

# Koljeno - biomehanika zgloba i najčešći problemi

---

**Bočkaj, Marin**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2023**

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:221:542488>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-17**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Kinesiology, University of Split](#)



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**KINEZIOLOŠKI FAKULTET**  
**STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ KINEZIOLOGIJE**  
**SMJER KINEZITERAPIJA**

**KOLJENO – BIOMEHANIKA ZGLOBA I**  
**NAJČEŠĆI PROBLEMI**

ZAVRŠNI RAD

**Student:**

Marin Bočkaj

**Mentor:**

mag. cin. Snježana Ložić

Split, 2023.

## Sadržaj

Uvod	5
Koljeno	6
Biomehanika zgloba	11
Najčešći problemi	15
<b>Rehabilitacija:</b>	<b>18</b>
Literatura:	24

### Tablica slika

Slika 1.

Slika 2.

Slika 3.

Slika 4.

Slika 5.

Slika 6.

Slika 7.

Slika 8.

Slika 9.

Slika 10.

## **Sažetak**

Rad prikazuje detaljnu anatomiju koljena i biomehaniku zgloba koljena. Koljeno kao najveći i jedan od najvažnijih zglobova u ljudskom tijelu koji je iznimno pogođen različitim ozljedama i problemima. Navedeni su najčešći problemi koje pogađaju sve više i više ljudi. Važno je prepoznati uzrok svih navedenih problema koji nisu nužno isključivo povezani s koljenom. Također, mnogo je uzročnih čimbenika koji stvaraju sve navedene biomehaničke probleme u koljenu.

**Ključne riječi:** koljeno, biomehanika, zglob

## **Abstract**

The paper shows the detailed anatomy of the knee and the biomechanics of the knee joint. The knee, as the largest and one of the most important joints in the human body, is extremely affected by various injuries and problems. The most common problems that affect more and more people are listed. It is important to recognize the cause of all the above problems, which are not necessarily exclusively related to the knee. Also, there are many causative factors that create all the mentioned biomechanical problems in the knee.

## Uvod

Koljeno je najveći zglob u ljudskome tijelu. Zbog velikog opterećenja sklono je učestalim raznim sindromima prenaprezanja ili kroničnim oštećenjima. Zglob koljena sudjeluje u nošenju tjelesne mase, apsorpciji udaraca te igra glavnu ulogu u brojnim svakodnevnim kretnjama kao što su hodanje, trčanje, čučnjevi, uspinjanje ili silaženje niz stepenice. Zglob koljena važan je za opću stabilnost i pokretljivost; omogućuje ujedno i određene složenije kretnje, što je važno i pri radu i pri bavljenju sportom.

Kronična bol u koljenu i ozljede koljena sve su češće u zapadnim društvima, gdje su osteoartritis, rupture ligamenata i ozljede meniskusa na vrhu statistike. Prema podacima WHO-a iz srpnja 2023., s prevalencijom od čak 365 milijuna, koljeno je najčešće zahvaćen zglob osteoartritisom, a slijede ga kuk i šaka.

Ovaj rad nastoji objasniti koljeno zgloba, njegovu biomehaniku i najčešće probleme koji se javljaju.

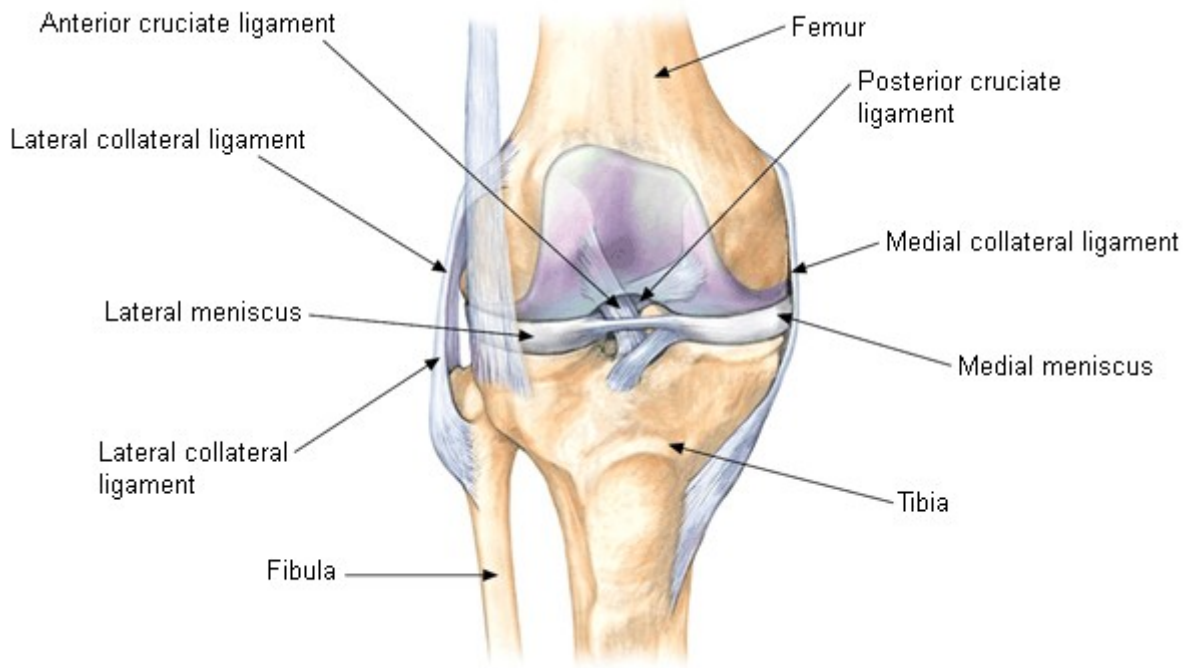
# Koljeno

## Anatomija koljena

Koljeno kao najveći zglob mišićno-koštanog sustava, ujedno je i najkompliciraniji zglob. Zglob koljena najveći je zglob te primarni pokretač našeg tijela koji se sastoji se od dvaju konveksnih zglobnih tijela bedrene i goljениčne kosti (lat. condylus femoris medi-alis et lateralis te lat. condylus medialis et lateralis tibiae) (Dubravčić-Šimunjak i sur., 2021). Tibiofemoralni zglob koji nastaje klizanjem kondila femura po zglobnoj površini tibije, tibijalnom platou nosi najveći dio tjelesne težine, a budući je tibijalni plato ravan ili čak konveksan, postoji nesklad zglobnih površina u koljenu koja pojačavaju hrskavična tijela, menisci, koji su sami po sebi vrlo nestabilni pa tako stabilnost koljena uvelike ovisi o mekom tkivu, ligamentima, zglobnoj kapuli i mišićima (Dubravčić-Šimunjak i sur., 2021).

Zglob koljena se, dakle, sastoji se od dva dijela – tibiofemoralnog i patelofemoralnog zgloba. Glavni dijelovi tibiofemoralnog zgloba su femur (bedrena kost), tibia (goljениčna kost), fibula (lisna kost), zglobne hrskavice, menisci i ligamenti. Bedrena kost najjača je i najdulja kost u ljudskom tijelu koja kreće od zgloba kuka i završava u koljenom zglobu. Goljениčna kost sudjeluje u tvorbi koljenog i gornjega nožnog zgloba, a lisna kost tvori nožni zglob. Kako bi zglob bio stabilan, potrebni su jaki ligamenti koji pričvršćuju bedrenu kost s potkoljениčnom kosti. Prednji i stražnji križni ligamenti su dva kratka i jaka ligamenta koja se križaju jedan ispred drugoga u sredini zgloba. Koljenom zglobu pripada i sezamska kost (iver), koja je uklopljena u tetivi četveroglavog mišića, a smještena je na prednjoj strani koljena.

Na kraju femura postoji unutarnji i vanjski epikondil u koji se uklapaju u zglobne površine meniskusa. Ako mišićna neravnoteža ili posturalne/uobičajene ravnoteže dovode do toga da femoralni kondil neravnomjerno opterećuje meniskus, do trošenja i oštećenja može doći puno brže nego što bi to bilo u normalnim okolnostima.



Slika 1 (mskneurology.com) Anatomska građa koljena.

#### Pasivni stabilizatori

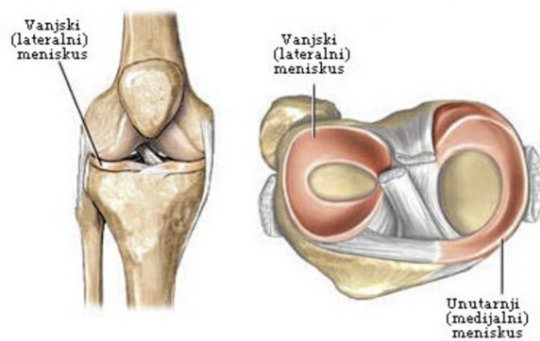
Stabilnost koljenog zgloba osigurana je pasivnim i aktivnim stabilizatorima. Najvažniji pasivni stabilizatori koljena su: prednji križni ligament, stražnji križni ligament, lateralni kolateralni ligament, medijalni kolateralni ligament, patelarni ligament, zglobna čahura, lateralni menisk i medijalni menisk (Dubravčić-Šimunjak i sur., 2021).

Ligamenti koji se nalaze u koljenu su; medijalna kolateralna sveza, lateralna kolateralna sveza, prednja ukrižena sveza i stražnja ukrižena sveza. Građeni su od kolagenih vlakana koja su iskrižana s ciljem čvrstoće ligamenta i stabilizacije kostiju u koljenom zglobu.

Kolateralni ligamenti stabiliziraju zglob u ekstenziji, oni sprječavaju antefleksiju, unutarnju i vanjsku rotaciju te abdukciju i adukciju koljena. Prednja i stražnja ukrižena sveza osiguravaju stalnu povezanost zglobnih površina. Prilikom ekstenzije napetija je prednja, a prilikom fleksije stražnja ukrižena sveza. Meniskusi su dvije vezivnohrskavične polumjesečaste pločice koje se nalaze u koljenu, postoje medijalni i lateralni meniskusi. Uloga meniskusa je da osiguraju skladnost zglobnih tijela i povećavaju dodirne površine zglobnih tijela čime ravnomjerno raspoređuju pritisak koji se prenosi s femura na tibiju, ublažavaju udarce prilikom doskoka ili trčanja te tako štite zglobnu hrskavicu, dodatno stabiliziraju koljeno, te ravnomjerno raspoređuju sinovijalnu tekućinu.

U slučaju odstranjenja meniskusa dolazi do smanjenja dodirnih površina zglobnih tijela što uzrokuje gubitak ravnomjerne raspodjele opterećenja, što dovodi do povećanja pritiska na zglobnu hrskavicu, što ima za posljedicu degenerativne poremećaje zgloba.

Operativni zahvat uklanjanja meniskusa, odnosno meniscektomija, kod osoba sa rupturiranim prednjim križnim ligamentom znatno povećava nestabilnost koljena.



Slika 2. Prikaz meniskusa. (<https://scipion.online/meniskus/>).

### Aktivni stabilizatori

Aktivni stabilizatori koljena su mišići, a najbitniji su mišići prednjeg i stražnjeg dijela natkoljenice koji okružuju koljeno te mišići kuka, trupa i stražnje strane potkoljenice (Dubravčić-Šimunjak i sur., 2021). Mišići su dinamički stabilizatori koljena te bez njihove adekvatne aktivacije i snage koljeno neće imati funkcionalnu stabilnost odgovoriti različitim zadacima i opterećenjima koja su stavljena pred njega (Dubravčić-Šimunjak i sur., 2021). Kada se govori o dinamičkim stabilizatorima, treba posebno obratiti pozornost kod profesionalnih sportaša kojima se opterećenja i zahtjevi koljena uvelike razlikuju od većine drugih ljudi (Dubravčić-Šimunjak i sur., 2021).

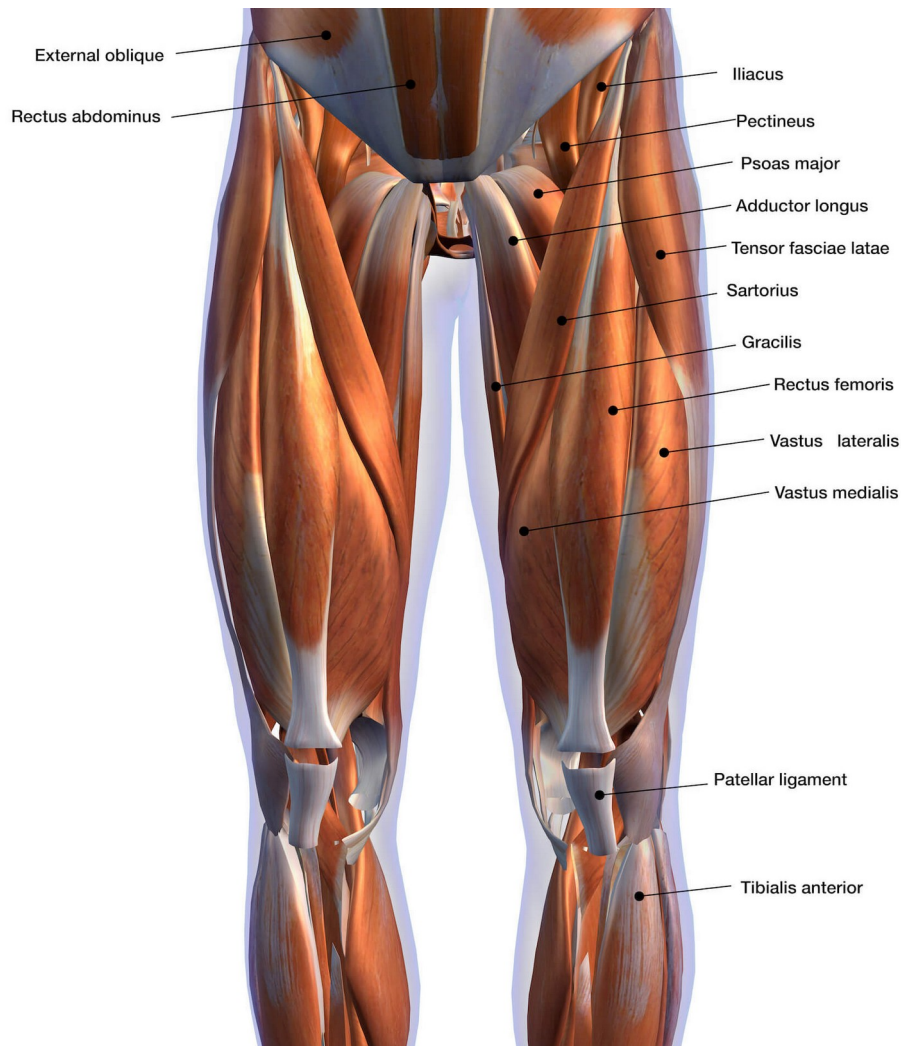
Mišići koji omogućuju pokrete u koljenom zglobu su mišići prednje, medijalne i stražnje strane natkoljenice.

Prednja strana natkoljenice sadrži dva mišića; krojački mišić i četveroglavi bedreni mišić.



Krojački mišić (m. sartorius) najduži je mišić u tijelu. Polazi s prednjeg bočnog trna i hvata se na unutarnju stranu goljenične kosti ispod koljena. Mišić učvršćuje ispruženo koljeno i u prignutom koljenu okreće potkoljenicu prema unutra (koljeno.org)

Četveroglavi bedreni mišić, odnosno m. quadriceps femoris, pokriva čitavu prednju stranu natkoljenice i ima četiri glave. Ravni mišić (m. rectus femoris) polazi iznad zdjelične čaške i okomito se spušta prema koljenu, tri široka mišića (m. vastus lateralis, intermedius i medialis) polaze s bedrene kosti. Sva četiri mišića spajaju se u zajedničku tetivu koja prelazi ispod koljena i u nju je uložena kost iver. Ligament patele veže se ispod koljena za hrapavost na prednjoj strani goljenične kosti. Sve glave zajedno ispružaju potkoljenicu u koljenom zglobu koji učvršćuju.



Slika 3. Prikaz mišića prednje strane natkoljenice. (koljeno.org)

### Mišići unutarnje strane natkoljenice

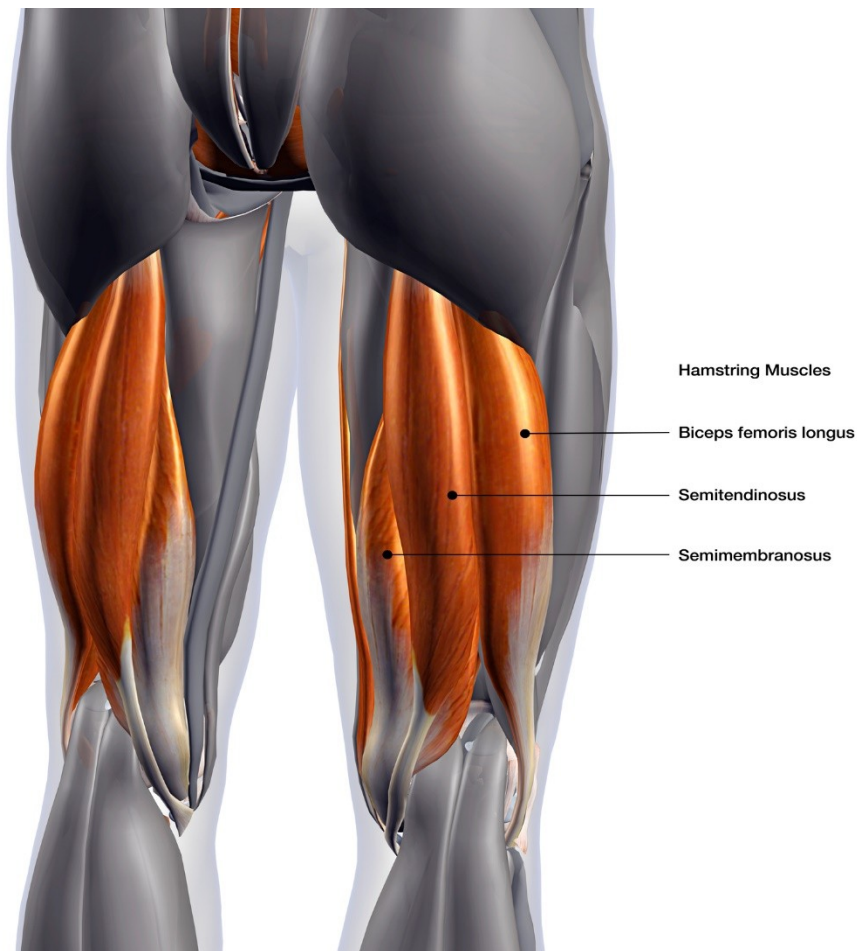
Na unutarnjoj strani natkoljenice nalazi se pet mišića koji su nazvani skupina primicača ili aduktori.

U aduktore se ubrajaju; grebenski mišić (*m. pectineus*) koji polazi sa zdjeličnih kostiju. Hvata se uzduž hrapave pruge (*lines aspera*) niz stražnju stranu bedrene kosti. Mišić primiče nogu prema središnjoj ravnini i okreće bedro prema van. Zatim kratki mišić, odnosno *m. adductor brevis*, koji polazi sa zdjelične kosti. Hvata se uzduž hrapave pruge niz stražnju stranu bedrene kosti. Mišić primiče nogu prema središnjoj ravnini i okreće ju prema van. Veliki mišić primicač (*m. adductor magnus*) polazi sa zdjelične kosti. Hvata se uzduž cijele bedrene kosti. Mišić snažno primiče natkoljenicu, a dugački mišić primicač – *m. adductor longus*, polazi sa zdjelične kosti i hvata se u sredini bedrene kosti. Mišić primiče natkoljenicu. Vitki mišić (*m. gracilis*) polazi s okomitog kraka preponske kosti i prelazi preko koljenog zgloba i hvata se na goljeničnu kost. Mišić primiče natkoljenicu i okreće ju prema van te sudjeluje u pregibanju koljena.

### Mišići stražnje strane natkoljenice

Na stražnjoj strani natkoljenice nalaze se tri mišića; dvoglavi bedreni mišić, polutetivni mišić i poluopnasti mišić.

Dvoglavi bedreni mišić (*m. biceps femoris*) ima dvije glave; dugačku i kratku. Dugačka glava polazi sa sjedne izbočine i priključuje joj se kratka glava koja polazi sa sredine stražnje strane bedrene kosti. Dugačka i kratka glava zajedno se hvataju na glavu lisne kosti. Mišić pregiba koljeni zglob te dugačka glava okreće potkoljenicu prema van. Polutetivni mišić (*m. semitendinosus*) polazi sa sjedne kvrge te se spušta na medijalnu stranu koljena i u sredini mišićnog trbuha prelazi u široku tetivnu ploču i hvata se na medijalnoj strani goljenične kosti zajedno sa tetivama krojačkog i vitkog mišića. Mišić okreće potkoljenicu prema unutra te ispruža i odmiče natkoljenicu. Poluopnasti mišić – *m. semimembranosus*, polazi sa sjedne kvrge plosnatom tetivom koja je produžena daleko u mišić. Mišić u području koljena ima tetivu koja se hvata na stražnjoj strani goljenične kosti. Okreće potkoljenicu prema unutra te ispruža i odmiče natkoljenicu.



Slika 4. Prikaz stražnje strane natkoljenice. (koljeno.org.)

### Biomehanika zgloba

Fleksija, odnosno savijanje, koljena je pokret s najvećim opsegom koji iznosi 130 stupnjeva, pasivna je moguća i do 160°, ekstenzija (istezanje) iznosi oko 0°, a pasivno je moguća do 10°. Funkcionalni opseg pokreta u svakodnevnom životu pretežno se kreće od 0° do 90°.

U čučnju se koljeno flektira do 117°, kao i kod podizanja tereta, a kod ustajanja iz stolca do 110°. Rotacija ovisi o fleksiji, tako da je minimalna pri ekstenziji koljena, a pri fleksiji od 90° moguća je 45° vanjska i 30° unutarnja rotacija.

Pri fleksiji koljena od 30° moguće su adukcija i abdukcija par stupnjeva, inače te kretnje nisu same po sebi moguće u koljenu. Menisci koljena su pokretni, tako da kod luka gibanja od 120° medijalni menisk se giba prema naprijed 0.5 cm, a lateralni 11 cm.

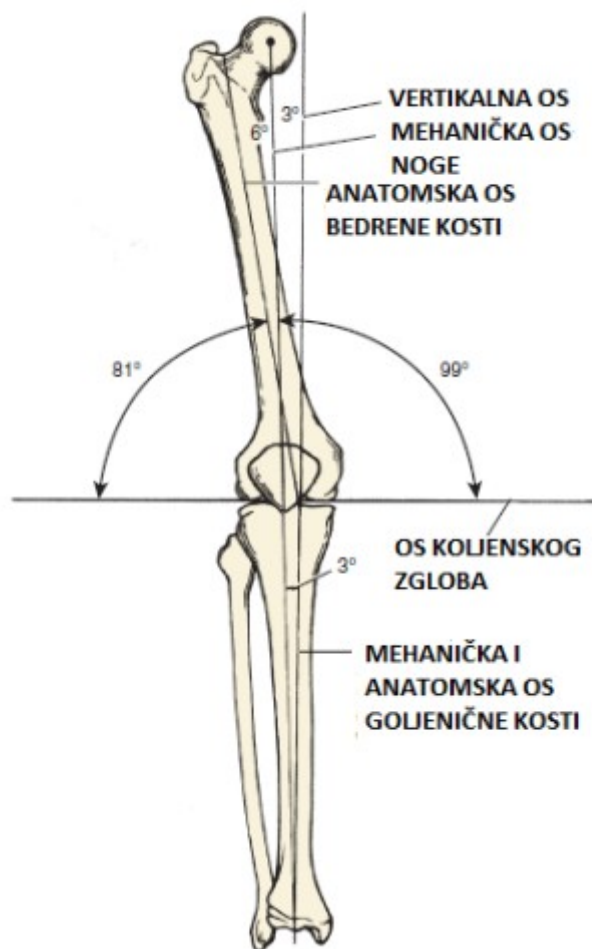
Kod posljednjih 15° ekstenzije događa se unutarnja rotacija femura, a tibija se rotira prema van.

Kolateralni i križni ligamenti ograničavaju pokrete u koljenu, pa tako kod hoda prednji križni ligament podnosi opterećenje od 170 N, a kod trčanja 500 N (Miller i sur., 2012). Kod fleksije koljena stražnji križni ligament je zategnut, a prednji je zategnut u ekstenziji koljena. Prosječna sila pri kojoj pucaju križni ligamenti je oko 700 N, dakle vrijednost negdje oko jedne trećine težine tijela. Pri hodu, ligamenti podnose manje sile od sila između zglobnih površina (Pećina, 1982). Prednji križni ligament može izdržati silu od 2200 N, kod mladih ljudi i do 2500 N. Stražnji križni 2500 do 3000 N, medijalni kolateralni ligament oko 5000 N, a lateralni kolateralni ligament oko 750 N (Miller i sur., 2012).

Sile koje djeluju na zglob mogu se podijeliti na sile koje djeluju na tibiofemoralni i na patelofemoralni zglob.

Tibiofemoralni zglob podnosi tri puta tjelesne težine tijekom hodanja i četiri puta kod hoda po stepenicama. Menisci u tom zglobu pomažu u prijenosu opterećenja, i izdržavaju trećine do polovine tjelesne težine te kod uklanjanja meniska dolazi do povećanja kontaktnog naprezanja, opterećenje kosti raste do četiri puta. Patela pomaže u patelofemoralnom zglobu kod ekstenzije zgloba, produživanju poluge i raspodjela naprezanja u zglobu. Patela ima najdeblju hrskavicu u tijelu, tijekom normalnog hoda podnosi opterećenje polovice tjelesne težine. Prilikom čučnjeva i trčanja podnosi opterećenje sedam puta veće od tjelesne težina, a kod silaženja niz stepenice dva do tri puta veće opterećenje (Pećina, 1982.).

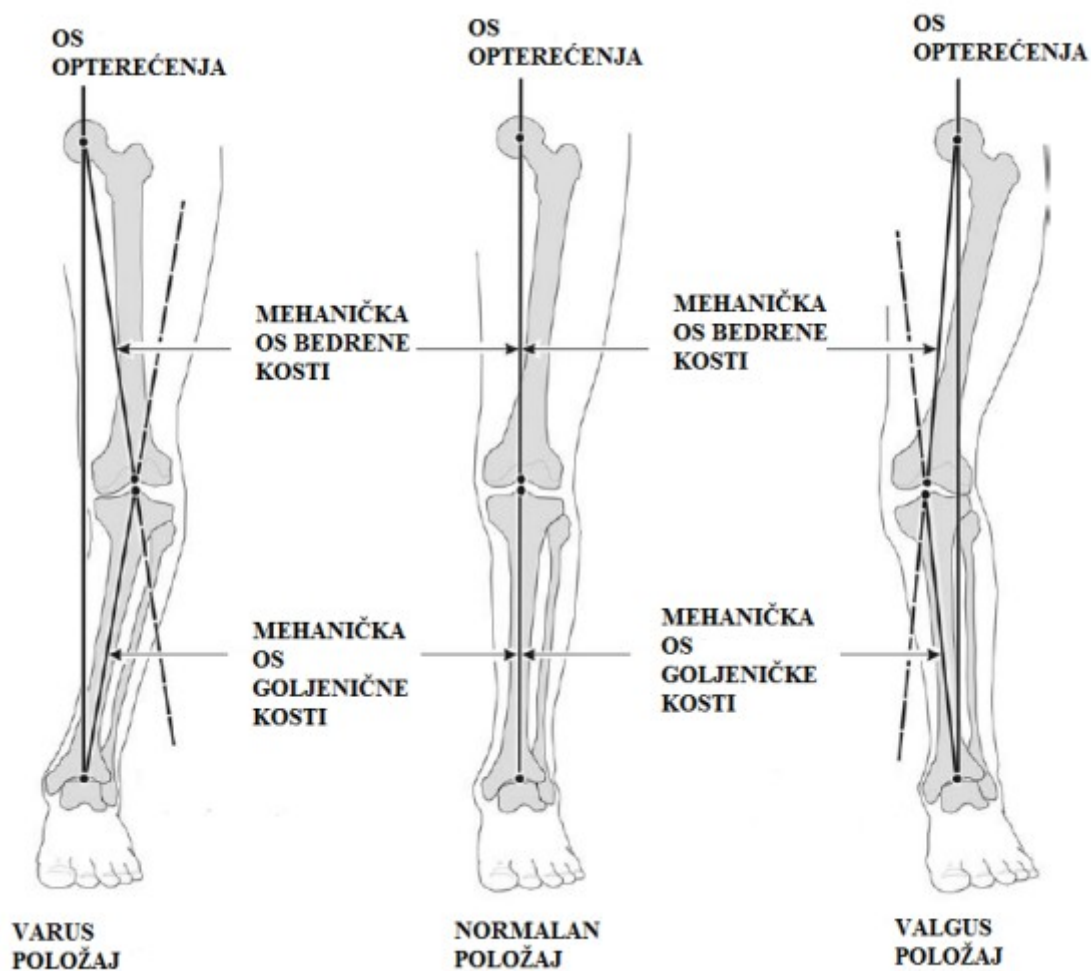
U koljenskom zglobu postoji mehanička os, vertikalna os i anatomska os. Kut između mehaničke osi i vertikalne osi je oko 3°, a između anatomske osi bedrene kosti i vertikalne osi 6°. Dok je kut između anatomske i mehaničke osi goljenične kosti i vertikalne osi kut 3° (Miller i sur., 2012).



Slika 5. Biomehanika zgloba.

Menisci koljena su fleksibilni i pokretni, građeni su od kolagenih vlakana koja su organizirana radijarno i longitudinalno. Lateralni menisk ima dvostruko veću pokretljivost od medijalnog meniska, posebice kod kretnji rotacije (Miller i sur., 2012). Kondili bedrene kosti prelaze duži put nego kondili tibije u gibanju koljena iz ekstenzije u fleksiju, dakle kretanje tibije osim rotacije uključuje i klizanje zglobnih površina. Zglobne površine nisu sukkladne i zglob će biti stabilan dok god sila djeluje okomito na površinu na mjestu točke doticanja, kada prestane djelovati okomito zglobne površine će kliziti. Križni ligamenti omogućuju stabilnost koljenog zgloba, veliki značaj imaju kod hodanja po stepenicama. Medijalni kolateralni ligament najviše i najduže je opterećen pri hodu od svih ligamenata, te je bitan za održavanje ravnoteže, ukoliko ne postoji deformitet koljena. Uklanjanjem medijalnog meniska slabi i medijalni kolateralni ligament do tri puta. Najbolji način za prikazivanje raspodjele sila u koljenom zglobu je promatranje mehaničke osi bedrene i goljениčne kosti. Ravnina osi ovisi o geometriji kosti i zglobnih površina između goljениčne i bedrene kosti. U neutralnom položaju noge kut između mehaničkih osi goljениčne i bedrene kosti je od 0° do 2° prema varus

položaju (vidi Sliku 6.), dakle osi praktički leže na istom pravcu. U tom slučaju centar koljena se nalazi na istom pravcu kao i os opterećenja. U varus položaju, centar koljenskog zgloba nalazi se lateralno od osi opterećenja, i u tom slučaju medijalni dio koljenskog zgloba je pod većim opterećenjem. U valgus položaju, centar se nalazi medijalno od osi opterećenja i lateralni dio zgloba trpi veće opterećenje (Cooke i sur., 2007). Zbog toga što je neutralni položaj noge normalno u blagom varus otklonu do  $2^{\circ}$ , medijalni dio zgloba trpi veće opterećenje; 60 do 70%. Kod varus i valgus položaja nogu, koji nisu više fiziološki, smanjuje se površina zgloba koji je opterećen i pojačava se opterećenje ostatka zglobne površine, što se povezuje s nastankom osteoartritisa (Tanamas i sur., 2009).



Slika 6. Osi prilikom pokreta koljena.

Na koljeno djeluju sile težine tijela, mišićne sile i inercija koje nastaju pri kretanju. Kod stajanja na dvije noge na svako koljeno djeluje sila jednaka polovici težine tijela, umanjena za težinu potkoljenice, a kod stajanja na jednoj nozi težina cijelog tijela umanjena za težinu jedne potkoljenice. Kod stajanja na dvije noge težište tijela nalazi se u razini trećeg slabinskog kralješka i težinu tijela podržavaju zdjelični zglob i kosti i zglobovi ispod, koljeni zglob te gornji i donji nožni zglob. Težišnica pada okomito na podlogu te je opterećenje zglobova okomito (Pećina 1982.).

### Najčešći problemi

Problemi često nastaju kada je koljeno uobičajeno ili posturalno prisiljeno stabilizirati se u nepravilnom položaju, budući da će neravnomjerna podloga za opterećenje povećati napetost i trenje na određenim strukturama, dok rasterećuje druge. Strukture koje postaju ugrožene često su one pod čestim prekomjernim i neuravnoteženim opterećenjem. Ovo su neki od najčešćih problema: tibija povučena predaleko (stražnje klizanje), funkcionalni varusni položaj koljena (savijen prema van), tibija previše rotirana prema unutra, tibija povučena previše naprijed (prednje klizanje), tibija previše rotirana prema van ([mskneurology.com](http://mskneurology.com)).

### Stražnje klizanje

#### Tibijalno stražnje klizanje

Posteriorno klizanje tibije obično se događa kada su koljena zaključana natrag u hiperekstenziju u držanju. Ova posturalna devijacija često je sekundarna kompenzacija ležernog držanja. Kada su koljena zaglavljena unatrag, tetive koljena mogu se hiperaktivirati kako bi stvorile posteriornu stabilnost u koljenu, tako da se ne savijaju u potpunosti unatrag. Zbog svojih pričvršćenja, tetiva koljena će, s vremenom, povući tibiju sve više i više unatrag, na kraju uzrokujući pretjerano stražnje klizanje tibije. To se može identificirati palpacijom prijelaza između femoralnog kondila i tibijskog platoa (koljeno mora biti ravno, a mišići opušteni), a osjeti se visinsku razliku (udubljenje prema unutra) kada prijedete na tibiju.

Pojednostavljeno, riječ je o neravnoteži između mišića koji povlače tibiju prema naprijed (kvadriceps, gastrocnemius) i prema natrag (tetiva koljena). Jedan od načina rješavanja toga mogao bi biti istezanje tetiva koljena i treniranje kvadricepsa i listova. Međutim, potrebno je da dodatno koristiti posturalne korekcije; prvenstveno ispravljanjem lelujavog držanja i

zakočenih koljena. Kako bi se koljena „otključala“, mora ih se otvoriti za četvrtinu inča i izbjegavati pad u punu ekstenziju. Ne smiju biti savijeni, samo malo otvoreni.



Slika 7. Tibijalno stražnje klizanje. (mskneurology.com)

#### Visina patele

Visina patele će utjecati na to koliko dobro i simetrično može kliziti u patelofemoralnom žlijebu (trohlearni žlijeb). Nekoliko čimbenika utječe na to, kao što su klizanje i rotacije tibije te funkcija mišića. Ako se tibija translacija posteriorno, patela se povlači nešto prema dolje. Ako se prevede prema naprijed, patela će doći malo prema gore.



Ako patela leži predaleko kranijalno, može udariti u prednji masni jastučić, dok se koljeno savija. Predalek položaj patele, može također uzrokovati da se odmara izvan utora i tako se oslanja na koštane strukture koje nisu prekrivene hrskavicom. To će, naravno, uvelike povećati rizik od oštećenja hrskavice i osteoartritisa.

#### Funkcionalni varus i unutarnja rotacija tibije

Funkcionalni varus koljena jedan je od najčešćih uzroka boli u koljenu. Ova pojava će neravnomjerno opteretiti medijalni i lateralni meniskus, pri čemu će mnogo veća opterećenja biti nametnuta medijalnom meniskusu, a lateralni meniskus će se donekle rasteretiti. Najčešći uzrok funkcionalnog varusa koljena je posteriorni nagib zdjelice, koji je, barem kako navodi Larsen (2015), jedna od najčešće pogrešno dijagnosticiranih i neidentificiranih posturalnih abnormalnosti. Posteriorni nagib zdjelice uzrokuje stalnu abdukciju i vanjsku rotaciju femura, što dovodi do kontinuiranog pogrešnog opterećenja na medijalni meniskus i zaključava koljeno u maksimalnoj unutarnjoj rotaciji tibije. S vremenom to može dovesti do ozljede medijalnog meniskusa, pa čak i osteoartritisa (postoji i rjeđa pojava funkcionalnog valgusa, koji će uzrokovati suprotno; lateralne ozljede meniska).

#### Prednje tibijalno klizanje

Ovo je najčešće pravi uzrok skakačkog koljena; previše anteriorno postavljena tibijalna kost. Tibija se može prevesti prema naprijed zbog nekoliko razloga. Najčešća je hiperaktivnost listova ili kvadricepsa, koja se obično javlja ako osoba hvata (steže) svoje listove ili kvadricepse habitualno. Slab zakoljeni mišić također će omogućiti tibiji da se pomakne prema naprijed. Obično je slab jer se u držanju i hodu javlja prekomjerna pronacija stopala i medijalna rotacija femura. Stoga je često potrebno riješiti i uzroke i simptome (slabost mišića).

#### Pretjerana vanjska rotacija tibije

Tibija rotirana previše prema van (ili prema unutra rotirana bedrena kost) uzrokovat će pogrešno praćenje patele u patelarnom žlijebu, uzrokujući njeno brušenje u lateralnu (vanjsku) stranu kondila. Ovo stanje se često naziva "chondromalacia patella".

#### Osteoartritis

Osteoartritis je degenerativna bolest zglobova koja zahvaća hrskavicu i okolna tkiva. Uz oštećenje i gubitak zglobne hrskavice, dolazi do remodeliranja subartikularne kosti, stvaranja

osteofita, opuštenosti ligamenta, slabljenja periartikularnih mišića i, u nekim slučajevima, sinovijalne upale. Ove promjene mogu nastati kao rezultat neravnoteže u ravnoteži između razgradnje i popravka zglobnog tkiva. Primarni simptomi OA uključuju bolove u zglobovima, ukočenost i ograničenje pokreta. Napredovanje bolesti obično je sporo, ali u konačnici može dovesti do otkazivanja zglobova s bolovima i invaliditetom. (Larsen, 2012).

### **Najčešće ozljede**

Uz navedene najčešće probleme pri pokretima koljenog zgloba, valja istaknuti najčešće ozljede koljena: oštećenje meniskusa, upala burze, skakačko koljeno, trkačko koljeno, bolni sindrom iliotibijalnog trakta te ruptura ligamenata u koljenu.

#### Oštećenje meniskusa

Od ukupnog broja ozljeda meniskusa, čak 81% ozljeda spada na ozljedu medijalnog meniskusa, a tek 19% spada na ozljedu lateralnog meniskusa (Fox i sur., 2015). Učestalije ozljede medijalnog meniskusa rezultat su njegove smanjene mobilnosti (Jeong i sur., 2012), a do ozljede medijalnog meniskusa najčešće dolazi zbog kronične nestabilnosti koljena. S druge strane, u lateralnom meniskusu dolazi do akutnih ozljeda uz rupturu prednjeg križnog ligamenta (Seil i sur., 2009).

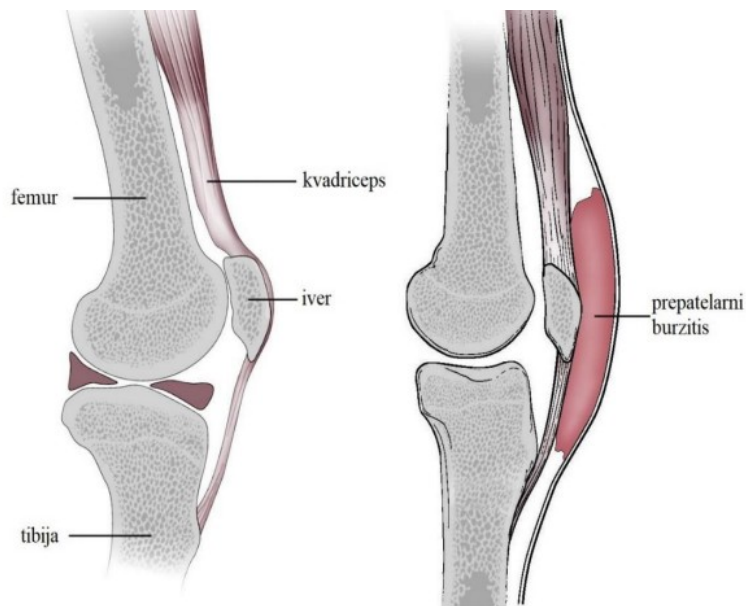
Skokovi, doskoci i spuštanje u čučanj najčešći su pokreti zbog kojih dolazi do oštećenja meniskusa (Fox i sur., 2015., Mitchell i sur., 2016), dok su nogomet, američki nogomet i košarka primjeri sportova u kojima često dolazi do ozljede meniskusa (Jarit i Bosco 2010.).

Simptomi ozljede meniskusa su bol, čuje se ili osjeti prasak te je moguće blokiranje pokreta koljena kada oštećeni dio meniskusa zapne između tibije i femura (Jeong i sur., 2012). Poslije nastanka ozljede, dolazi do otoka koljena uz sveprisutnu bol i ograničen opseg pokreta (Doral i sur., 2018).

#### Upala burze (burzitis)

Prenaprežanjem, vanjskim pritiskom ili trenjem dolazi do upale burze koju definira upala sluznih vrećica u blizini zgloba čija je funkcija smanjenje trenja između kosti i tetive (prepatelarni i infrapatelarni burzitis), a najzastupljenija je kod tenisača ili trkača (Bogadi i Zavalčić 2009). Povećanjem količine tekućine unutar burze ona se širi te pritišće okolne strukture zbog čega dolazi do otekline, boli, osjetljivosti i naposljetku, smanjenja opsega pokreta (Hrašćanec 2022).

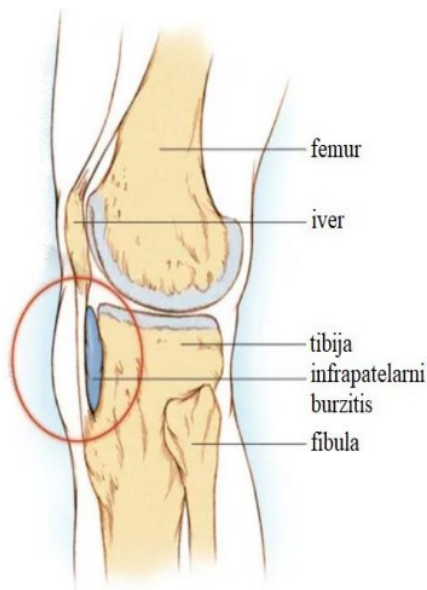
Prepatelarni burzitis (Slika 7.) je upala *bursa subcutanea preapatellaris* do koje dolazi zbog dugačkog klečanja, a tijelo je nagnuto prema naprijed. Kada se prepatelarna burza upali ispod ivera se nalazi oteklina promjera nekoliko centimetara.



Slika 7. Prepatelarni burzitis

Neliječenjem ovog stanja moguća je trajna preosjetljivost koljena i na najlakše udarce. Nakon završetka liječenja nužno je nositi steznik koji smanjuje trenje - štiti koljeno od mogućih mehaničkih podražaja.

Infrapatelarni burzitis je upala *bursa infrapatellaris profunda* do koje također dolazi klečanjem no kada je tijelo u uspravnom položaju ili naslonjeno na pete. Osim toga, infrapatelarni burzitis može biti i rezultat traume koljena kao što je npr. pad na koljeno. Kada se upali, strši uz oba ruba tetive, a iz vana dobiva oblik pješčanog sata. Posljedica upale je ograničena mogućnost fleksije pa pacijenti nerijetko imaju problem kretanja po stepenicama (Hrašćanec 2022).



Slika 8. Infrapatelarni burzitis

### Skakačko koljeno

Patelarna tendinopatija, skakačko koljeno, košarkaško koljeno i odbojkaško koljeno su termini za sindrom prenaprezanja s patološkim promjenama u distalnom dijelu ekstenzornog mehanizma koljena - patelarnoj tetivi i njezinom hvatištu na vršku patele ili inserciji na tuberositas tibije (Pećina i sur., 2019). Naziv „skakačko koljeno“ uveo je Blazina 1973. godine u hrvatsku medicinsku literaturu detaljnim opisom kliničke slike i načina liječenja (Zagrajski 2021).

Skakačko koljeno učestalo je kod sportaša koji uvelike opterećuju ekstenzorni sustav koljena učestalim skokovima ili trčanjem na duge staze, a to su odbojkaši, košarkaši, skakači u vis, biciklisti i drugi (Pećina i sur., 2019).

„Najveće mehaničko opterećenje ekstenzornog sustava koljena nastaje pri usporavanju (deceleraciji) tijela prilikom doskoka, kada *m. quadriceps femoris* prevladava gravitacijsku silu svojom ekscentričnom kontrakcijom i upravo su te kontrakcije jedan od bitnih uzročnih čimbenika nastanka skakačkog koljena“ (Sprague 2019).

Simptomi skakačkog koljena karakteriziraju oštra bol na vršku patele te smanjena funkcionalna sposobnost zahvaćenog donjeg dijela ekstremiteta. Bol se pojavljuje postepeno, nezvezano uz vidljivu traumu. Nadalje, bol se u početku javlja kod aktivnog i pasivnog

istezanja mišića natkoljenice te nastaje otok, a sveprisutna je i bol na dodir. Naposljetku, bol se javlja čak i u stanju mirovanja te se može širiti duž kvadricepsa (Pećina 1992).

#### Trkačko koljeno (patelofemoralni sindrom)

Trkačko koljeno je također jedan od sindroma do kojeg dolazi prenaprežanjem. Ovaj termin koristi za bol u patelofemoralnom zglobu i susjednom mekom tkivu. Faktori koji utječu na nastanak patelofemoralnog sindroma su jakost kvadricepsa, slabost mišića kukova i Q kut (Dierks i sur., 2018).

„Tijekom početne faze oslonca mišići aduktora kuka i vanjskih rotatora rade ekscentrično kako bi kontrolirali adukciju i vanjsku rotaciju u kuku. Slabost kod abduktora kuka dovodi do prekomjerne adukcije natkoljenice u početnoj fazi oslonca što može dovesti do valgus pozicije koljena“ (Habrlin 2021). Nadalje, valgus koljena povećava lateralna sila koja djeluje na patelu dok slabost vanjskih rotatora kuka dovodi do povećane vanjske rotacije femura tijekom faze oslonca.

Simptomi trkačkog koljena su bol koja se pojavljuje u prednjem dijelu koljena, a ona se povećava trčanjem, čučnjevima ili kretanjem uz i niz stepenice (Dierks i sur.2018).

#### Bolni sindrom iliotibijalnog trakta

Bolni sindrom iliotibijalnog trakta prema učestalosti je druga najčešća ozljeda kod trkača no pojavljuje se i kod biciklista, skijaša, nogometaša i drugih (Taunton 2002). Trčanje nizbrdo pogotovo je pogodno za nastanak sindroma iliotibijalnog trakta radi povećanog kuta fleksije u koljenu pri kontaktu stopala s tlom, a tada iliotibijalna sveza prelazi preko lateralnog epikondila što rezultira bolom u koljenu (Orchard 1996). Bolni sindrom iliotibijalnog trakta manifestira se kao bol u lateralnoj strani koljena, a najjača bol javlja se pri fleksiji koljena od 30°.

Klasifikacija sindroma ima četiri stupnja:

1. Stupanj – bol se javlja samo nakon trčanja,
2. Stupanj – bol se javlja tijekom trčanja,
3. Stupanj – podiže se intenzitet boli i utječe na trajanje i brzinu trčanja,
4. Stupanj – izrazito jaka bol, trčanje je onemogućeno (Lindenberg, 1984).

## Ruptura ligamenata u koljenu

Do rupture prednjeg ligamenta u koljenu dolazi mehanizmom nagle deceleracije. Deceleracija nastaje zbog nagle i snažne kontrakcije *m. quadricepsa femorisa* koja uzrokuje subluksaciju tibije. Mehanizmom nagle deceleracije dolazi do ozljede u sportu ili rekreaciji (npr. skijanje). Također, do rupture prednjeg ligamenta može doći i hiperekstenzijom koljena koja je češća kod žena zato što rade veću ekstenziju nego muškarci, a osim toga imaju nekvalitetnije mekano tkivo.

Kada govorimo o udruženim ozljedama s prednjim križnim ligamentom, zapravo mislimo na frazu „zloćudan trio“ koji čine tri udružene ozljede u koljenu, a to su:

1. ozljeda prednjeg križnog ligamenta,
2. ozljeda stražnjeg križnog ligamenta,
3. ozljeda medijalnoga meniska.

Udružene ozljede nastaju karakterističnim mehanizmom u kojem je položaj koljena u semifleksiji odnosno u vanjskoj rotaciji te abdukciji (valgus stres) koja nastaje prilikom rotacije trupa uz učvršćeno stopalo za podlogu (Pećina 2019).

Kontaktni mehanizam čest je u sportu prilikom kojeg dolazi do udarca u vanjsku stranu koljena u trenutku kad je koljeno u fleksiji i rotaciji (Johnson 2004). Nadalje, ruptura prednjeg križnog ligamenta može nastati bilo gdje na ligamentu te je moguća ruptura u cjelini ili po individualnim snopovima (Pećina 2019).

## **Rehabilitacija:**

Rehabilitacija je važan dio terapije kako bi se pacijenti u potpunosti oporavili. Razlikujemo rehabilitaciju prema funkcionalnom pokretu. Funkcionalni pokret u otvorenom i zatvorenom kinetičkom lancu - postoje ipsilateralni i kontralateralni obrazac. Važno je poštivanje principa funkcionalnog pokreta, odnosno znati razliku između „lokalno“ (izolirano) i „globalno“ (integralno), neprestana interakcija između rada na pojedinim "karikama" lanca i rada na cijelom kinetičkom lancu.

Primjerice, ozljede medijalnog kolateralnog ligamenta mogu se uspješno liječiti konzervativno funkcionalnom rehabilitacijom.

Naglasak rehabilitacije je na kineziterapijskim intervencijama, odnosno nadziranom provođenju terapijskih vježbi omogućuju što ranije postizanje funkcionalnih ciljeva (Šklempe Kokić i dr., 2012). Nakon pravilno provedene rehabilitacije moguć je relativno brz povratak na prijašnju razinu sportskih aktivnosti, no uvijek postoji opasnost od prebrzog povratka treningu koji bi mogao obnoviti ozljedu. Kineziterapija predstavlja najvažniji dio rehabilitacije nakon ozljede, kako navode Šklempe Kokić i autori (2012), a važno je brzinu napredovanja prilagoditi mogućnostima sportaša i težini ozljede, a ne protoku vremena od ozljede. Autori (2012) također navode kako je bitno osigurati skladan i postepen prijelaz u trenažne aktivnosti, odnosno prilagoditi progresiju opterećenja stanju koljena. Nepravilno provedena rehabilitacija ostavlja mogućnost dugoročnog perzistiranja funkcionalnog deficita mišića, a time i veće mogućnosti ponovne ozljede (Šklempe Kokić i dr., 2012).

U liječenju ozljeda koljena, razlikujemo 2 tipa liječenja; kirurško liječenje te konzervativno liječenje.

#### Kirurško liječenje ozljeda koljena

U 21. stoljeću, ovaj način liječenja koljena u većini slučajeva se izbjegava zato što tkivo ima sposobnost da samo zacijeli no u slučaju trećeg stupnja ozljeda (potpuna ruptura), ova metoda ipak se primjenjuje. Kirurško liječenje primjenjuje se kod fraktura ACL-a te meniskusa zbog njihove niske sposobnosti za samozacjeljenje jer se nalaze u dubini zgloba gdje je opskrba hranjivim tvarima vrlo oskudna. Ovaj tip liječenja pokazuje dobre rezultate kod ovakvih ozljeda, ožiljci su gotovo nevidljivi, a posljedice svedene na minimum (Čolić 2022).

#### Konzervativno liječenje ozljeda koljena

Konzervativno liječenje ozljeda koljena mnogo je lakši, jeftiniji i najvažnije, mnogo manje invazivan način liječenja ozljeda koljena. Kod ovog načina liječenja, primijenjene su fizikalne procedure te kineziterapijski program čiji je krajnji cilj što brži povratak sportu. Terapijski ultrazvuk, elektroterapija i krioterapija najčešće su metode koje se primjenjuju u rehabilitaciji ozljeda koljena (Čolić 2022).

#### Terapijski ultrazvuk

Upotrebom ultrazvučnih valova ostvaruje se terapijski učinak na koljenu. Hrskavice, tetive i kosti iznimno dobro apsorbiraju ultrazvučne valove stoga se često koriste u terapiji istih (Rendulić i Jukić, 2008). Efekti ultrazvučnih valova su termički ili netermički, no njih je u praksi nemoguće kompletno odvojiti. Prema Rennie i Michlovitz (1996.) termičkim efektom dolazi do zagrijavanja tkiva, a posljedično tome povećanju protoka krvi i dotoka kisika, ubrzanju staničnog metabolizma i aktivnosti metabolizma te povećanje elastičnosti kolagenih struktura oko zglobova.

Frekvencije titraja ultrazvuka iznose od 800 do 1000 kHz za dubinsku primjenu dok za površinsku primjenu od 3000 kHz. Terapijski intenzitet za obje primjene iznosi od 0,2 do 3 W/cm<sup>2</sup>. Ultrazvučni valovi prolaze kroz tkivo u obliku longitudinalnih valova, a u svim stanicama na ultrazvučnoj putanji dolazi do titranja koje se prenosi s jedne molekule na drugu te se tako širi kroz tkivo. Širenje titraja zapravo je zvuk koje uzrokuje mikromasažu – pretvara gel u tekuće stanje. Ovom promjenom dolazi do pretvorbe mehaničke u toplinsku energiju odnosno zagrijavanje tkiva (Rendulić i Jukić, 2008).

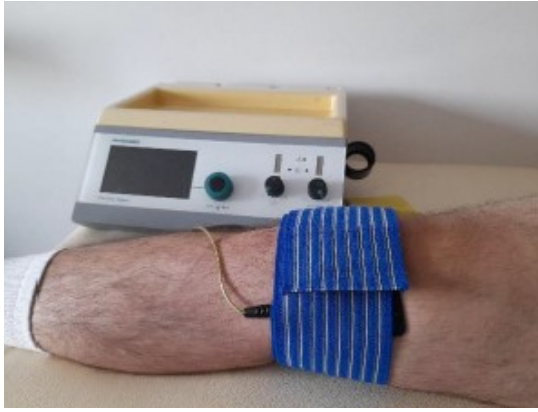
#### Elektroterapija

U svrhu izlječenja koljena od ozljede koristi se električna energija kao pasivno pomagalo fizikalne terapije – umanjuje bol ozlijeđenog te povećava prokrvljenost zglobova. Prema Babić-Naglić (2005.) u širokoj upotrebi su transkutana električna simulacija (TENS) te interferentna simulacija (IFS).

Transkutanom električnom simulacijom postiže se neinvazivna stimulacija živaca s ciljem ublažavanja boli. Koriste se struje srednje frekvencije (4000 Hz) odnosno interferentne struje koje su zbog svog djelovanja u dubini tkive dobile naziv endogene struje. Ublažavanje boli postiže se tako što živčani završeci na koži primaju aferentni input koji dolaskom u središnji živčani sustav aktivira inhibicijski sustav za smanjenje hiperalgezije (Vance i sur. 2014).

Prema Goats (1990.) do interferencije dolazi kada se dvije ili više sinusoidnih struja izmijenjaju na istoj frekvenciji. Jedna struja je frekvencije 4000 Hz dok je druga na frekvenciji od 3900 ili 4100 Hz. Kako se valovi sinusoidnih struja poništavaju nastaje interferencija od 100 Hz koja ima djelovanje u dubini tkiva na lokaciji križanja tih struja.





Slika 9. Primjena TENS-a

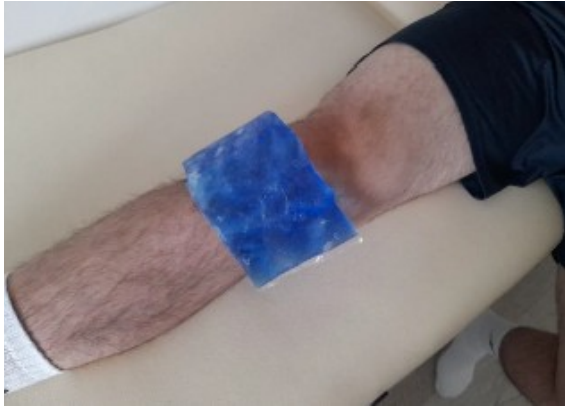


Slika 10. Primjena IFS-a

### Krioterapija

Terapija hladnoćom može se upotrebljavati u obliku leda, krioobloga te kriokupki ili hladnog zraka. Smanjenje boli, upale, otoka i temperature tkiva samo su neki od efekata krioterapije. Najraširenija je RICE terapija koja se koristi odmah nakon ozljede jer ima analgetski učinak. Krioterapijom dolazi do usporavanja staničnog metabolizma, a posljedično tome onemogućava se nastanak sekundarnih komplikacija.

Aplikacijom hladnoće povećava se tolerancija na bol, produkcija endorfina i testosterona te viskoznost tkiva čime se olakšava regeneracija nakon zamora (White i Wells, 2013).



Slika 11. Primjena krioterapije

### Kineziterapija

Kineziterapiju definira korištenje pokreta s ciljem liječenja. Vrste vježbi koje će se koristiti prilikom rehabilitacije neće se uvelike razlikovati no trajanje, intenzitet vježbi i njihov početak razlikovat će se s obzirom na oštećenu strukturu i vrstu liječenja koja se koristila; kirurška ili konzervativna (Čolić, 2022).

### Kineziterapija nakon ozljede ALC-a

Kinezioterapija nakon ozljede ALC-a ne odstupa od metode provedbe tretmana drugih ozljeda no postoji razlika u vremenskom periodu koje će proći dok pacijent može prebacivati težinu na ozlijeđenu nogu. Prema istraživanjima, snaga kvadricepsa u korelaciji je s dobrim rezultatom nakon operacije stoga je cilj ovog programa upravo osnaženje muskulature natkoljenice (Risberg i sur., 1999).

### Kineziterapija nakon ozljede meniskusa

Ozljeda meniskusa spada u najčešće ozljede koljena sportaša. Kod rehabilitacije ovakve ozljede, najviše je potrebno obratiti pažnju na prenašanje težine ukoliko se ozljeda rješavala kirurški. Kako nebi došlo do ponovne ozljede meniskusa, ne preporuča se prenašanje težine na operiranu nogu. No, istraživanja pokazuju da rano prenašanje težine na operiranu nogu može unaprijediti mehaničko okruženje meniskusa, ubrzati zacjeljenje i omogućiti brži povratak sportu. Tijekom rane faze rehabilitacije, važno je izbjeći veliki raspon pokreta međutim ne postoje recentna istraživanja koja potvrđuju da ograničeno opterećenje i rana fleksija pomažu pri bržem opravku od operativnog zahvata (Spang i sur., 2018).

### Kineziterapija nakon ozljede medijalnog kolateralnog ligamenta

Ozljede medijalnog kolateralnog ligamenta u većini slučajeva su prvog ili drugog stupnja stoga se gotovo uvijek odabire konzervativni način liječenja, a rehabilitacija ne traje dugo. Već dva dana nakon nastanka ozljede, prijenos težine na ozlijeđeno koljeno je dopušteno.

U rehabilitaciji ozljeda prvog ili drugog stupnja stavlja se naglasak na ojačanju muskulature kvadricepsa, ranoj mobilizaciji te nošenju ortoze kako bi se eliminirala mogućnost daljnje ozljede (Encinas-Ullan i Rodriguez-Merchan 2018). Operativno se liječe ozljede hvatišta medijalnog kolateralnog ligamenta trećeg stupnja na proksimalnom okrajku tibije. Tamo se nalaze *pes anserinus* na kojemu se hvataju *m.sartorius*, *m.gracilis* te *m.semitendinosus*, a prisutnost tetiva navedenih mišića može dovesti do oskudne opskrbe hranjivim tvarima što u konačnici znači i sporije zacjeljenje ozljede (Corten i sur. 2010).

## **Zaključak:**

Pregledom najčešćih problema s koljenom može se zaključiti sljedeće: funkcionalni varus uzrokuje malkompresiju medijalnog meniska, funkcionalni valgus uzrokuje malkompresiju lateralnog meniskusa (nije tako često), posteriorno klizanje tibije uzrokuje patelofemoralni bolni sindrom, prednje tibijalno klizanje uzrokuje skakačevo koljeno, pretjerana vanjska tibijalna (unutarnja femoralna) rotacija uzrokuje hondromalaciju patele, maksimalna unutarnja rotacija koljena će ga zaglaviti i povećati sile smicanja na meniskus.

Kroz rad je prikazana anatomija i biomehanika koljena, a zatim i najčešći problemi koji pogađaju većinu stanovništva. U svakom od ovih problema različiti su uzroci koje je bitno na vrijeme prepoznati i dijagnosticirati i krenuti s odgovarajućom terapijom. Kako bi tijekom rehabilitacije išao u najboljem tijeku potrebno je plan i program prilagoditi svakom pacijentu. Kineziterapija predstavlja vrlo važan sastavni dio rehabilitacije, a u nekim se situacijama koristi i kao preventivna mjera. Najvažnije što se rehabilitacije tiče, kako i navode autori Rendulić Slivar i Jukić (2011), jest da je pristup u rehabilitaciji sportskih ozljeda mišića individualan i “sport-specifičan”, a djelovanje i učinkovitost terapijskog programa temelje se na punoj interdisciplinarnoj i multidisciplinarnoj suradnji rehabilitacijskog tima.

## Literatura:

Cooke, T. D., Sled, E. A., & Scudamore, R. A. (2007). Frontal plane knee alignment: a call for standardized measurement. *The Journal of rheumatology*, 34(9), 1796–1801.

Crnčec, D. (2021). *Fizioterapija kod rupture prednjeg križnog ligamenta (Završni rad)*. Koprivnica: Sveučilište Sjever. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:107154>

Čolić, N. (2022). *Pregled najčešćih ozljeda koljena, mehanizama ozljeda i rehabilitacija kod sportaša (Završni rad)*. Rijeka: Sveučilište u Rijeci, Fakultet zdravstvenih studija. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:184:070982>

Dubravčić-Šimunjak, S., Petrović, T., Hodak, P., Šimunjak, T., Jurinić, A., Ivanković, K. i Boranić, D. (2021). Važnost funkcionalne stabilnosti koljena u prevenciji i rehabilitaciji ozljeda prednjeg križnog ligamenta kod sportaša. *Hrvatski športskomedicinski vjesnik*, 36 (2), 100-112. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/277891>

Habrlin, N. (2021). *Fizikalna terapija kod sindroma prenaprezanja u trkača dugoprugaša (Završni rad)*. Koprivnica: Sveučilište Sjever. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:096894>

Hrašćanec, V. (2022). *Procjena sila u koljenu kod klečanja (Završni rad)*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:002090>

<https://www.koljeno.org/> Pristupljeno 20. studenog 2023.

Larsen K. (2012). Resolve your knee pain by addressing its alignment. *Mskneurology.com*. Pristupljeno 25. studenog 2023.

Martić, L. (2023). *Kineziterapija u sekundarnoj prevenciji iliotibijalnog sindroma (Diplomski rad)*. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet. Preuzeto s <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:117:193668>

Miller D. M, Thompson R. S., Hart A. J. (2012). Review of orthopedics. Philadelphia, *Saunders*

Pećina, M. (1982). *Koljeno, primijenjena biomehanika*. Zagreb, Jugoslavenska medicinska naklada.

Platzer, W. (2003). *Priručni anatomske atlas u tri sveska; Prvi svezak Sustav organa za pokretanje*, Zagreb, Medicinska naklada

Rendulić Slivar, S. i Jukić, I. (2011) Mogućnosti primjene terapijskog ultrazvuka u rehabilitaciji ozljeda mišića. *Fiz. rehabil. med.* 22 (1-2): 39-50

Risberg, M. A., Holm, I., Steen, H., Eriksson, J., & Ekeland, A. (1999). The effect of knee bracing after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*, 27(1), 76-83.

Samoščanec, S. (2019). *Rekonstrukcija meniska* (Doctoral dissertation, University of Zagreb. School of Medicine. *Department of Orthopedics*).

Samoščanec, S. (2019). *Rekonstrukcija meniska (Master's thesis)*. Zagreb: University of Zagreb, School of Medicine. Retrieved from <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:105:854967>

Šklempe Kokić, I., Uremović, M i Kokić, T. (2012) Kineziterapija nakon ozljede medijalnog kolateralnog ligamenta. *Hrvat. Športskomed. Vjesn.* 2012; 27: 3-9

Tanamas SK i dr. (2012). Relationship between obesity and foot pain and its association with fat mass, fat distribution, and muscle mass. *Arthritis Care Res (Hoboken)*.