

ANATOMIJA IN BIOMEHANIKA KOLENSKEGA SKLEPA

Ludvik TRAVNIK, Robert KOŠAK

Ključne besede: Koleni, mišice, sklepna ovojnica, ligamenti,

Izveček

Kolenski sklep je zaradi anatomske zgradbe, velike izpostavljenosti zunanji silam in velikim funkcionalnim zahtevam, najbolj pogosto poškodovan sklep. Za njegovo stabilnost je odgovoren ligamentarni aparat, ki ga pomembno podpira mišično – tetivni aparat. Gradbene strukture lahko razdelimo na tri dele: kostne strukture, ekstraartikularne strukture in intraartikularne strukture. Kostni del je sestavljen iz pogačice, stegnjeničnih kondilov in goleničnega platoja. Med ekstraartikularne strukture prištevamo sklepno ovojnico, kolateralna ligamenta in mišično – tetivni aparat. Med intraartikularne strukture sodijo medialni in lateralni meniskus ter sprednja in zadnja križna vez.

Kolenski sklep je zaradi anatomske zgradbe, velike izpostavljenosti zunanji silam in velikim funkcionalnim zahtevam, najbolj pogosto poškodovan sklep.

Abstract

The knee is one of the most commonly injured joints because of its anatomic structure, its exposure to external forces, and the functional demands placed on it. Ligaments alone without the supporting action of the associated muscles and tendons are not enough to maintain knee stability. The structures about the knee can be classified into three broad categories: osseous structures, extraarticular structures, and intraarticular structures. The osseous structures consist of the patella, the distal femoral condyles, and the proximal tibial plateaus. The important extraarticular structures supporting and function of the knee are capsule, collateral ligaments, and musculo-tendinous units that span the joint. The principal intraarticular structures of importance are the medial and lateral menisci and the anterior and posterior cruciate ligaments.

Uvod

Mišice so aktivni stabilizatorji, vezi pa pasivni stabilizatorji kolena.

Kolenski sklep je največji in najbolj zapleteno grajen sklep v človeškem telesu. Temeljna biomehanska lastnost kolena je, da deluje v območju ohlapnosti. To pomeni, da lahko že majhne sile povzročijo sorazmerno velike premike sklepnih površin. Po mehaniki je trohoginglimus, ki dovoljuje gibanje predvsem v sagitalni ravnini okoli transverzne osi (fleksija – ekstenzija) in pri flektiranem kolenu tudi v transverzni ravnini okoli vertikalne osi (medialna – lateralna rotacija). Stabilnost kolenskega sklepa je odvisna od mnogih dejavnikov, med katerimi so zelo pomembni: mehanska os sklepa, kostni elementi, ekstraartikularne strukture (sinovijalna in sklepna ovojnica s pripadajočimi ligamenti, kolateralna ligamenta, mišično – tetivni aparat) ter intraartikularne strukture (križna ligamenta in meniskusa). Mišice so aktivni stabilizatorji, vezi pa pasivni stabilizatorji kolena. Če je katera od teh struktur okvarjena, je stabilnost in s tem funkcija kolenskega sklepa močno prizadeta.

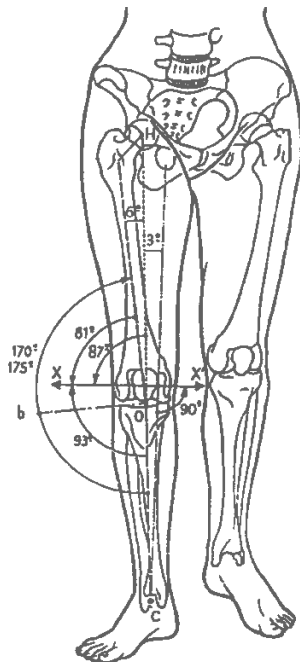
Kostne strukture

Os spodnje okončine ocenjujemo vedno na rentgenskem posnetku cele spodnje okončine v obremenjenem položaju.

Koleno je sklep med kondili stegenice, platojem golenice in pogačico. Sklepne površine med njimi so oblikovane tako, da ne dajejo večje stabilnosti sklepu. Zato je za stabilnost nujno potreben ligamentarni in mišično-tetivni aparat. Os spodnje okončine ocenjujemo vedno na rentgenskem posnetku cele spodnje okončine v obremenjenem položaju. Normalno so središča kolka, kolena in gležnja na isti črti (mehanska os). Kot med osjo, ki poteka skozi deblo stegenice in osjo, ki poteka skozi deblo golenice znaša $170 - 175^\circ$. Govorimo o fiziološkem valgusu kolena, ki tako znaša $5 - 10^\circ$ (slika 1). Medialni stegnenični kondil je ožji in bolj ukrivljen od lateralnega. Stegnenica je v predelu kondilov, gledano od strani, v sprednjem delu sploščena, v zadnjem delu pa je okrogla. Na sprednji strani sta kondila ločena z interkondilarno brazdo oz. trohleo, ki artikulira s pogačico. Spodaj in zadaj je med njima široka zareza, fossa intercondylaris.

Medialni stegnenični kondil je ožji in bolj ukrivljen od lateralnega.

Golenični plato gradita medialni in lateralni kondil, ki sta med seboj ločena z interkondilarno eminenco. Medialna sklepna površina golenice je ovalnejša, globlja in bolj konkavna od lateralne.



Slika 1: Mehanična os (HOC) in fiziološki valgus kolena

Pogačica je sezamoidna kost, ki je vložena v distalni del kite kvadricepsa. Medialno se nanjo pripenja vastus medialis, lateralno vastus lateralis. Ligamentarno je učvrščena tudi z medialnim in lateralnim retinakulumom. Distalno iz nje izhaja patelarni ligament, ki se pripenja v predelu tuberositas tibije. Bistven pomen pogačice je v tem, da povečuje razdaljo od centra rotacij do kite kvadricepsa in s tem po načelu vzvodov tudi moč kvadricepsa. Pogačica med upogibom kolena drsi preko kondilov stegenice. Njeno pot vodijo vastus medialis longus in predvsem obliquus, vastus lateralis, rektus femoris in vastus intermedius ter ligamentarni aparat.

Pogačica je sezamoidna kost, ki je vložena v distalni del kite kvadricepsa.

Ekstraartikularne strukture

Sklepna ovojnica s pripadajočimi ligamenti in kolateralna ligamenta predstavljajo pglavitni statični del stabilnosti kolenskega sklepa. Dodatno ga pomembno podpira mišično-tetivni aparat, ki predstavlja aktivni del stabilnosti.

Sklepna ovojnica

Sklepna ovojnica kolenskega sklepa je široka, ohlapna,

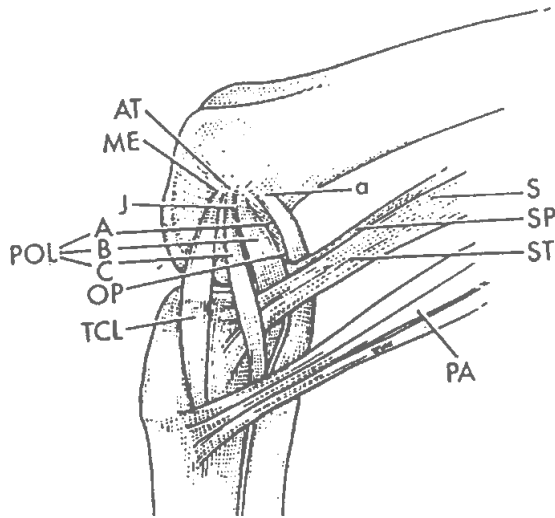
Sklepna ovojnica kolenskega sklepa je široka, ohlapna, stegnenična epikondila sta zunaj nje. Fibrozni sloj ovojnice pravzaprav nima lastnih niti, temveč jih dobi od vezi, ki jo krepijo. Sklepno ovojnico lahko razdelimo na medialni, lateralni in posteriorni del. Medialni in lateralni del pa posebej še na anteriorni, intermedialni in posteriorni del.

Anteriorni in medialni del sklepne ovojnice

Anteromedialni in anterolateralni del sklepne ovojnice je razpet med medialnim oz. lateralnim robom patele, patelar-nim ligamentom in kolateralnima ligamentoma. Na tem mestu je ovojnica tanka, pokriva jo maščobna plast. Ta del ovojnice krepita medialni in lateralni retinakul. To sta tanki vezi-vni plošči, razpeti med medialnim oz. lateralnim stegneničnim kondilom in medialnim oz. lateralnim kondilom golenice. V bistvu predstavljata podaljšek tetiv mišic vastus medialis oz. lateralisa. Oba retinakula imata pomembno vlogo tudi pri stabilizaciji patele. Dodatno je sklepna ovojnica s sprednje strani okrepljena s pateloepikondilarnim in patelotibialnim ligamentom z medialne strani, z lateralne strani pa z iliotibialnim traktusom. Zelo pomembno stabilizira celotno koleno s spredje strani m. quadriceps.

Medialni intermediarni del ovojnice krepijo vertikalno položena nitja, ki predstavljajo globoko plast medialnega kolateralnega ligamenta. Izhaja iz medialnega epikondila in kondila stegnenice in se pripenja tik pod sklepno špranjo na medialnem kondilu golenice. Delimo ga na meniskofemoralni del, ki je močnejše razvit in meniskotibialni del (koronarni ligament).

Posteromedialni del sklepne ovojnice je razpet med zadnjim robom medialnega kolateralnega ligamenta in narastiščem direktne glave semimembranosusa. Ta del krepí ligamentum obliquum posterior (slika 2), ki je razpet med adduktornim tuberklom stegnenice in posteromedialnim kotom golenice ter posteriorno kapsulo. Je v tesni povezavi s semimembranosusom. Sestavljen je iz treh snopov, med katerimi je najpomembnejši centralni ali tibialni snop. Poleg tega sta še superiorni ali kapsularni snop in inferiorni ali distalni snop. Posteromedialni del kapsule s pripadajočim ligamentom je



Slika 2: Posteromedialni kot kolenskega sklepa (AT – adduktorni tuberkel, ME – medialni epikondil, MCL – medialni kolateralni ligament, S – skupna tetiva semimembranosusa, SP – del tetive semimembranosusa, ki se nadaljuje v ligamentum popliteum obliquum, ST – del tetive semimembranosusa, ki se nadaljuje do posteromedialnega kota golenice, PA – pes anserinus, J – skupno izhodišče ligamenta obliquum posterior, B – centralni snop ligamenta obliquum posterior, A – kapsularni snop ligamenta obliquum posterior, C – distalni snop ligamenta obliquum posterior, POL – ligamentum obliquum posterior).

napet predvsem v fazi ekstenzije, v fleksiji pa bi ta del postal ohlapen, če ga ne bi pomembno napel semimembranosus s svojo kontrakcijo. Posteromedialnemu delu sklepne ovojnice s pripadajočimi strukturami pravimo tudi »semimembranozni kot«. Daje pomembno posteromedialno rotacijsko stabilnost sklepu.

Medialni kolateralni ligament in medialna skupina fleksorjev kolena

Z medialne strani koleno dodatno stabilizirajo še medialni kolateralni ligament in medialna skupina fleksorjev kolena. Medialni kolateralni ligament izvira iz medialnega stegneničnega epikondila in se pripenja 7–10 cm pod sklepno špranjo na posteriorni polovici medialne površine metafize golenice v predelu pes anserinusa. Sestavljen je iz globo-

ke plasti, ki je pridružena sklepni ovojnici in povrhnje plasti. Daje predvsem medialno stabilnost kolenskemu sklepu. V fazi fleksije se premakne posteriorno, pri čemer se napnejo zlasti anteriorna vlakna, v fazi ekstenzije potuje anteriorno, pri čemer se napnejo predvsem posteriorna vlakna.

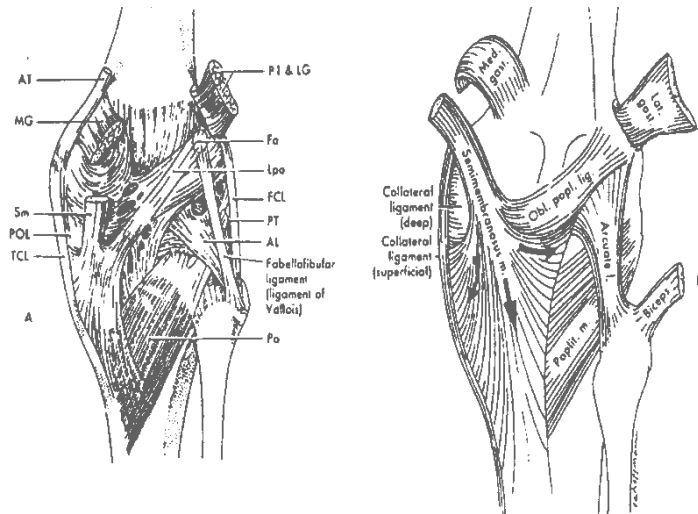
Izrednega pomena za stabilnost kolenskega sklepa na medialni strani je mišično – tetivni aparat, ki premošča koleno na tej strani. Predstavlja dinamični del stabilnosti kolenskega sklepa. To so tetive mišic, ki tvorijo pes anserinus (m. sartorius, m. gracilis, m. semitendinosus) (slika 2) in v postero-medialnem kotu m. semimembranosus (slika 3), ki se v predelu narastišča cepi v tri snope: (1) lateralni snop kot ligamentum popliteum obliquum poteka lateralno navzgor proti lateralnemu kondilu golenice, (2) medialni sprednji snop je pripet na sprednjo stran medialnega kondila golenice, (3) medialni zadašnji snop pa je pripet na zadašnjo površino medialnega kondila golenice.

Posteriorni del sklepne ovojnice

Posteriorni del sklepne ovojnice krepi ligamentum popliteum obliquum, ki predstavlja lateralni snop narastišča semimembranosusa (slika 3). Ta se ob kontrakciji semimembranosusa močno napne in s tem stabilizira koleno na posteriorni strani. Delno stabilizira koleno na tej strani še m. gastrocnemius in sicer z medialno glavo na medialni strani, z lateralno glavo pa na lateralni strani.

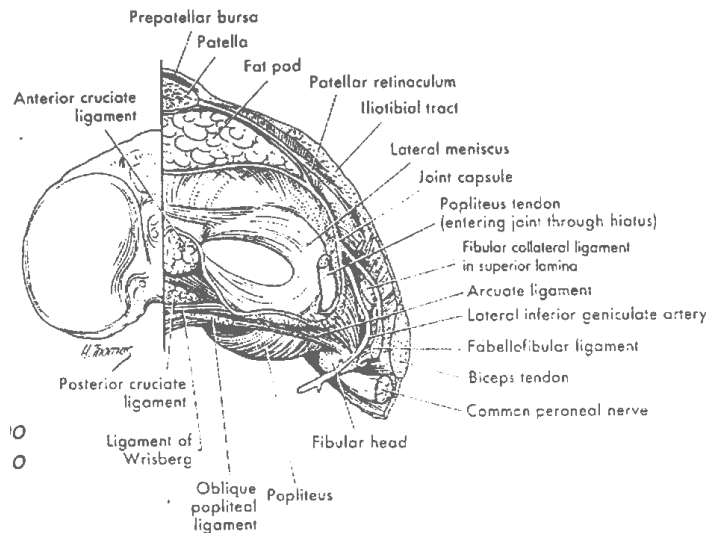
Lateralni del sklepne ovojnice

Lateralna sklepna ovojnica je v primerjavi z medialno slabše razvita. Del ovojnice, ki se razteza med perifernim robom lateralnega meniskusa in robom golenice, imenujemo koronarni ligament. Skozi ta ligament v predelu hiatus popliteusa prehaja tetiva popliteusa. Ovojnica se v nivoju posteriornega roba iliotibialnega traktusa deli v dve plasti (slika 4). Med obema plastema se nahaja lateralni kolateralni ligament in lateralna inferiorna genikulatna arterija. Globoka plast poteka ob perifernem robu lateralnega meniskusa proti arkuatnemu ligamentu, povrhnja plast pa se končuje s fabelofibularnim ligamentom. Obstaja več anatomskih različic razvitosti teh dveh ligamentov v posterolateralnem kotu kolena. Pri 67 % ljudi sta razvita oba ligamenta, pri 13 % je razvit le



Slika 3: Koleno s posteriorne strani z ligamenti, ki ojačujejo posteriorno sklepno ovojnico (MG – medialna glava gastroknemiusa, SM – semi-membranosus, POL – ligamentum obliquum posterior, TCL – medialni kolateralni ligament, LG – lateralna glava gastroknemiusa, FA – fabela, LPO – ligamentum popliteum obliquum, FCL – lateralni kolateralni ligament, PT – tetiva popliteusa, AL – ligamentum arcuatum, PO – popliteus).

arkuatni ligament, pri 20 % pa le fabelofibularni ligament. Kadar je fabela močno razvita, je dobro razvit tudi fabelofibularni ligament in obratno. Oba ligamenta izhajata iz apeksa fibularnega stiloidnega procesusa, potekata vertikalno navzgor po svoji pripadajoči plasti sklepne ovojnice, proti lateralni glavi gastroknemiusa, kjer se združita z ligamentom popliteum obliquum (slika 3). Ligamenta imata izjemno pomembno stabilizacijsko vlogo posterolateralnega kota kolenskega sklepa. Poleg teh dveh ligamentov stabilizirajo posterolateralni kot še m. popliteus, lateralni kolateralni ligament in zadnja tretjina sklepne ovojnice. Omenjene strukture skupaj tvorijo takoimenovani »arkuatni kompleks«, ki daje pomembno posterolateralno rotacijsko stabilnost kolenu.



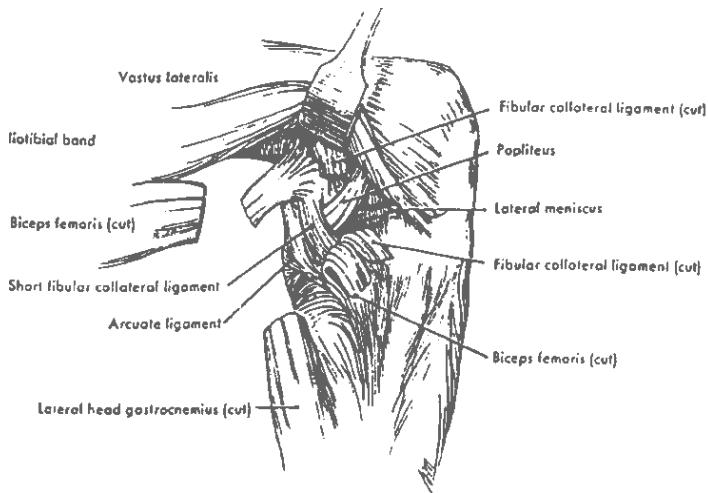
Slika 4: Pogled na desno koleno od zgoraj po odstranitvi stegenice.

Lateralni kolateralni ligament in mišično-tetivni aparat na lateralni strani kolena

Lateralni kolateralni ligament izhaja iz lateralnega femoralnega epikondila in se pripenja na glavico fibule. Je izredno pomemben stabilizator kolenskega sklepa na lateralni strani predvsem v fazi ekstenzije, v fazi fleksije je bolj ohlapen in manj prispeva k stabilnosti.

Stabilizacijsko vlogo na lateralni strani ima tudi mišično-tetivni aparat, ki predstavlja dinamični del stabilnosti kolenskega sklepa (slika 5). Sem prištevamo predvsem iliotibialni traktus, ki se pripenja na lateralni tibialni tuberkel (Gerdyjev tuberkel). S svojim posteriornim delom se v svojem poteku pripenja tudi na lateralni stegnennični kondil in s tem predstavlja pomožni lateralni ligament. V fazi fleksije potuje navzad, v fazi ekstenzije navzpred, pri čemer pa je v obeh fazah napet.

Dodatno prispeva k lateralni stabilnosti kolena tudi m. popliteus in m. biceps femoris, ki ima zlasti pomembno vlogo pri stabilizaciji posterolateralnega kota kolenskega sklepa. M. popliteus ima tri izhodišča: (1) iz lateralnega stegnenničnega kondila, (2) z glavice fibule, (3) iz posteriornega roga lateralnega meniskusa. Kondenzirana nitja vseh narastišč sestavljajo arkuatni ligament.



Slika 5: Koleno z lateraralne strani. Mišično-tetivni aparat kot dinamični stabilizator.

Intraartikularne strukture

Med intraartikularne strukture prištevamo medialni in lateralni meniskus ter prednjo in zadnjo križno vez.

Meniskusa

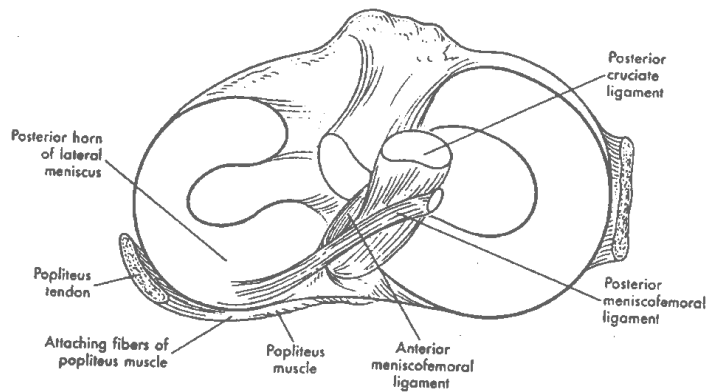
Meniskusa sta v obliki črke »C« oblikovana (slika 6) na prečnem preseku klinasta struktura. Periferna robova sta konveksna, pripeta na notranjo površino sklepne ovojnice, razen na mestu, kjer ob lateralnem meniskusu poteka poplitealna mišica. Ohlapno sta pripeta tudi na robove goleničnega plateauja. Notranji robovi so konkavni, tanki in nepripeti. Spodnja površina je ravna, zgornja je konkavna in se prilegata sklep-nima površinama. Meniskusa premoščata asimetrijo, ki nastane na stični površini stegneničnih in goleničnih kondilov. Sodelujeta pri lumbrikaciji sklepa in pri prerazporejanju pritiskov v sklepu ter povečujeta elastičnost sklepa. Nedvomno imata pomembno vlogo tudi pri stabilizaciji kolenskega sklepa v vseh smereh. Posebno pomembna sta kot rotatorna stabilizatorja.

Zadnji rog medialnega meniskusa je širši od sprednjega in je

Meniskusa sta pomembna sta kot rotatorna stabilizatorja.

pripet pred narastišče zadnjega križnega ligamenta na interkondilarni eminenci. Sprednji rog je čvrsto pripet na golenico pred sprednjim križnim ligamentom.

Lateralni meniskus je po obliki bolj okrogel, širši, na periferiji debelejši in pokriva 2/3 pod njim ležečega platoja golenice. Sprednji rog je pripet na golenico pred medialno interkondilarno eminenco, zadnji rog pa narašča na interkondilarno eminenco pred zadnjim narastiščem medialnega meniskusa. Zadnji rog dodatno učvrščujeta še meniskofemoralni anteriorni ligament (Humphryjev ligament) in meniskofemoralni posteriorni ligament (Wrizbergov ligament) (slika 6). Oba ligamenta se pridružita zadnji križni vezi, anteriorni s sprednje, posteriorni pa z zadnje strani. V posterolateralnem delu lateralnega meniskusa je na njegov rob pripet arkuatni kompleks, poplitealna mišica pa je čvrsto pripeta na arkuatni ligament in meniskus. Obe strukturi pomagata pri umiku zadnjega segmenta lateralnega meniskusa navzad med notranjo rotacijo kolena.



Slika 6: Pogled na golenična kondila od zgoraj po odstranitvi stegenice. Lateralni meniskus je manjši v premeru, širši in mobilnejši. Zadaj je pripet na medialni stegnenični kondil z anteriornim in posteriornim meniskofemoralnim ligamentom.

Križna ligamenta

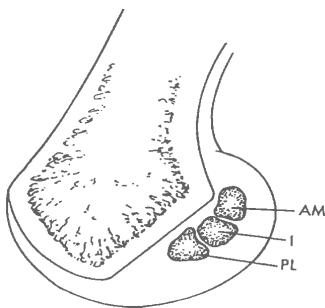
Križni vezi ležita intrakapsularno, vendar ekstrasinovialno.

Ločimo prednjo in zadnjo križno vez. Ležita intrakapsularno, vendar ekstrasinovialno. Preprečujeta nekontroliran pomik stegenice prek platoja golenice oziroma nevtralizirata delovanje strižnih sil. Usmerjata in vodita fleksijsko-rotacijski gib kolena.

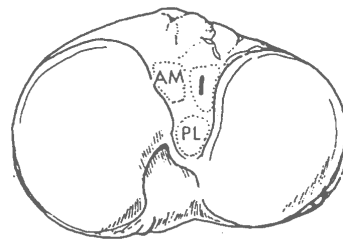
Prednja križna vez (ACL)

ACL izhaja iz zadnjega, gornjega dela notranje strani lateralnega stegneničnega kondila (slika 7). Usmerjen je navspred, navzdol in rahlo medialno. Narašča na golenico tik pred interkondilarno eminenco (slika 8). Gledano funkcionalno, je sestavljen iz treh snopov: (1) anteromedialni snop izhaja iz stegneničnega kondila posterosuperiorno in se narašča na golenici anteromedialno, (2) intermediarni snop izhaja iz stegneničnega kondila med anteromedialnim in posterolateralnim snopom in se narašča na golenici anterolateralno, (3) posterolateralni snop izhaja iz stegneničnega kondila antero-inferiorno in se narašča na golenici posteriorno (slika 7, 8). Posterolateralni snop je najbolj vertikalno postavljen in najkrajši, anteromedialni snop pa je najdaljši. Snopi so med seboj prepleteni in pri različnih kotih različno napeti (slika 9). Anteromedialni snop je napet predvsem v fazi fleksije, posterolateralni snop zlasti v fazi ekstenzije. Gledano kot celota pa deluje ACL kot stalno in enakomerno napeta struktura, pravimo da leži izometrično.

ACL ima izredno pomembno stabilizacijsko funkcijo kolenskega sklepa. Preprečuje drsenje golenice navzpred in preprečuje preveliko zunanjo rotacijo. Anteromedialni snop daje predvsem anterolateralno rotacijsko stabilnost, postero-



Slika 7: Narastišče prednjega križnega ligamenta na medialni površini lateralnega stegneničnega kondila (AM – anteromedialni snop, I – intermediarni snop, PL – posterolateralni snop).



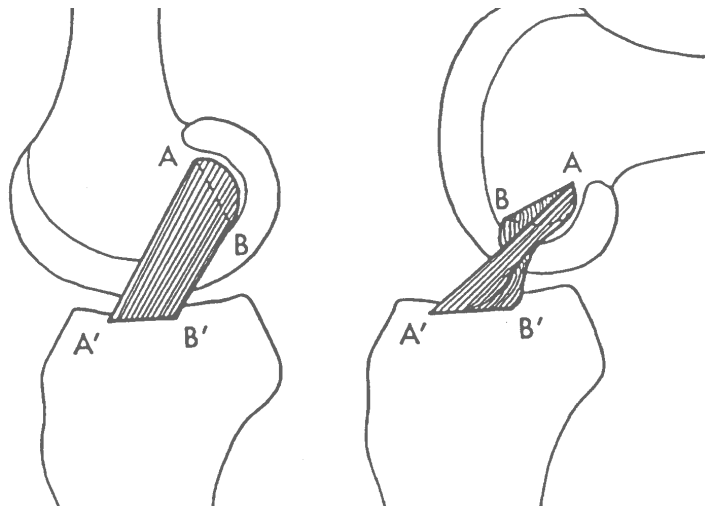
Slika 8: Narastišče prednjega križnega ligamenta na platoju golenice (AM – anteromedialni snop, I – intermediarni snop, PL – posterolateralni snop).

lateralni snop pa predvsem posterolateralno rotacijsko stabilnost. Poleg tega ACL stabilizira koleno v polnem iztegu in preprečuje hiperekstenzijo (zlasti posterolateralni snop).

Zadnja križna vez (PCL)

PCL je debelejši in približno dvakrat močnejši od ACL. Izhaja iz sprednjega, notranjega dela medialnega stegneničnega kondila in se nato spušča navzdol, navzad in rahlo lateralno ter se pripenja izza interkondilarne eminence. Postavljen je v vrtilišče kolena in predstavlja longitudinalno os, okoli katere se izvaja zunanja in notranja rotacija. Sestavljen je iz dveh snopov: (1) anteriornega snopa, ki je močnejši in (2) posteriornega snopa. Snopa sta med seboj prepletena in pri različnih kotih različno napeta. V fazi ekstenzije je bolj napet posteriorni snop, v fazi fleksije pa anteriorni snop. Gledano kot celota pa deluje PCL kot stalno in enakomerno napeta struktura.

PCL preprečuje drsenje golenice navzad in preprečuje preveliko notranjo rotacijo golenice glede na stegenico. PCL verjetno vodi t.i. »screw home« mehanizem notranje rotacije v zadnjih fazah ekstenzije kolena, ko se večji medialni kondil stegenice še rotira na golenici, medtem ko je ekscurzija manjšega lateralnega kondila že končana.



Slika 9: Spremembe v obliki in napetosti prednjega križnega ligamenta pri ekstenziji in fleksiji.

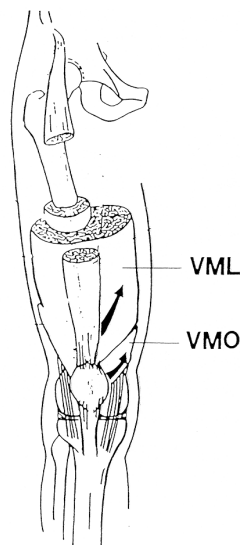
Mišice kolena

Skeletne mišice, ki obdajajo kolenski sklep, so generatorji moči za premikanje kolenskega sklepa, istočasno pa so dinamični stabilizatorji kolena. Na ventralni strani je štiriglava stegenska mišica, ki je glavni ekstenzor kolena. Fleksorji kolena so na dorzalni strani in se delijo na medialno in lateralno skupino. Medialno skupino sestavljajo mišice semitendinosus, semi-membranosus, gracilis in satrorius, ki se skupno pripenjajo na tibijo kot pes anserinus. Medialna skupina mišic povzroča pri upognjenem kolenu notranjo rotacijo goleni glede na femur. Glavna mišica v lateralni skupini je biceps femoris, ki pri upogibu omogoča zunanjo rotacijo goleni. Pomembni stabilizator lateralnega dela kolena je tractus iliotibialis, ki je vezivni podaljšek mišice tensor fascie late.

Mišica quadriceps femoris

V kinematiki kolenskega sklepa ima ključni pomen mišica quadriceps femoris, ki je glavni ekstenzor kolena. Sinhrono in po moči uravnoteženo delovanje te mišice je posledica aktivnosti mišic, ki jo sestavljajo. Mišična sila se prenaša s področja

V kinematiki kolenskega sklepa ima ključni pomen mišica quadriceps femoris



Slika 109: Mišica vastus medialis in njena konstitucionalna dela VML in VMO.

sprednje strani stegna na golen prek pomožnih ekstenzornih elementov, ki so retinakula in pogačica. Slednja leži v žlebu – trohleji med femoralnimi kondili. Drsenje pogačice po sklepu brez tendence k lateralnemu ali medialnemu pomiku ali celo subluksaciji prek lateralnega ali medialnega roba trohleje je rezultat usklajene moči mišic vastus lateralis na eni in vastus medialis longus (VML) ter obliquus na drugi strani. Adekvatna moč predvsem mišice vastus medialis obliquus (VMO) je pomembna za vzdrževanje stabilnega zaklenjenega položaja končne ekstenzije kolena (slika 10).

Mišica gastroknemius

Gastroknemius je osnovni plantarni fleksor stopala. Z medialno in lateralno glavo izhaja iz zadnjega dela stegnениčnih kondilov in se pripenja skupaj z mišico soleus na petnico kot Ahilova tetiva. V neobremenjenem položaju je gastroknemius fleksor kolena, pri obremenjenem stoječem položaju pa je ekstenzor kolena.

Burze v področju kolena

Burze ali sluzniki so prisotne na mestih, kjer tkiva drsijo eno čez drugo. V njih je viskozna tekočina, ki zmanjšuje trenje. V področju kolena je prisotno enajst ali več burz.

Literatura:

1. Muller W. The knee: form, function, and ligamentous reconstruction. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1983.
2. Crenshaw AH. Campbell's Operative Orthopaedics. Mosby, St. Louis, 1987.
3. Feagin J. The Crucial Ligaments. Churchill Livingstone, 1988.
4. Khale W, Leonhard H, Platzer W. Taschenatlas der Anatomie. 4th ed. Georg Thieme Verlag, 1984.
5. Palastanga N, Derek F, Roger S. Anatomy and Human Movement, Structure and Function, 2nd ed. Butterworth and Heinemann, 1997.