočenost zglobova koljena nakon što se ujutro probudite?

nimalo ☐ blaga ☐ umjerena ☐ jaka ☐ izrazito jaka ☐

S7. Koliko Vam je jaka ukočenost zglobova koljena nakon sjedenja, ležanja ili odmaranja **kasnije tijekom dana**?

nimalo ☐ blaga ☐ umjerena ☐ jaka ☐ izrazito jaka ☐

KOOS - Croatia/Croatian - Final version - 02 Mar 07 - Mapi Research Institute.
f:\institut\cultadap\project\4061\study\4061\final_versions\kooscroq.doc-02/03/2007

Bolovi

P1. Koliko često osjećate bolove u koljenu?

nikada	bar jednom mjesečno	bar jednom tjedno	bar jednom dnevno	stalno
☐	☐	☐	☐	☐

Koliko ste jake bolove u koljenu osjećali **prošlog tjedna** dok ste činili sljedeće?

P2. okretali se u koljenu

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

P3. potpuno izravnavali koljeno

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

P4. potpuno savijali koljeno

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

P5. hodali po ravnoj površini

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

P6. spuštali se ili uspinjali stepenicama

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

P7. noću u krevetu

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

P8. sjedili ili ležali

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

P9. uspravno stajali

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

Funkcioniranje u svakodnevnom životu

Sljedeća pitanja se odnose na Vaše fizičko funkcioniranje. Pod time mislimo na Vašu pokretljivost i brigu o sebi. Molimo Vas da navedete koliko ste velike poteškoće imali **prošlog tjedna** zbog svojih problema s koljenom dok ste činili sljedeće:

A1. silazili niz stepenice

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

A2. uspinjali se stepenicama

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

Molimo Vas da navedete koliko ste velike poteškoće imali **prošlog tjedna** zbog svojih problema s koljenom dok ste činili sljedeće:

A3. ustajali iz sjedećeg položaja

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

A4. stajali

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

A5. saginjali se do poda ili podizali neki predmet

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

A6. hodali po ravnoj površini

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

A7. ulazili ili izlazili iz auta

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

A8. odlazili u kupovinu

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

A9. oblačili čarape

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

A10. ustajali iz kreveta

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

A11. svlačili čarape

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

A12. ležali u krevetu (okretali se s koljenima u istom položaju)

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

A13. ulazili ili izlazili iz kade ili ispod tuša

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

A14. sjedili

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

A15. sjedali ili ustajali sa WC školjke

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

Molimo Vas da navedete koliko ste velike poteškoće imali **prošlog tjedna** zbog svojih problema s koljenom dok ste činili sljedeće:

A16. teške kućanske poslove (pomicanje teških kutija, ribanje podova, itd.)

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

A17. lakše kućanske poslove (kuhanje, brisanje prašine, itd.)

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

Funkcioniranje u sportskim i slobodnim aktivnostima

Sljedeća pitanja se odnose na Vaše fizičko funkcioniranje kada ste aktivni na višoj razini. Na pitanja treba odgovoriti u smislu koliko ste velike poteškoće imali **prošlog tjedna** zbog svojih problema s koljenom dok ste činili sljedeće:

SP1. čučali

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

SP2. trčali

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

SP3. skakali

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

SP4. okretali se u povrijeđenom koljenu

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

SP5. klečali

nimalo	blage	umjerene	jake	izrazito jake
☐	☐	☐	☐	☐

Kvaliteta života

Q1. Koliko često mislite na svoje probleme s koljenom?

nikada	bar jednom mjesečno	bar jednom tjedno	bar jednom dnevno	stalno
☐	☐	☐	☐	☐

Q2. Da li ste promijenili svoj način života kako biste izbjegli aktivnosti koje bi mogle štetiti Vašem koljenu?

nimalo	malo	umjereno	puno	potpuno
☐	☐	☐	☐	☐

Q3. Koliko Vas smeta što se ne možete pouzdati u svoje koljeno?

nimalo	malo	umjereno	jako	izrazito jako
☐	☐	☐	☐	☐

Q4. Općenito, koliko imate problema s koljenom?

nimalo	malo	umjereno	puno	izrazito puno
☐	☐	☐	☐	☐

Puno Vam hvala što ste odgovorili na sva pitanja ovog upitnika.

PRIVITAK 2. Upitnik Američkog ortopedskog društva za stopalo i gležanj (AOFAS, engl. *American Orthopedic Foot and Ankle Society*)

AOFAS upitnik - gležanj

Ime i prezime pacijenta: _____

Datum rođenja: ____/____/____

Datum ispunjavanja upitnika: ____/____/____

Molim zaokružiti!

Ispunjava pacijent:

BOL (ukupno 40 bodova)

bez boli40

blaga, povremena bol.....30

umjerena, svakodnevna...20

jaka, gotovo konstantna....0

FUNKCIJA (ukupno 50 bodova)

OGRANIČENJE AKTIVNOSTI, POTREBA ZA POMAGALIMA

Bez ograničenja, hod bez pomagala10

Bez ograničenja dnevnih aktivnosti, ali ograničenje
rekreativnih aktivnosti, hod bez pomagala.....7

Ograničenje kod svakodневnih i
rekreativnih aktivnosti, hod sa upotrebom štapa.....4

Teško ograničenje rekreativnih aktivnosti,
hod sa štakama, hodalicom, kolicima.....0

MAKSIMALNA HODNA PRUGA

više od 600 metara.....	5
400-600 metara.....	4
100-300 metara.....	2
manje od 100 metara.....	0

POVRŠINA ZA HODANJE

Bez poteškoća na svim površinama.....	5
Manje poteškoće na neravnom terenu, stepenicama i strminama.....	3
Velike poteškoće na neravnom terenu, stepenicama i strminama.....	0

Ispunjava fizioterapeut ili liječnik:

OTEŽAN HOD

Ne, blago otežan.....	8
Očito otežan hod.....	4
Značajno otežan hod.....	0

KRETNJE U TALOKRURALNOM ZGLOBU (dorzalna fleksija + plantarna fleksija)

Normalna kretnja ili blago ograničenje ($>30^\circ$).....	8
Umjereno ograničenje (15° - 29°).....	4
Značajno ograničenje ($<15^\circ$).....	0

KRETNJE U SUBTALARNOM ZGLOBU (inverzija + everzija)

Normalna kretnja ili blago ograničenje (75-100% normalnih kretnji).....	8
---	---

Umjereno ograničenje (25-74% normalnih kretnji).....4
Značajno ograničenje (<25% normalnih kretnji).....0

STABILNOST (test prednje ladice, *talar tilt* test)

Stabilan.....8

Nestabilan.....0

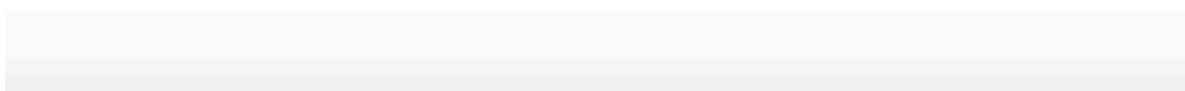
USMJERENJE (ukupno 10 bodova)

Dobro (plantigradno stopalo,
dobro usmjerenje sredine stopala).....10

Zadovoljavajuće (plantigradno stopalo,
umjereno loše usmjerenje sredine stopala,
ali bez simptoma).....8

Loše (neplantigradno stopalo,
značajno loše usmjerenje, uz simptome....0

ZBROJ BODOVA: ____/100



ŽIVOTOPIS

OSOBNİ PODATCI

Ime i prezime: Antea Buterin

Datum i mjesto rođenja: 29. siječnja 1989., Zadar, Hrvatska

Adresa: Zrinsko Frankopanska 25, 23000 Zadar, Hrvatska

Telefon: +385 91 197 8453

E-mail: antea.buterin@yahoo.com

RADNO ISKUSTVO

- Datum (od – do) 03/07/2023 – danas
Voditelj Odjela operacije sa centralnom sterilizacijom
Specijalna bolnica za ortopediju Biograd na Moru
Zadarska 62, 23210 Biograd na Moru, Hrvatska

03/07/2020 – danas
Specijalist ortopedije i traumatologije
Specijalna bolnica za ortopediju Biograd na Moru
Zadarska 62, 23210 Biograd na Moru, Hrvatska

24/08/2018 – 01/04/2022
Specijalist ortopedije i traumatologije
Hrvatski nogometni savez
Ulica grada Vukovara 269A, 10000 Zagreb, Hrvatska

20/01/2015 – 02/07/2020
Specijalizant ortopedije i traumatologije
Specijalna bolnica za ortopediju Biograd na Moru
Zadarska 62, 23210 Biograd na Moru, Hrvatska

15/05/2014 – 19/01/2015
Doktor medicine

Zavod za hitnu medicine Zadarske županije
Ulica Ljudevita Posavskog 7, 23000 Zadar, Hrvatska

18/11/2013 – 17/04/2014

Doktor medicine, stažist

Opća Bolnica Zadar

Ulica Bože Peričića 5, 23000 Zadar, Hrvatska

ŠKOLOVANJE

- Datum (od – do)

01/04/2016 – danas

Poslijediplomski sveučilišni studij “Biomedicina”

Medicinski fakultet, Sveučilište u Rijeci

Braće Branchetta 20, 51000 Rijeka, Hrvatska

19/11/2017 – 02/09/2019

Poslijediplomski specijalistički studij “Ortopedija i
traumatologija”

Medicinski fakultet, Sveučilište u Rijeci

Braće Branchetta 20, 51000 Rijeka, Hrvatska

01/10/2007 – 15/07/2013

Sveučilišni integrirani prijediplomski i diplomski studij
“Medicina”

Medicinski fakultet, Sveučilište u Rijeci

Braće Branchetta 20, 51000 Rijeka, Hrvatska

ČLANSTVA

Hrvatska liječnička komora

European Bone and Joint Infection Society

ZNANSTVENA DJELATNOST:

Popis objavljenih radova:

- Buterin A, Vuckovic M, Spanja Prpic S, Zaharija V, Nonkovic M, Prpic T.
Comparison of functional recovery of the knee following total knee arthroplasty in patients with and without ankle symptoms. World J Orthop 2025; 16(5): 106004 (<https://dx.doi.org/10.5312/wjo.v16.i5.106004>)
- Madarevic T, Buterin A, Jelcic J, Sirola L, Vuckovic D. Functional recovery after two- stage short-interval revision of chronic periprosthetic knee joint infection. Int Ort 2020 (<https://doi.org/10.1007/s00264-020- 04566-1>)
- Jelcic J, Buterin A, Vrgoc G, Tudor A, Butorac Z, Sestan B, Jotanovic Z. Chiari Pelvic Osteotomy Does Affect Hip Survival - A Long Term Follow-Up Study. Hip Int 2019 (<https://doi.org/10.1177/1120700020901836>)
- Milic M, Nonkovic M, Buterin A, Devcic S, Vitale K. Informed Patient Is Satisfied Patient - Qualitative Study of Patients' Experience after Total Hip Arthroplasty. Psychiatr Danub. 2021 Spring-Summer;33(Suppl 4):1303-1308. (PMID: 35503946)

Poglavlja u knjigama:

- Sveučilišni udžbenik „Kuk“, autor tri poglavlja
 - 1) Anatomija zgloba kuka (Buterin A, Jeličić J, Tudor F)
 - 2) Klinički pregled zgloba kuka (Jeličić J, Buterin A, Tudor K)
 - 3) Kirurški pristupi na zglob kuka (Tudor A, Buterin A, Jeličić J)
- Sveučilišni udžbenik „Ortopedija i traumatologija“, autor jednog poglavlja
 - 1) Principi operacijskog liječenja u ortopediji i traumatologiji (Buterin A, Tudor A, Gržalja N)

SUDJELOVANJA NA MEĐUNARODNIM KONGRESIMA:

- Buterin A. Clinical examination of the unstable knee (2016; Simpozij « Ligament, meniscal and chondral injuries – current concepts » Lovran, Hrvatska)
- Matejčić N, Buterin A. Chronic acromioclavicular joint instability: CC and AC ligament reconstruction with hamstring tendon autograft (2017; SEC, Zagreb, Hrvatska)
- Rakovac I, Matic I, Buterin A, Tudor A, Madarević T, Labidi M, Šestan B. Minimally invasive metatarsal osteotomy - early results (2017; SEEFORT, Dubrovnik, Hrvatska)
- Jelić J, Buterin A, Vrgoč G, Mihelić R, Butorac Z, Tudor A, Šestan B, Jotanović Z. The Overall Survival Rates Of 149 Hips Following Chiari Pelvic Osteotomy: Outcome At a Mean Follow-Up Of 19 Years (2017; EFORT, Beč, Austrija)
- Madarević T, Vucković D, Buterin A, Matic I, Tudor A, Rakovac I, Šestan B. Functional recovery after revision of periprosthetic knee joint infection (2017; EBJIS, Nantes, Francuska)
- Tudor K, Buterin A, Vrkljan K, Rakovac I, Lopac D, Tudor A, Šestan B. Positioning of the cementless femoral stem and total hip endoprosthesis survival (2018; Kongres ortopeda i traumatologa Bosne i Hercegovine, Mostar, Bosna i Hercegovina)
- Madarević T, Buterin A, Sirola L, Rakovac I, Vucković D. Functional recovery after two-stage short interval revision of periprosthetic knee joint infection (2019; EBJIS, Antwerpen, Belgija)
- Buterin A, Nonković M. Smjernice u dijagnostici i liječenju periprotetičkih infekcija kuka i koljena (2022; Medicina Danas – Premium Meeting Vol. 12, Zagreb, Hrvatska)
- Buterin A. Primjena lokalnog nosača antibiotika u liječenju infekcija kosti i mekih tkiva (2023; Medicina Danas – Premium Meeting Vol. 13, Zagreb, Hrvatska)
- Buterin A, Madarević T, Jelić J, Sirola L, Vucković D. Functional recovery after two-stage short-interval revision of chronic periprosthetic knee joint infection (2023; SEEFORT, Dubrovnik, Hrvatska)

VJEŠTINE

MATERINJI JEZIK	Hrvatski
DRUGI JEZICI	Engleski / Talijanski
- sposobnost čitanja	C1 / A2

- sposobnost pisanja C1 / A2
- usmeno izražavanje C1 / A2

TEHNIČKE VJEŠTINE

Microsoft Windows OS, Mac OS, Microsoft Office,
AutoCAD, SPSS

VOZAČKA DOZVOLA AM, B