

IZBRANA POGLAVJA IZ ORTOPEDIJE

Znanstvena monografija

IZBRANA POGLAVJA IZ ORTOPEDIJE

Znanstvena monografija

Izdal in založil: © **Medicinski center ARTROS**

Urednik: **Izr. prof. dr. Mohsen Hussein**
Recenzija: **Izr. prof. dr. Nevenka Kregar Velikonja**
 Asist. dr. Domen Stropnik
 Izr. prof. dr. Mohsen Hussein

Lektoriranje : Za jezikovno neoporečnost so odgovorni avtorji prispevkov.
Oblikovanje: **Spotnet d.o.o.**

Izdaja: **Elektronska izdaja**
Dostopno na: <https://artros.si/strokovne-publikacije/izbrana-poglavja-iz-ortopedije>
Izdano: **Ljubljana, 2026**

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

ISBN 978-961-94156-5-8 (PDF)
COBISS.SI-ID 277652739

Kazalo

04 **UVODNIK**, *izr. prof. dr. Mohsen Hussein, dr. med., specialist ortopedije, svetnik*

07 **ZDRAVLJENJE DEGENERATIVNIH SPREMEMB SKLEPNEGA HRUSTANCA Z MATIČNIMI CELICAMI**

Izr. prof. dr. Mohsen Hussein, dr. med., specialist ortopedije, svetnik

1.

19 **OPERATIVNO ZDRAVLJENJE POŠKODBE HRUSTANCA**

Izr. prof. dr. Mohsen Hussein, dr. med., specialist ortopedije, svetnik

2.

31 **ENOSTOPENJSKO ARTROSKOPSKO ZDRAVLJENJE OMEJENIH POŠKODB HRUSTANCA KOLENA Z LASTNIM MLETIM HRUSTANCEM OBOGATENIM S PRP**

Andrej Lahajner, dr. med., specialist ortopedске kirurgije

3.

39 **KIRURGIJA S POSPEŠENIM OKREVANJEM PRI KOLENSKI ARTROPLASTIKI**

Doc. dr. Pika Krištof Mirt, dr. med., spec. ortopedске kirurgije

4.

53 **POŠKODBE ZADNIJH STEGENSKIH MIŠIC (HAMSTRINGI)**

Asist. dr. Domen Stropnik, spec. ortopedске kirurgije

5.

59 **MEHANIZEM POŠKODB PRI PADCIH STAROSTNIKOV IN DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NANJE: NARATIVEN PREGLED LITERATURE**

Nina Ravnihar, magistrica fizioterapije

Izr. prof. dr. Mohsen Hussein, dr. med., specialist ortopedije, svetnik

Izv. prof. dr. sc. Marijana Neuberg, mag. med. techn.

6.

69 **REKONSTRUKCIJA SPREDNJE KRIŽNE VEZI: NOVI PRISTOPI IN DILEME**

Izr. prof. dr. Mohsen Hussein, dr. med., specialist ortopedije, svetnik

7.

84 **PREDOPERATIVNA FIZIOTERAPIJA PRED REKONSTRUKCIJO SPREDNJE KRIŽNE VEZI (ACL)**

Martin Zore, diplomirani fizioterapevt

8.

Uvodnik

Spoštovani!

V času eksponentnega razvoja umetne inteligence in dostopnosti do nepregledne količine informacij, navodil ter nasvetov na spletu, se upravičeno zastavlja vprašanje o smiselnosti nadaljnjega ustvarjanja in objavljanja novih publikacij. Ali je v okolju, kjer so informacije oddaljene le nekaj klikov, znanstvena monografija še potrebna?

V Artrosu smo po tehtnem razmisleku prišli do ravno nasprotnega zaključka. Prav v tej poplavi informacij, ki jo dodatno pospešuje razvoj umetne inteligence, postajajo glasovi izkušenih strokovnjakov še toliko bolj pomembni in skoraj nujni. Poglobljeno teoretično znanje, podprto z dolgoletnimi izkušnjami omogoča podajanje preverjenih, zanesljivih in strokovno utemeljenih informacij, ki so jih dodatno filtrirali in "izpilili" recenzenti monografije.

Teme, ki smo jih izbrali za to znanstveno monografijo, so povsem aktualne in nudijo informacije tako strokovnjakom različnih medicinskih ved kot vsem, ki jih zanima sodobno zdravljenje bolezni in poškodb gibalnega sistema.

Znanstveno monografijo pričenjamo s pogledom v svet hrustanca. V prispevku *Zdravljenje degenerativnih sprememb sklepnega hrustanca z matičnimi celicami* sem posvetil temi, ki je bolj aktualna v srednjem in poznem življenjskem obdobju. Sledi prispevek *Operativno zdravljenje poškodbe hrustanca*, ki se prav tako ukvarja s področjem hrustanca, a pri mlajših posameznikih, ki trpijo za poškodbami na predhodno zdravem hrustancu.

Dr. Andrej Lahajner v svojem prispevku nadaljuje s problematiko hrustanca. Kot eden prvih ortopedov, ki je v našem prostoru uspešno uvedel novo metodo zdravljenja poškodb hrustanca, v prispevku *Enostopenjsko artroskopsko zdravljenje omejenih poškodb hrustanca kolena z lastnim mletim hrustancem obogatim s PRP* podrobno predstavi teoretične in praktične aspekte te inovativne tehnike.

Doc. dr. Pika Krištof Mirt v prispevku *Kirurgija s pospešenim okrevanjem pri kolenski artroplastiki* predstavlja standardizirane protokole, ki pomembno prispevajo k skrajšanju dolžine hospitalizacije in zmanjšanju intra- ter pooperativnih zapletov. Ti protokoli vključujejo optimizacijo stanja pacienta pred operacijo, prilagojene intraoperativne tehnike in strukturirano pooperativno rehabilitacijo.

Dr. Domen Stropnik, kot klubski zdravnik nogometnega kluba, ki je v sezoni 2025-2026 osvojil naslov slovenskega prvaka, se pri svojem delu redno srečuje s številnimi športnimi poškodbami. V svojem prispevku se posveča zahtevnim poškodbam zadnjih stegenskih mišic (hamstringov), ki predstavljajo enega najpogostejših izzivov sodobne športne medicine.

Nina Ravnihar, magistra fizioterapije, s soavtorji obravnava temo, ki je zaradi demografskih sprememb vse bolj aktualna in predstavlja pomembno breme za posameznika ter zdravstveni sistem v celoti. Prispevek *Mehanizem poškodb pri padcih starostnikov in dejavniki, ki vplivajo nanje: narativen pregled literature* je nastal v okviru sodelovanja med Artrosom, Univerzo v Novem mestu in Univerzo Sjever iz Varaždina, kjer poteka širši projekt na to tematiko.

V nadaljevanju prispevam še članek z vedno aktualno temo sodobne ortopedije *Rekonstrukcija sprednje križne vezi: novi pristopi in dileme*.

Fizioterapija kot ključ do uspeha - da je rehabilitacija po rekonstrukciji sprednje križne vezi pomemben in nepogrešljiv del zdravljenja, je splošen konsenz že več desetletij. Diplomirani fizioterapevt Martin Zore nas v svojem prispevku prepriča, da je predoperativna fizioterapija oziroma prehabilitacija rutinska dopolnitev priprave na rekonstrukcijo sprednje križne vezi, v kar trdno tudi sam verjamem.

Avtorji upamo, da bodo prispevki v tej znanstveni monografiji uspeli podati potrebne informacije, ki bodo nadgradile strokovno in znanstveno literaturo, predvsem pa prispevale k boljšemu razumevanju sodobnih pristopov zdravljenja in izboljšanju zdravja pacientov.

izr. prof. dr. **Mohsen Hussein**

ZDRAVLJENJE DEGENERATIVNIH SPREMENB SKLEPNEGA HRUSTANCA Z MATIČNIMI CELICAMI

Izr. prof. dr. **Mohsen Hussein**, dr. med., specialist ortopedije, svetnik
Medicinski center ARTROS

Hrustanec je specializirana oblika vezivnega tkiva, ki ima pomembno vlogo pri zagotavljanju mehanske opore, prožnosti in blaženja obremenitev v človeškem telesu. Sestavljeno iz celic in zunajceličnega matriksa (ECM). Zunajcelični matriks (ECM) je tridimenzionalna makromolekularna mreža, sestavljena iz vlaken in osnovne snovi. Pri sesalcih je velik del skeleta najprej oblikovan iz hrustanca, v odraslem telesu pa prekriva sklepne površine kosti in predstavlja edino skeletno oporo nekaterim strukturam.

Hrustanec je prožen in čvrst ter odporen na kompresijo. Mehansko podpira mehka tkiva in je pomemben za razvoj kosti od fetalnega obdobja do pubertete.

HISTOLOGIJA HRUSTANCA

V hrustancu ločimo dve obliki celic: hondroblaste in hondrocite. Hondroblasti so aktivno deleče se nezrele celice, ki tvorijo zunajcelični matriks (ECM). So ovalne ali vretenaste oblike s sferičnim jedrom. Njihova citoplazma je bazofilna ter bogata z ribosomi, zrnastim endoplazemskim retikulumom in Golgijevimi mešički. Ko so hondroblasti popolnoma obdani z ECM, jih imenujemo hondrociti. Nahajajo se v prostorih znotraj hrustančnega matriksa, imenovanih lakune. Oblika hondrocitov se glede na njihov položaj v hrustancu razlikuje od podolgovate do sferične. Imajo sferično jedro z enim ali več jedrci.

Citoplazma hondrocitov poleg glikogena in lipidov vsebuje značilnosti sekretornih celic: obilje zrnatega endoplazemskega retikuluma in izrazit Golgijev aparat. Glavna funkcija hondrocitov je tvorba, vzdrževanje in preoblikovanje zunajceličnega matriksa hrustanca. Hondrociti prejemajo mehanske, električne in fizikalno-kemijske signale, ki se prenašajo prek ECM, ter nanje odgovarjajo z uravnavanjem svoje presnovne aktivnosti. ECM je predvsem sestavljen iz tkivne tekočine in makromolekul, vključno s kolageni, proteoglikani in glikoproteini.

Normalni hondrociti vzdržujejo funkcionalen zunajcelični matriks (ECM), ki se obnavlja zelo počasi in deluje kot blažilec udarcev. V

zrelem hrustancu pa je presnovna aktivnost nizka, zato velja, da se odrasli hondrociti skozi življenje upirajo proliferaciji. Posledično se mehanske lastnosti hrustanca s staranjem slabšajo.

Glede na *zgradbo in funkcijo* ločimo tri osnovne vrste hrustanca: hialini, elastični in vlaknasti (fibrozni) hrustanec.

Hialini hrustanec je najpogostejša oblika in se odlikuje po gladki, rahlo prozorni strukturi. Nahaja se na sklepnih površinah kosti, v rebrih, sapniku in nosu. Njegova glavna funkcija je omogočanje gladkega gibanja v sklepih ter zmanjševanje trenja in absorpcija mehanskih sil.

Elastični hrustanec vsebuje večjo količino elastičnih vlaken, kar mu daje izrazito prožnost. Najdemo ga v uhlju in nekaterih delih grla, kjer omogoča ohranjanje oblike ob hkratni prilagodljivosti na zunanje vplive.

Vlaknasti oziroma fibrozni hrustanec je najtrdnejša oblika hrustanca, saj vsebuje veliko kolagenskih vlaken. Prisoten je v strukturah, ki so izpostavljene velikim obremenitvam, kot so medvretenčne ploščice in meniskusi v kolenskem sklepu. Njegova naloga je predvsem prenašanje pritiskov in zagotavljanje stabilnosti.

Hialinski hrustanec je obdan z membrano iz vlaknatega vezivnega tkiva, imenovano perihondrij. Hrustanec običajno nima krvnih žil, zato morajo njegove celice kisik in hranila pridobivati z difuzijo na daljše razdalje iz perihondrija.

Razumevanje različnih vrst hrustanca je ključno za obravnavo poškodb in degenerativnih sprememb, saj se posamezne vrste razlikujejo tudi po sposobnosti obnove in odzivu na obremenitve.

Obnavljanje celic (cell turnover)

Za ohranjanje normalnega volumna in funkcije tkiv pri zdravih posameznikih je potrebno občutljivo ravnovesje med vsemi dejavniki, ki vplivajo na obnavljanje celic.

Fiziološko obnavljanje celic ima pomembno vlogo pri ohranjanju normalne funkcije in morfologije tkiv. Med tem procesom se starejše, diferencirane celice običajno odstranijo s programirano celično smrtjo (apoptozo) in nadomestijo z delitvenimi potomci (proliferacija) odraslih matičnih celic (ASC).

Obnavljanje celic je natančno uravnavano s prepletom različnih dejavnikov, ki modulirajo tkivno- in celično-specifične odzive na apoptozo in proliferacijo, bodisi neposredno bodisi s spreminjanjem izražanja in funkcije ključnih genov, povezanih s celično smrtjo in/ali proliferacijo.

Apoptoza je proces nadzorovane celične smrti, pri katerem aktivacija specifičnih signalnih poti celične smrti vodi do odstranjevanja celic iz tkiva. Izraz apoptoza je bil prvič uporabljen v članku Kerra, Wyllieja in Currieja leta 1972 za opis morfološko značilne oblike celične smrti, s čimer so jo ločili od nekroze.

Apoptoza ima ključno vlogo pri preživetju organizmov in je odgovorna za številne biološke procese, kot so normalno obnavljanje celic, razvoj zarodka in možganov, pravilno delovanje in razvoj imunskega sistema ter hormonsko odvisna atrofija.

Celična smrt in celična proliferacija morata biti v odraslih organizmih v ravnovesju, da se ohranja homeostaza. Programirana celična smrt oziroma apoptoza je v zrelih organizmih pomembna za odstranjevanje

nezaželenih celic (npr. starajočih se celic). Večina tkiv vsebuje matične celice, ki se lahko razmnožujejo in diferencirajo ter nadomeščajo izgubljene celice. Moten proces obnavljanja celic ima lahko resne posledice za tkiva in celoten organizem.

Starostno pogojene spremembe v regeneraciji in popravljanju tkiv vodijo do izgube celic ter porušena tkivne homeostaze, strukture in funkcije. Ti pojavi potekajo vzporedno s spremembami v delovanju rezidenčnih matičnih celic.

ARTROZA

Definicija in etiopatogeneza artroze

Artroza je poimenovana tudi osteoartroza, v angleški literaturi se uporablja izraz Osteoarthritis. Je progresivna bolezen sinovialnih sklepov za katere je značilno prezgodnje in prehitro propadanje sklepnega hrustanca.

OARSI (Osteoarthritis Research Society International) definira artrozo kot motnjo, ki prizadene sklep in za artrozo značilno zmanjšano sposobnost (vitalnost) hrustančne celice ter degradacijo medceličnine, sprožene z mikro ali makro poškodbo, ki povzroči neadekvaten proces reparacije z vnetno reakcijo.

Etiopatogeneza artroze je kompleksna in vsebuje naslednje dejavnike:

- lokalne: poškodbe, biomehansko odstopanje, preobremenitve, šibke mišice,
- splošne: starost, spol, teža, raven fizične aktivnosti,
- genetska predispozicija.

Ob pojavu artroze se gladka površina hrustanca običajno na več mestih poškoduje in drobi, zato hrustančne celice ne zmorejo dovolj hitro nadomestiti poškodovanega in

uničenega hrustanca. Poškodbe se postopno poglobljajo, dokler v skrajnem poteku ne dosežejo kostne površine pod hrustancem. Posledično se stanjša ali celo izgine celotna hrustančna plast.

Poleg osnovne okvare sklepnega hrustanca artroza v kasnejših obdobjih prizadene tudi sklepno ovojnico, ki postane manj prožna in raztegljiva, kostnino pod sklepom, ki se zgosti in začne tvoriti izrastke ob sklepu, ter obsklepne vezi in mišice, ki se skrajšajo in oslabijo ter sklepu ne zagotavljajo več ustrezne stabilnosti. Končni rezultat procesa artroze je torej boleč, otekel, slabo gibljiv in nestabilen sklep.

Glede na to, da se včasih spremembe na subhondralnih kosteh lahko pojavijo tudi pri začetni fazi artroze še preden so vidne spremembe na hrustancu, se nakazuje možnost, da ima subhondralna kost pomembno vlogo pri nastanku artroze. Prav zato moramo tudi za razumevanje artroze določenega sklepa gledati na sklep kot celoto oziroma kot organ.

Epidemiologija artroze

Artroza kot najpogostejša bolezen gibalnega sistema je pomemben dejavnik obolenosti in umrljivosti populacije v drugi polovici življenja. Je drugi najpogostejši vzrok telesne oviranosti (za srčno-žilnimi boleznimi). Zaradi daljše življenjske dobe in aktivnejšega življenjskega sloga tudi v zrelejših letih postaja ta problem vedno bolj pereč.

Več kot 500 milijonov ljudi na svetu trpi zaradi simptomov artroze, od tega jih ima 80 % radiološke znake artroze. Prevalenca artroze se poveča s starostjo; presenetljiv podatek je prav tako, da 13,9 % populacije starejše od 25 let in 33,6 % starejše od 65 let ima artroze, po drugi študiji se pojavi 20 % pri starejših od 45

let in 35 % pri starejših od 65. let. V EU beležijo 100 milijonov primerov ljudi z artrozo. Po podatkih Gagliardi (2023) je bila pojavnost OA kolena v Evropi leta 2019 približno 576 na 100.000 žensk in 419 na 100.000 moških. V ZDA živi približno 32-33 milijonov odraslih z osteoartritisom.

Klinična slika artroze

Prvi znak je običajno bolečina ob večjih obremenitvah pri gibanju, na primer pri daljši hoji ali teku, še posebej navzdol. Kasneje se bolečina in krepitacija, ki jo čutimo bolj globoko v notranjosti sklepa, pojavlja že ob krajših razdaljah, koleno pa je lahko tudi otečeno. Če obraba hrustanca preide v napredovano fazo, močno omejuje gibljivost sklepa in ga lahko začne celo deformirati.

Nedvomno je bolečina glavni simptom, zaradi katerega bolnik poišče pomoč zdravnika. Nesorazmernosti med intenziteto bolečin in radiološkimi najdbami številni asimptomatski pacienti kljub prepričljivim znakom degenerativnih sprememb na rentgenski sliki sprožijo vprašanje: kaj je vzrok bolečin pri artrozi? Zakaj določeni pacienti simptome imajo, drugi pa ne? Slednje nakaže na potrebo po tehtnem premisleku in individualnem pristopu načrtovanja zdravljenja.

Klasifikacija artroze

Klasifikacija artroze lahko poteka na osnovi:

1. rentgenske slike,
2. bolj napredne radiološke metode: MRI,
3. klinične slike: okorelost, oteklina, omejena gibljivost in krepitacija,
4. kombinacije simptomov in radiološke diagnostike (1, 2 in 3).

Radiološka klasifikacija artroze

Radiološka klasifikacija artroze po Kellgren-Lawrence:

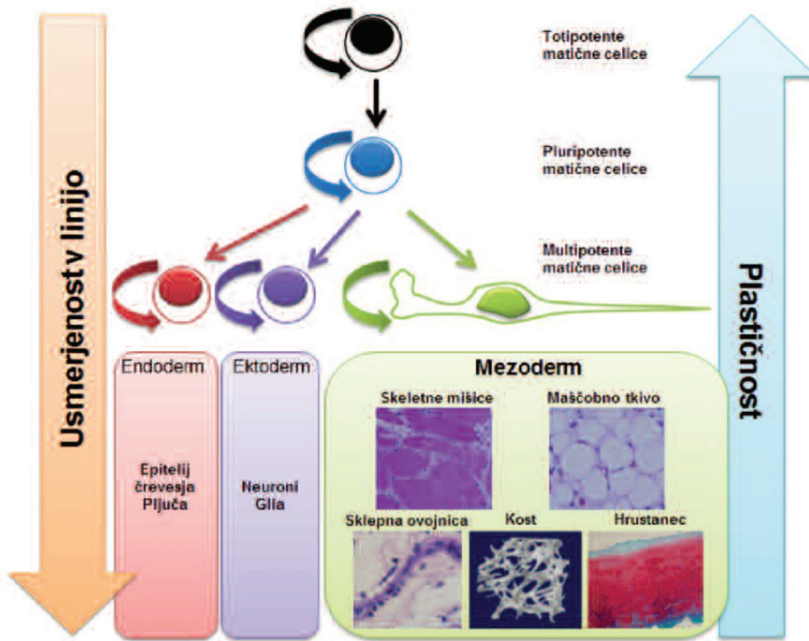
- I. Prostor v sklepu je primerno širok, vidni so začetni osteofiti.
- II. Prostor v sklepu je zožen z osteofiti.
- III. Prostor v sklepu je bistveno zožen, vidni so številni kostni izrastki, subhondralna skleroza in manjša deformacija.
- IV. Prostora med deloma sklepa skoraj ni več, vidni so veliki osteofiti, subhondralna skleroza in kostne ciste.

MATIČNE CELICE

Matične celice so široka skupina neusmerjenih in nediferenciranih celic z izjemno sposobnostjo pretvorbe v različne specializirane tkivne celice. Matične celice so na splošno opredeljene kot klonogene celice, ki so sposobne samoobnavljanja in diferenciacije v več različnih celičnih linij. Da celico lahko opredelimo kot matično, mora biti sposobna asimetrične celične delitve, pri kateri nastaneta ena enaka, multipotentna kopija celice in druga potomka, ki lahko opravlja bolj specializirano funkcijo.

Matične celice razvrščamo glede na njihov izvor in razvojno stopnjo na prenatalne embrionalne matične celice (ESC) in postnatalne somatske odrasle matične celice. Embrionalne matične celice (ESC) izvirajo iz notranje celične mase blastociste in med razvojem dajejo izvor zarodnim linijam in praktično vsem tkivom organizma.

Odrasle matične celice (ASC) so tkivno prisotne matične celice, ki jih glede na njihovo diferenciacijsko sposobnost razvrščamo kot totipotentne, pluripotentne ali multipotentne. V tkivih, kjer se nahajajo, delujejo kot predhodniške celice, usmerjene v določene linije, iz katerih nastajajo bolj specializirane celice. Sodelujejo pri ohranjanju tkivne homeostaze in pri obnovi tkiv po poškodbah skozi celotno življenje.



ASC najdemo v številnih tkivih in organih, kot so kostni mozeg, žilne stene, maščobno tkivo, skeletne mišice, srce in možgani, pa tudi v epiteliju pljuč, jeter, trebušne slinavke, prebavil, kože, mrežnice, dojk, jajčnikov, prostate in mod. Niša matičnih celic v kostnem mozgu vključuje populacijo hematopoetskih matičnih celic, ki zagotavljajo stalno obnavljanje krvnih celic in predstavljajo osnovo imunskega sistema, ter populacijo mezenhimske matične celice, odgovorne za osteogeno, adipogeno in hondrogeno diferenciacijo.

Mezenhimske matične celice MSC

Mezenhimske matične/stromalne/progenitorske celice (MSC, mesenchymal stem/stromal/progenitor cells) izvirajo iz mezodermalne zarodne plasti, iz katere se med embrionalnim razvojem razvijejo kostno tkivo, hrustanec, mišice, maščoba in druga vezivna tkiva.

Prvotno izolirane iz kostnega mozga so bile MSC (mezenhimske matične celice) kasneje izolirane tudi iz drugih mest, vključno z vranico, timusom, mišicami, maščobnim tkivom, endometrijem, placento, popkovino, popkovnično krvjo, periferno krvjo, pokostnico, periodontalnim ligamentom, zobno pulpo, sinovijo, sinovialno tekočino, kitami in hrustancem. Perivaskularna lokalizacija MSC povezuje te celice s periciti in pojasnjuje, zakaj je mogoče MSC praktično izolirati iz vseh tkiv.

MSC so pokazale pomemben potencial za klinično uporabo zaradi enostavne izolacije, nizke imunogenosti, ki omogoča alogensko presaditev, odsotnosti večjih etičnih pomislekov ter njihove sposobnosti diferenciacije v tkivno specifične celične tipe.

Zdravljenje z matičnimi celicami

Mezenhimske matične celice imajo naslednje sposobnosti, ki sodelujejo pri regeneraciji poškodbe:

- zmožnost diferenciacije v različne tipe celic (kostne, hrustančne, maščobne),
- imunomodulacija,
- protiapoptotsko delovanje,
- trofične lastnosti,
- protimikrobno delovanje.

Njihova najpomembnejša lastnost je poleg sposobnosti diferenciacije prav gotovo imunomodulacija. To je sposobnost, da umirjajo prekomerno vnetje ali prekomerni imunski odziv. Prekomerno vnetje onemogoča naravno celjenje poškodb, eden od osnovnih pogojev za uspešno in kakovostno regeneracijo tkivnih poškodb je odsotnost vnetja, zato je sposobnost MSC, da delujejo izrazito protivnetno z zaviranjem imunskih odzivov prirojene in pridobljene imunosti, enako pomembna kot njihove regeneracijske sposobnosti, matične celice pa z zmanjšanjem vnetja ponovno omogočijo ugodne razmere za naravni potek celjenja poškodbe.

Pri terapiji z MSC se uporablja več različnih vrst matičnih celic, ki imajo različne značilnosti glede proliferacije, multipotentnosti, izločanja citokinov in celičnih površinskih označevalcev. Izvor tkiva lahko vpliva na lastnosti in delovanje MSC, in sicer razlike, specifične za tkivo, vključujejo izražanje proteinov, citokinski profil, donos in potencial za diferenciacijo.

Najpogosteje se pri regeneraciji hrustanca pri preiskovancih z OA kolena uporabljajo matične celice iz maščobnega tkiva (AD-MSC) ter iz kostnega mozga (BM-MSC), kljub temu da so ugotovljene razlike v učinkovitosti zdravljenja. AD-MSC se lahko diferencirajo v hrustanec, kost,

tetivo, skeletno mišico in maščobno tkivo ter imajo več prednosti za terapevtsko uporabo. Nekateri dokazi kažejo, da se s starostjo pacienta regenerativni potencial AD-MSC ne zmanjšuje, medtem ko je pri BM-MSC ugotovljen upad diferenciacijskega potenciala. Vendar pa več primerjalnih študij kaže, da imajo AD-MSC nižji hondrogeni potencial.

Postopek zdravljenja z mezenhimijskimi stromalnimi celicami iz maščobnega tkiva

Odvzem tkiva: pri tem gre praktično za manjšo liposukcijo; naredimo enega ali več majhnih rezov na koži v področju trebuha. Skozi rez v podkožje apliciramo pripravljeno mešanico lokalnega anestetika in adrenalina. S pomočjo aspiracijske brizge odvezamemo ustrezno količino maščobnega tkiva. Iz tega tkiva nato skoncentriramo mezenhimske matične celice skupaj z rastnimi faktorji in pripravimo 3–10 ml koncentrata celic.

Obdelava odvzete tkiva: odvzeto maščobno tkivo se z namenom izolacije matičnih celic primerno obdela:

- z encimi, kot so na primer kolagenaze, za razgradnjo zunajceličnega matriksa in sprostitvijo matičnih celic (encimska razgradnja),
- sledi centrifugiranje vzorcev, z namenom ločitve stromalnih celic od preostalega maščobnega tkiva. Pri tem postopku dobimo pelete, ki vsebujejo stromalno vaskularno frakcijo (SVF).
- frakcijo mezenhimijskih stromalnih maščobnih matičnih celic se iz SVF dodatno izolira z metodami, kot so filtracija, centrifugiranje, magnetno ločevanje ali pretokovna citometrija.

Celični palet speremo, da odstranimo vse preostale encime in ostanke. Po pridobitvi obdelanih vzorcev maščobnega tkiva

se izmeri volumen obogatene maščobe. Določimo koncentracijo jedrnih celic. Število jedrnih celic v končnem pripravku izračunamo z množenjem koncentracije celic z volumnom pripravka, izplen celic pa z deljenjem skupnega števila pridobljenih celic s skupnim volumnom obdelanega tkiva. Matične celice kvantificiramo s sejanjem v gojišče, inkubacijo in preštevanjem kolonij (CFU-F), rezultati pa izraženi kot število CFU-F na 10^6 jedrnih celic, na ml maščobnega tkiva in v končnem pripravku.

Izolirane celice so nato preverjene z namenom nadzora kakovosti, da so izpolnjeni potrebni standardi za njihovo nadaljnjo terapevtsko rabo vključujoč preverjanje kontaminacije, viabilnosti in specifičnih celičnih označevalcev.

Ugotovljeno je bilo, da AD-MSC bolj spodbujajo neovaskularizacijo, kažejo večjo odpornost napram s hipoksijo inducirani apoptozi in višjo aktivnost telomeraz ter predstavljajo nizko tveganje za zavrnitev s strani imunskega sistema. AD-MSC ohranjajo svoj hondrogeni potencial in lastnosti razmnoževanja, za razliko od BM-MSC, ki s starostjo izgubijo sposobnost diferenciacije. To je pomembno upoštevati pri terapijah z MSC, usmerjenih v zdravljenje OA, saj so namenjene predvsem starejšim bolnikom. AD-MSC kažejo višjo proliferativno sposobnost, nižjo stopnjo senescence in višji diferenciacijski potencial, imajo večje protivnetne lastnosti v primerjavi z BM-MSC, večji regenerativni profil ter proizvajajo višje ravni IL-1Ra (Interleukin-1 receptor antagonist) in Tumor Necrosis Factor (TNF)- α -Stimulated Gene 6 (TSG-6). Njihova sposobnost za adipogeno diferenciacijo je primerljiva z BM-MSC, lahko se diferencirajo v hrustanec, kost, kite, skeletne mišice in maščobo ter imajo več prednosti za razvoj terapevtskih postopkov. AD-MSC so genetsko in morfološko najstabilnejše ter najbolj proliferirajo v daljšem obdobju inkubacije.

Izkušnje oziroma rezultati naše raziskave o zdravljenju artroze kolenskega sklepa z mezenhimskimi stromalnimi celicami iz maščobnega tkiva

Namen retrospektivne klinične raziskave je bil raziskati uspešnost zdravljenja osteoartroze z mezenhimskimi stromalnimi celicami iz maščobnega tkiva glede zmanjšanja bolečin, izboljšanja funkcionalnosti in gibljivosti kolenskega sklepa s podatki pacientov, zdravljenih med junijem 2020 in februarjem 2022.

Raziskava je bila izvedena za obdobje med junijem 2020 in februarjem 2022, pri preiskovancih z osteoartrozo kolenskega sklepa stopnje II-III, ocenjeno po klasifikaciji Kellgren-Lawrence (KL). Zdravljeni so bili z metodo aplikacije mezenhimskih stromalnih maščobnih celic (AD-MSC) in spremljani še eno leto po zdravljenju. Skupno število vključenih preiskovancev je bilo 48.

Zdravljenje z AD-MSC je pokazalo znatno izboljšanje funkcionalnosti kolenskega sklepa ne glede na začetno stopnjo OA. Ni bilo zaznanih statistično pomembnih korelacij med stopnjo OA in spremembami v funkciji kolena po zdravljenju, kar nakazuje, da je terapija učinkovita neodvisno od resnosti bolezni. Te ugotovitve so skladne z raziskavami, ki poročajo o klinično pomembnih izboljšavah po zdravljenju z AD-MSC pri različnih stopnjah OA. Rezultati so pokazali statistično in klinično pomembne izboljšave v vseh domenah KOOS 3 in 12 mesecev po zdravljenju. Velikost učinka je bila velika, kar kaže na močan pozitiven vpliv terapije na zmanjšanje bolečine, izboljšanje simptomov ter povečanje funkcionalnosti in kakovosti življenja. Podobne pozitivne učinke terapije z AD-MSC so opazili tudi drugi navedeni avtorji v strokovni literaturi.

Učinek zdravljenja se je s časom ohranjal ali celo povečeval. Izboljšave, opažene po 3 mesecih, so bile po 12 mesecih še izrazitejše v večini domen KOOS. To kaže na trajnost in potencialno dolgoročne koristi terapije z AD-MSC pri zdravljenju OA kolena, kar potrjujejo tudi druge navedene študije. Med preučevanimi dejavniki so višja doza apliciranih AD-MSC, ITM in nižja starost pozitivno vplivali na uspešnost zdravljenja. Višja doza AD-MSC je bila povezana z boljšimi izidi v več domenah KOOS. Povišan ITM in višja starost sta bila povezana z manjšo učinkovitostjo terapije v določenih domenah. Spol in stopnja OA nista imela statistično pomembnega vpliva na uspešnost zdravljenja, z izjemo domene KOOS SYMPTOMS pri spolu po 12 mesecih.

V raziskavi nismo zabeležili resnih neželenih učinkov ali zapletov, kar potrjuje varnostni profil terapije z AD-MSC. Tudi literatura na splošno potrjuje varnost uporabe AD-MSC pri zdravljenju OA kolena, saj so neželeni učinki redki in večinoma blagi.

Naša raziskava potrjuje, da je terapija z AD-MSC učinkovita metoda zdravljenja OA kolenskega sklepa, ki lahko bistveno izboljša funkcionalnost kolena, zmanjša bolečino in izboljša kakovost življenja pacientov. Terapija z AD-MSC je varna, brez resnih neželenih učinkov, kar je ključnega pomena pri uvajanju novih terapevtskih metod v klinično prakso. Upoštevanje individualnih dejavnikov, kot so starost, ITM in potrebna doza AD-MSC, lahko pripomore k optimizaciji izidov zdravljenja. Prilagoditev terapije glede na te dejavnike je priporočljiva za doseganje najboljših možnih rezultatov. Ustrezna in pravočasna rehabilitacija po terapiji z AD-MSC je ključna za dolgoročno uspešnost zdravljenja. Priporočljiva je uporaba individualiziranih, večfaznih rehabilitacijskih protokolov, ki vključujejo multidisciplinaren pristop.

Postopek zdravljenja z mezenhimijskimi celicami iz kostnega mozga

Kostni mozeg se nahaja v spužvasti sredini kosti, ki ga obdaja kompaktna kostnina, in ga je mogoče relativno neboleče odvzeti v majhni količini brez večjih posledic po odvzemu. V ta namen naredimo majhen kožni rez v predelu črevnice. Skozi ta rez vstavimo vodilo, skozi katerega naredimo odvzem (aspiracijo) ustreznega količine kostnega mozga. V zadnjem času so se razvile posebne igle za aspiracijo kostnega mozga, ki omogočijo kakovosten odvzem kostnega mozga, obenem pa zmanjšajo bolečino ob in po odvzemu ter hkrati minimalno poškodujejo okoliško kompaktno kostnino. Iz kostnega mozga odvezamemo od 60–80 ml kostnega mozga, nato skoncentriramo mezenhimske matične celice skupaj z rastnimi faktorji, ki so prisotni v kostnem mozgu, ter pripravimo 3–10 ml koncentrata celic.

BM-MSC se pogosto izbirajo za terapevtske namene zaradi enostavne pridobitve, hitrega razmnoževanja in vitro, nizke površinske izraženosti MHC-antigenov, relativno visokih donosov, visoke sposobnosti diferenciacije in nekaterih dokazov o dolgotrajnejši obstojnosti na mestu prejemnika. Nekateri študije nakazujejo, da imajo BM-MSC večji hondrogeni potencial kot AD-MSC ter jih je pred zdravljenjem enostavno inducirati na različne stopnje diferenciacije. Omejitev BM-MSC predstavlja dejstvo, da lahko povečana starost darovalca in dolgotrajna in vitro kultura zmanjšata proliferacijski in diferenciacijski potencial ter povečata delež senescentnih celic.

Nekateri dokazi kažejo, da se s starostjo pacienta regenerativni potencial AD-MSC ne zmanjšuje, medtem ko je pri BM-MSC ugotovljen upad diferenciacijskega

potenciala. Vendar pa več primerjalnih študij kaže, da imajo AD-MSK nižji hondrogeni potencial, manjšo proizvodnjo specifičnih ECM-beljakovin za hrustanec, vključno z manjšim izražanjem kolagena tipa II, v primerjavi z BM-MSK.

Alogene MSC

Alogene MSC so pridobljene iz telesa darovalca, kar pomeni, da pri pacientu kirurški poseg ni potreben. Prednosti teh celic so hitrejša dostopnost, saj so celice predhodno kultivirane in shranjene, izboljšano je zagotavljanje kakovosti celic (pridelane v nadzorovanem laboratorijskem okolju, kar zagotavlja visoko stopnjo standardizacije), možnost izbire zdravega darovalca brez diagnosticiranih sistemskih bolezni, možnost natančne določitve in zagotavljanja potrebne količine MSC za vsak posamezen terapevtski poseg. Kljub temu da so alogene MSC običajno nizko imunogene, v določenih razmerah lahko sprožijo imunski spominski odziv, zlasti pri ponavljajočih se injekcijah MSC. Oblikovanje donorskih specifičnih protiteles vodi v pospešeno odstranjevanje MSC in zmanjšano učinkovitost.

Alogene matične celice iz popkovin: Embryonic Stem Cells ESC

V zadnjih letih se vse bolj uveljavlja pristop pridobivanja matičnih celic z uporabo tkiva popkovnice, ki ga lahko pridobimo ob porodu. Matične celice pridobljene iz popkovnice odlikujejo vse poglavitne lastnosti v smislu regenerativnih sposobnosti in imunomodulatornega potenciala, pri čemer v določenih pogledih zaradi njihove mladosti, sposobnosti samoobnova in diferenciacija v ektodermalne, endodermalne in mezodermalne celice prekašajo matične celice, ki jih pridobimo iz ostalih virov.

V zadnjem desetletju so v sklopu regenerativne medicine kot obetaven pristop k obnovi sklepnega hrustanca predstavljale predvsem celične terapije. Še vedno obstajajo izzivi pri klinični implementaciji, kot so potencialni protumorigenski učinki, pomanjkanje standardizirane celične proizvodnje in etične presoje, kar je raziskovalce spodbudilo k preučevanju alternativnih pristopov na osnovi MSC.

Eksosomi, pridobljeni iz MSC (MSC-Exos)

Naraščajoče število raziskav pritrjuje temu, da imajo ekstracelularni vezikli, pridobljeni iz MSC (MSC-EV), ključno vlogo v medcelični komunikaciji, ohranjajo dragocene lastnosti matičnih celic, so nizko imunogeni, stabilni, prednosti so še odsotnost etičnih sporov, enostavno shranjevanje in neposredna fuzija s ciljnim celicami. V zadnjem času so številne raziskave pokazale, da se eksosomi, pridobljeni iz MSC (MSC-Exos), lahko učinkovito uporabljajo za obnovo tkiva in imunomodulacijo ter lahko predstavljajo potencialno strategijo za upočasnjevanje napredovanja OA z zmanjšanjem razgradnje hrustanca in izboljšanjem fenotipa hondrocitov. Trenutno so študije o uporabi MSC-Exos za zdravljenje OA še vedno v zgodnjih fazah ter večinoma temeljijo na majhnih živalskih modelih, kar zahteva potrditev z večjimi živalskimi modeli, preden se napreduje v klinične raziskave.

Način aplikacije: apliciranje pridobljenih celic se razlikuje glede na stanje, v primeru osteoartroze je intraartikularna (injiciranje v prizadet sklep).

Rehabilitacija

Trenutno se uporabljajo večfazni, individualizirani rehabilitacijski protokoli, ki vključujejo nadzor bolečine, postopno povečevanje obremenitev, krepitev mišic in izboljšanje funkcionalnosti sklepa.

Kinezioterapija je po posegih regenerativne medicine primerna pri obvladovanju OA kolena, njena vključitev v kombinaciji z regenerativnim medicinsko-rehabilitacijskim protokolom pa je močno priporočljiva.

Splošni cilji rehabilitacije vključujejo zmanjšanje bolečine in vnetja, zgodnje obremenitve z izometričnimi vajami pred prehodom na izotonične vaje, izboljšanje nevro-mišične kontrole ter postopno povečevanje obremenitev in kardiovaskularne vaje.

Protokoli za vrnitev k dejavnostim pri OA kolena po zdravljenju z regenerativno medicino temeljijo na postopnem in progresivnem pristopu,

V prvi fazi (*vnetna faza*), ki traja od dne prejema terapije IA do 3 dni, je glavni cilj zaščita obravnavanega predela in nadzor bolečine. Pomembno je previdno obremenjevanje sklepa in nadzor bolečine. Uporabi se lahko razbremenilna ortoza za koleno (Centeno idr., 2020).

V drugi fazi (*faza proliferacije*), ki traja od 4 do 14 dni, je cilj postopoma povečevati toleranco tkiva za obremenitve ter prenehanje uporabe pripomočkov za razbremenitev. Obremenitev se postopoma povečuje, pri čemer se je treba izogibati strižnim silam. Nadaljujejo se aktivne in pasivne vaje za obseg gibanja, ki trajajo 3-5 minut na set vaj, od 3- do 5-krat na dan. Začeti je treba s submaksimalnimi izometričnimi vajami za prizadeti sklep ter

postopno dodajati obremenitve za patologije spodnjih okončin, npr. razbremenjeno kolesarjenje in vaje za stabilnost jedra. Napredovanje na naslednjo stopnjo je primerno, če je ocena bolečine po VAL 2-3/10.

Tretja faza (*faza proliferacije*) traja od 3 do 6 tednov, vključuje napredovanje k vajam, ki povečujejo obseg gibanja in intenzivnost vadbe. Cilj je povrnitev celotnega obsega gibanja prizadetega sklepa, povečanje tolerance tkiva za obremenitve in izboljšanje moči ter vzdržljivosti. Pri artrozi kolena in kolka se lahko izvaja hoja, kolikor dopušča toleranca, in se postopoma začne s tekom. Kolesarjenje po hribih in druge dejavnosti se lahko izvajajo, dokler je bolečina največ 2/10.

V četrti fazi (*faza maturacije*), ki se začne po sedmih tednih, je cilj vrnitev k polni aktivnosti, ki jo je pacient opravljal pred posegom, ni strogih omejitev. Cilj je, da pacient doseže 100 % zelenih aktivnosti v 8-12 tednih.

Literatura

1. Anti, M., Armuzzi, A., Gasbarrini, A., & Gasbarrini, G. (1998). Importance of changes in epithelial cell turnover during *Helicobacter pylori* infection in gastric carcinogenesis. *Gut*, 43(Suppl), S27-S32.
2. Braun, H. J., & Gold, G. E. (2012). Diagnosis of osteoarthritis: Imaging. *Bone*, 51(2), 278-288.
3. Centeno, C. J. in Pastoriza, S. M. (2020). Past, current and future interventional orthobiologics techniques and how they relate to regenerative rehabilitation: a clinical commentary. *International journal of sports physical therapy*, 15(2), 301-325. PMID: 32269863
4. Chen, Y., Cheng, R.-J., Wu, Y., Huang, D., Li, Y. in Liu, Y. (2024). Advances in stem cell-based therapies in the treatment of osteoarthritis. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(1), 394.
5. Cooper, G. M., & Hausman, R. E. (2013). *The cell: A molecular approach* (6th ed.). Sinauer Associates.
6. Cormack, D. H. (2001). *Essential histology* (2nd ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
7. Cotter, E. J., Frank, R. M., & Mandelbaum, B. (2020). Management of osteoarthritis: Biological approaches—Current concepts. *Journal of ISAKOS*, 27-31.
8. Crisan, M., Yap, S., Casteilla, L., Chen, C. W., Corselli, M., Park, T. S., ... Péault, B. (2008). A perivascular origin for mesenchymal stem cells in multiple human organs. *Cell Stem Cell*, 3(3), 301-313.
9. Czerwiec, K., Zawrzykraj, M., Deptuła, M., Skoniecka, A., Tymińska, A., Zieliński, J., Kosiński, A. in Pięka, M. (2023). Adipose-derived mesenchymal stromal cells in basic research and clinical applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(4), 3888.
10. Delco, M. L. in Srivastava, N. (2021). Mesenchymal stromal cells and extracellular vesicles. V C. Lattermann, H. Madry, N. Nakamura in E. Kon (ur.), *Early osteoarthritis: State-of-the-art approaches to diagnosis, treatment and controversies* (str. 173-174). Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-79485-9>
11. Eroschenko, V. P. (2008). *Di Fiore's atlas of histology with functional correlations* (11th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
12. Eurell, J. A., & Frappier, B. L. (2006). *Dellmann's textbook of veterinary histology* (6th ed.). Blackwell Publishing.
13. Goldring, M. B., & Marcu, K. B. (2009). Cartilage homeostasis in health and rheumatic diseases. *Arthritis Research & Therapy*, 11, 224.
14. Herman, S., Antolič, V., & Pavlovčič, V. (2006). *Srakarjeva ortopedija* (2. izd.). Samozaložba.
15. Huber, M., Trattng, S., & Lintner, F. (2000). Anatomy, biochemistry, and physiology of articular cartilage. *Investigative Radiology*, 35, 573-580.
16. Hussein, M. (2021). *Ortopedija za fizioterapevte*. Založba Univerze v Novem mestu.
17. Hussein, M., & Girandon, L. (2018). Možnosti zdravljenja z matičnimi celicami. V M. Hussein (ur.), *Pogosta stanja v ortopediji* (str. 7-16). Artros.
18. Hussein, M., Van Eck, C. F., & Kregar Velikonja, N. (2021). Bone marrow aspirate concentrate is more effective than hyaluronic acid and autologous conditioned serum in the treatment of knee osteoarthritis. *Applied Sciences*, 11(7), 1-12.
19. Jacob, G., Shimomura, K., Hart, D., & Nakamura, N. (2022). The current role of stem cell therapy and iPSCs. V *Early osteoarthritis* (str. 207-220). ISAKOS.
20. Jaramillo-Rangel, G. (2018). Chondrocyte turnover in lung cartilage: Cartilage repair and regeneration. V *Cartilage repair and regeneration* (str. 25-42). InTech.
21. Karp, J. M., & Teo, G. S. (2009). Mesenchymal stem cell homing: The devil is in the details. *Cell Stem Cell*, 4(3), 206-216.
22. Kellgren, J. H., & Lawrence, J. S. (1957). Radiological assessment of osteo-arthrosis. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 16(4), 494-502.
23. Kerr, J. F., Wyllie, A. H., & Currie, A. R. (1972). Apoptosis: A basic biological phenomenon with wide-ranging implications. *British Journal of Cancer*, 26, 239-257.

24. Lawrence, R. C., Felson, D. T., Helmick, C. G., et al. (2008). Estimates of the prevalence of arthritis and other rheumatic conditions. *Arthritis & Rheumatism*, 58(1), 26–35.
25. Lv, F. J., Tuan, R. S., Cheung, K. M., & Leung, V. Y. (2014). Concise review: The surface markers and identity of human mesenchymal stem cells. *Stem Cells*, 32, 1408–1419.
26. Matute-Bello, G., & Martin, T. R. (2003). Apoptosis in acute lung injury. *Critical Care*, 7, 355–358.
27. Mimeault, M., & Batra, S. K. (2008). Recent progress on tissue-resident adult stem cells. *Stem Cell Reviews*, 4, 27–49.
28. Muir, H. (1995). The chondrocyte, architect of cartilage. *BioEssays*, 17, 1039–1048.
29. Naumann, A., Dennis, J. E., Awadallah, A., et al. (2002). Immunochemical and mechanical characterization of cartilage subtypes in rabbit. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*, 50, 1049–1058.
30. Otsuki, Y., Li, Z., & Shibata, M. A. (2003). Apoptotic detection methods—from morphology to gene. *Progress in Histochemistry and Cytochemistry*, 38, 275–339.
31. Pellettieri, J., & Sánchez Alvarado, A. (2007). Cell turnover and adult tissue homeostasis. *Annual Review of Genetics*, 41, 83–105.
32. Pountos, I., & Giannoudis, P. V. (2005). Biology of mesenchymal stem cells. *Injury*, 36(Suppl), S8–S12.
33. Redek Žnidaršič, L. (2025). *Stromalne celice maščobnega tkiva za zdravljenje osteoartroze kolenskega sklepa* (Magistrsko delo). Univerza v Novem mestu.
34. Sandell, L. J. (2008). Metabolism of chondrocytes in osteoarthritis. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, 8, 307.
35. Sousounis, K., Baddour, J. A., & Tsonis, P. A. (2014). Aging and regeneration in vertebrates. *Current Topics in Developmental Biology*, 108, 217–246.
36. Sylvester, K. G., & Longaker, M. T. (2004). Stem cells: Review and update. *Archives of Surgery*, 139, 93–99.
37. Umlauf, D., Frank, S., Pap, T., & Bertrand, J. (2010). Cartilage biology, pathology, and repair. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 67, 4197–4211.
38. Yun, M. H. (2015). Changes in regenerative capacity through lifespan. *International Journal of Molecular Sciences*, 16, 25392–25432.
39. Zupan, J., Čamernik, K., Jeras, M., Barlič, A., Drobnič, M., & Marc, J. (2017). *Mezenhimske matične celice*. *Farmacevtski vestnik*, 68, 243–247.

2.

OPERATIVNO ZDRAVLJENJE POŠKODBE HRUSTANCA

Izr. prof. dr. **Mohsen Hussein**, dr. med., specialist ortopedije, svetnik
Medicinski center ARTROS

Sklepni hrustanec je čvrsta in elastična struktura, ki kot tanka plast v sklepih prekriva kostno površino. Sestavljen je iz mreže vlaken kolagena, ki so njegovo ogrodje. V to mrežo so vstavljene hrustančne celice (hondrociti), ki predstavljajo 1 % mase hrustanca. Celice v okolico izločajo medceličnino (hrustančni matriks), ki jo sestavljajo kolagen, proteoglikanski agregati, nekolagenski proteini in voda. Medceličnina nase izrazito veže vodo, ki je »ujeta« v hrustancu, kar predstavlja 60 do 70 % njegove mase. Hrustančne celice so do določene stopnje sposobne zaznati spremembo količine vode kot tudi količino in kakovost medceličnine in se na to odzvati s tvorbo nove medceličnine oziroma njenih sestavin. Sklepni hrustanec nima krvnega obtoka, limfnih žil ter ni oživčen.

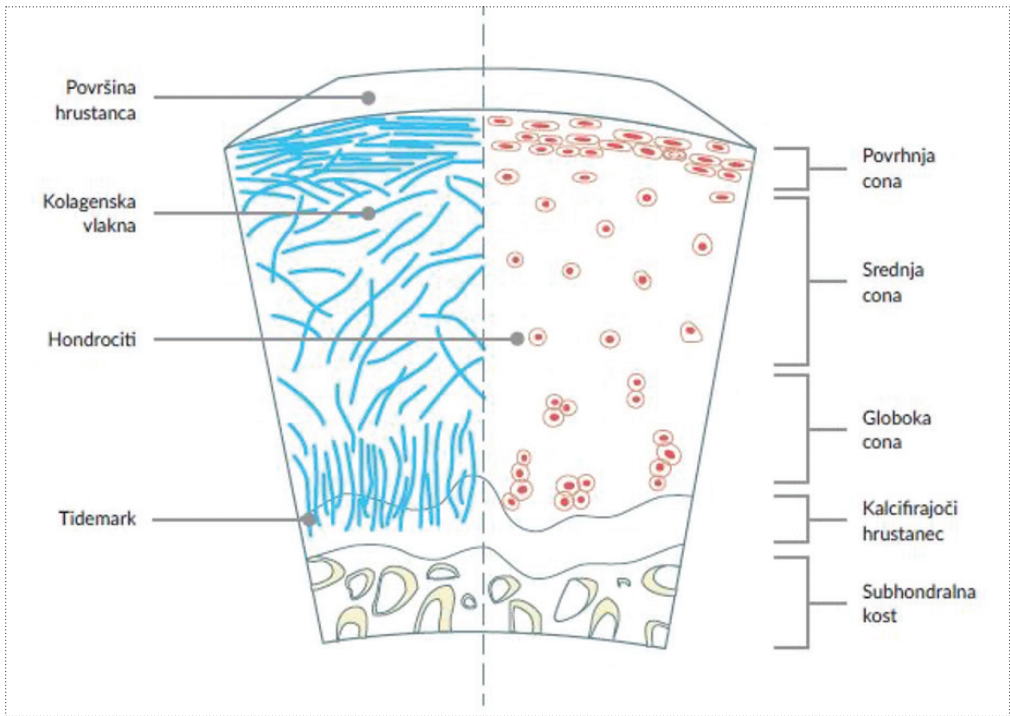
Glede na zgradbo in funkcijo ločimo tri osnovne vrste hrustanca: *hialinski, elastični in vlaknasti (fibrozni) hrustanec.*

Hialinski hrustanec je najpogostejša oblika in se odlikuje po gladki, rahlo prozorni strukturi. Nahaja se na sklepnih površinah kosti, v rebrih, sapniku in nosu. Njegova glavna funkcija je omogočanje gladkega gibanja v sklepih ter zmanjševanje trenja in absorpcija mehanskih sil.

Elastični hrustanec vsebuje večjo količino elastičnih vlaken, kar mu daje izrazito prožnost. Najdemo ga v uhlju in nekaterih delih grla, kjer omogoča ohranjanje oblike ob hkratni prilagodljivosti na zunanje vplive.

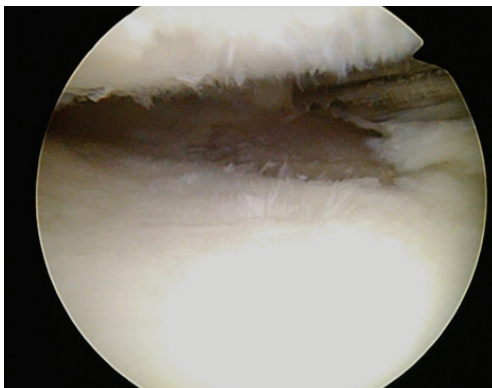
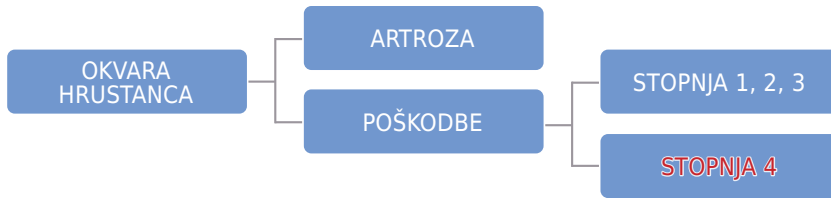
Vlaknasti oziroma fibrozni hrustanec je najtrdnjša oblika hrustanca, saj vsebuje veliko kolagenskih vlaken. Prisoten je v strukturah, ki so izpostavljene velikim obremenitvam, kot so medvretenčne ploščice in meniskusi v kolenskem sklepu. Njegova naloga je predvsem prenašanje pritiskov in zagotavljanje stabilnosti.

Hialinski hrustanec je obdan z membrano iz vlaknastega vezivnega tkiva, imenovano perihondrij. Hrustanec običajno nima krvnih žil, zato morajo njegove celice kisik in hranila pridobivati z difuzijo na daljše razdalje iz perihondrija.

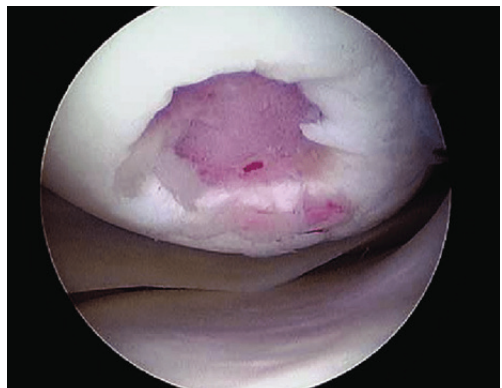


Slika 1 - Struktura hrustanca

OKVARA HRUSTANCA



Slika 2 - Obraba hrustanca IV. stopnje



Slika 3 - Poškodba hrustanca IV. stopnje

POŠKODBA HRUSTANCA

Do poškodbe hrustanca lahko pride nenadoma, zaradi prekomerne sile, ki deluje na hrustanec v določenem položaju, na primer ob neposrednem udarcu ali nepravilnem gibu, ali pa se bolečina pojavi zaradi ponavljajoče se tope sile, ki je posledica daljše preobremenitve sklepa. Poškodba hrustanca se lahko pojavi izolirano, večinoma pa je združena s poškodbo meniskusa ali vezi. Lahko se pokaže na površini (hondralna lezija) ali pa gre globlje (subhondralna lezija), tudi do kosti in jo poškoduje.

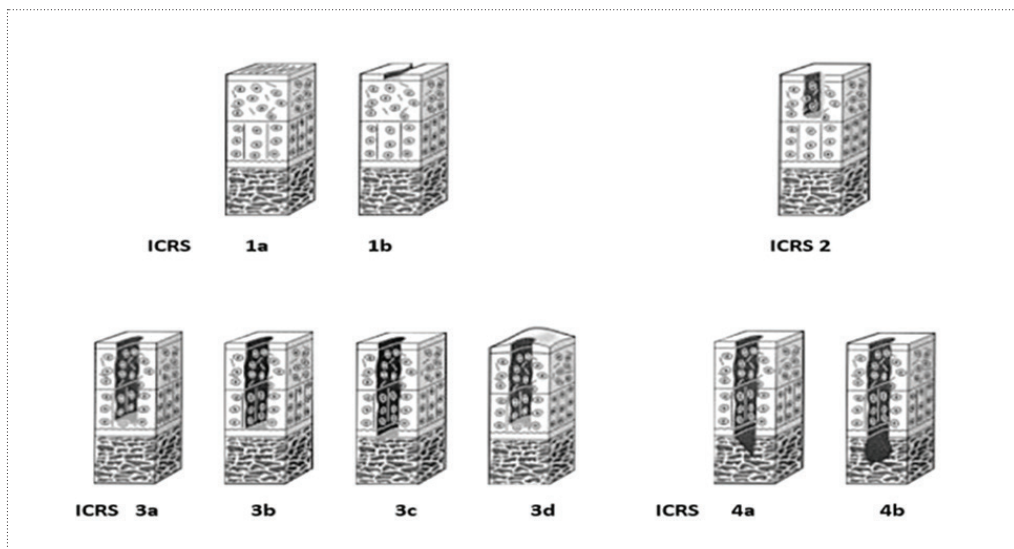
Ob poškodbi, na primer padcu, nenadni prekomerni obremenitvi ali dolgotrajni obrabi hrustanca, v sklep vdre večje število imunskih celic, ki izločajo vnetne faktorje, zaradi česar se v sklepu pojavi vnetje. Vnetje je primarno namenjeno odstranjevanju tujkov, kar se med drugim doseže tudi z izločanjem molekul, ki zavirajo

rast celic – tako mikrobnih, kot telesnih. Zaradi tega celice ne morejo rasti in zaradi neugodnega okolja lahko celo umrejo.

KLASIFIKACIJA POŠKODBE HRUSTANCA

Pri opredeljevanju stopnje poškodbe hrustanca uporabljamo mednarodno klasifikacijo združenja za zdravljenje hrustanca ICRS (International Cartilage Repair Society). Enaka klasifikacija se uporablja tudi za opredeljevanje stopnje obrabe sklepa. Ločimo štiri stopnje:

1. stopnja je povsem povrhnja okvara, v hrustancu so plitve pike ali predeli zmeščanja,
2. stopnja so razpoke ali defekti, ki zajemajo manj kot 50 % debeline hrustanca,
3. stopnja so globlje okvare, ki zajemajo več kot 50 % debeline hrustanca,
4. stopnja so okvare, ki zajemajo celotno debelino hrustanca in segajo do kosti.



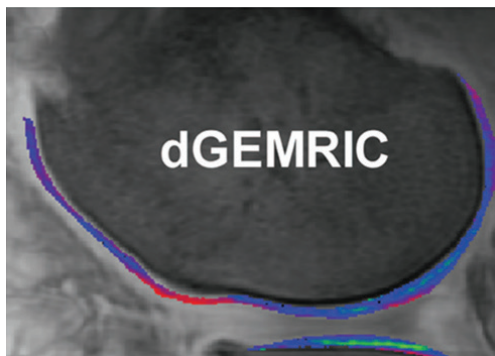
Slika 4 – ICRS klasifikacija poškodbe sklepnega hrustanca

Vir: Van der Meijden, O. A., Gaskill, T. R., & Millett, P. J. (2012). Glenohumeral joint preservation: A review of management options for young, active patients with osteoarthritis. *Advances in orthopedics*, 2012, 160923.

DIAGNOSTIKA

Zgodnja prepoznavna okvare hrustanca je za možnost uporabe regenerativnih metod zdravljenja bistvena. Bistveno je, da okvaro hrustanca spoznamo v fazi, ko še ni sprememb na drugih tkivih sklepa, zlasti kosti.

Slikanje z magnetno resonanco (MRI) je najučinkovitejša preiskava s katero lahko odkrijemo tudi manjše in razmeroma plitve okvare hrustančnega tkiva. Za natančno oceno stanja hrustanca v Artrosu uporabljamo posebno kontrastno tehniko slikanja z MRI imenovano dGEMRIC. Ta omogoča spoznavo majhnih poškodb in zelo zgodnjih oblik degeneracije hrustanca. S to tehniko slikanja lahko tudi spremljamo uspešnost regeneracijskega zdravljenja in popravo okvar hrustanca.



Slika 5 in 6 – Napredni MRI in MRI s poškodbo hrustanca IV. stopnje

ZDRAVLJENJE

Po okvari hrustanca zaradi poškodbe ali obrabe lahko namesto celjenja pride do procesa reparacije, ker hrustanec ni prekrvavljen, število hondroocitov se z leti zmanjša, v njem primanjkuje matičnih celic, zaradi česar ima tudi veliko slabšo regeneracijsko sposobnost. Kadar lezije hrustanca ne dosejajo pod njim ležeče subhondralne kosti (hondralne lezije), je obnova tkiva omejena zgolj na povečano presnovno aktivnost zrelih hondroocitov v okolici poškodbe. Zato je obnova običajno nepopolna. Kadar pa poškodbe hrustanca segajo do kosti (osteohondralne lezije), se na mestu poškodbe razraste vezivno-hrustančno tkivo, za tvorbo katerega so odgovorne kostne matične celice.

Regeneracija: ko pride do celjenja preko proliferacije celic in pripelje do kompletne obnove tkiva.

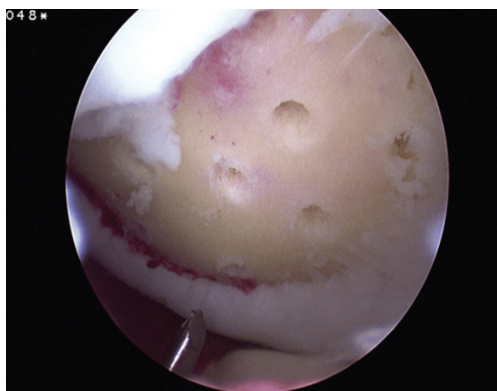
Reparacija: ko pride do celjenja preko proliferacije vezivnega tkiva in pripelje do brazgotinjenja.

OPERATIVNE METODE ZDRAVLJENJA

Artroskopsko mikrofrakturiranje hrustanca

Gre za minimalno invaziven operativni poseg, ki ga najpogosteje izvajamo na kolenu. Pri posegu na okvarjeni sklepni površini s posebnimi inštrumenti ustvarimo mikroskopske razpoke. Preko teh omogočimo, da iz kosti pod okvarjenim hrustancem in v predel okvarjene sklepne površine vdre kri. S krvjo pridejo v predel okvare celice in proteini, ki se pod vplivom lokalnih dejavnikov pretvorijo v vezivno hrustančno tkivo. Vendar pa je bilo opisano, da endogeni angiogeni dejavniki kostnega mozga spodbujajo osteogenezo namesto hondrogeneze MSC iz kostnega mozga.

Nastalo reparativno tkivo pogosto sčasoma degenerira in običajno vsebuje kolagen tipa I (fenotip fibrozni hrustanec) ter nima visokoelastičnih lastnosti hialinega hrustanca. Ta metoda učinkovitejša pri okvarah manjših predelov hrustanca (do 2 cm²) ter kadar še ni izrazitih sprememb na kostnih površinah. Za čim boljši končni rezultat zdravljenja je nujno, da posegu sledi tudi primerna individualna fizikalna terapija. S to se izboljša predvsem obseg gibljivosti sklepa ter okrepi obsklepno miškulaturo, v primeru kolena predvsem stegenske mišice.



Slika 7 - Mikrofrakturiranje kondila femurja

Osteohondralni avtograftni transplantaciji (mozaik plastika)

Pri tej metodi zdravljenja odvezamo kostno-hrustančne čepce s pomočjo votlega inštrumenta z dela kolena, ki je manj obremenjen in jih prenesemo na mesto poškodbe, ki je na bolj obremenjenem delu sklepa. Operacijo izvedemo artroskopsko in tako zmanjšamo nezaželene učinke odpiranja sklepa. Ta metoda je primerna pri manjših lezijah (do 5 cm²), njena prednost pa je, da lezijo napolnimo s hrustancem, ki je identičen originalnemu.

Pomanjkljivosti so morbiditeta darovalnega mesta, tehnična zahtevnost, potreba po posebni opremljenosti, omejitve glede

velikosti lezije, pomanjkanje skladnosti med vsajenimi osteohondralnimi cilindri in območjem lezije ter razlike v višini hrustanca med defektom in okoliškim zdravim hrustancem.

Avtologna implantacija hondrocitov

Hrustanec lahko na celični ravni zdravimo s terapijo z avtolognimi hondrociti. Bolniku vsadimo avtologne hrustančne celice, ki izvirajo iz bolnikovega lastnega hrustanca in jih gojimo v bolnikovem lastnem serumu (krvna tekočina brez krvnih celic). Do ustreznega števila namnožene in ustrezne hrustančne celice namestimo na celični nosilec, kar omogoča lažjo in zanesljivejšo vsaditev. Materiali, namenjeni za celične nosilce, so lahko rastlinskega ali živalskega izvora, izbrani pa so tako, da so razgradljivi in v sklepu ne povzročajo vnetnih ali zavrtnitvenih reakcij.

Gre za dvostopenjski operativni način zdravljenja večjih lezij sklepnega hrustanca. V prvem delu postopka se opravi artroskopska biopsija hrustančnega tkiva z manj obremenjenih predelov sklepnih površin. Pridobljene hondrocite se izolira iz tkiva in jih nato 4 do 6 tednov razmnožuje v ustreznem gojišču. Po tem obdobju se večje število razmnoženih hondrocitov vstavi v hrustančno lezijo, ki se prekrije s periostom ali ustreznim sintetskim materialom.

Vstavljene celice se nato razmnožujejo in tvorijo zunajcelični matriks, ki zapolni mesto lezije. Nastajajoči hrustanec je po strukturi zelo podoben hialinemu hrustancu, vendar ni povsem identičen.

Operativni postopek je primeren predvsem za mlajše posameznike z večjimi hrustančnimi lezijami. Med slabostmi postopka so potreba po dveh ločenih operacijah, pogosta hipertrofija vstavljenih celic ter višja cena zdravljenja.

Avtologna implantacija hondrocitov z vključenim matriksom (MACI)

Zaradi pogoste hipertrofije in razslojevanja presadka pri klasični avtologni implantaciji hondrocitov (ACI) je bila razvita metoda tretje generacije, imenovana avtologna implantacija hondrocitov z vključenim matriksom (MACI). Tudi ta postopek poteka v dveh fazah. Prva faza je podobna kot pri ACI, vendar se pridobljene hondrocite v tem primeru *in vitro* goji na kolagenskem matriksu in ne v tekočem gojišču.

V drugi fazi se kolagenski matriks s pritrjenimi hondrociti vstavi v območje hrustančne lezije ter fiksira s fibrinom. Uporaba kolagenskega matriksa zmanjšuje tveganje za razslojevanje presadka in hipertrofijo vsadka. Indikacije za izvedbo MACI so enake kot pri ACI.

Med slabosti postopka sodita potreba po dveh operativnih posegih in visoka cena zdravljenja, ki je posledica kompleksnosti postopka.

Zdravljenje poškodbe hrustanca z nosilcem in matičnimi celicami

Pomanjkanje učinkovitih metod za zdravljenje poškodb hrustanca spodbuja raziskovalce k razvoju bioloških nadomestkov tkiv s pomočjo tkivnega inženirstva, ki jih je mogoče implantirati za nadomestitev prizadetega dela sklepa. Tkivno inženirstvo v kirurški praksi še ni široko uveljavljeno, čeprav se preizkušajo številne kombinacije različnih celičnih tipov in podpornih materialov tako *in vitro* kot *in vivo*.

Razvita je bila široka paleta biomaterialov, ki uspešno omogočajo proliferacijo, infiltracijo in diferenciacijo alogenih presajenih ali endogenih mezenhimskih matičnih celic (MSC) z namenom doseganja funkcionalne obnove tkiva.

Nosilci oziroma biomateriali morajo biti oblikovani kot porozna tridimenzionalna matriksa, ki omogoča migracijo, adhezijo in rast celic ter podpira organizacijo nastajajočega tkiva.



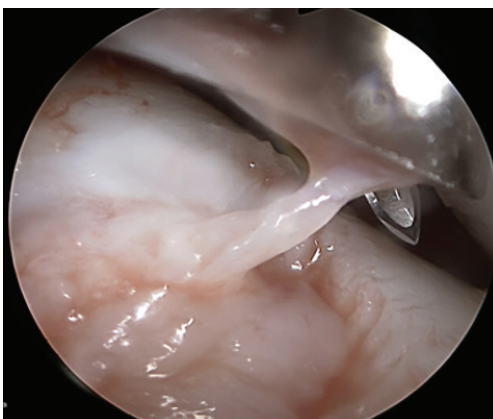
Slika 8 in 9 - Zdravljenje obsežne hondralne lezije na trohlei z nosilcem in matičnim celicami

Avtologne implantacije mletega hrustanca s trombocitno plazmo

Ta metoda predstavlja inovativen enostopenjski pristop k zdravljenju poškodb hrustanca. Združuje mehansko stimulacijo avtolognega (lastnega) mletega hrustanca z biološkim delovanjem s trombociti obogatene plazme (PRP), ponuja celovit protokol za pridobivanje, pripravo in implantacijo mletega hrustanca s PRP.

Postopek se začne z odvzemom venske krvi pacienta, še pred anestezijo, za pripravo avtologne PRP. Hkrati se odvzame hrustančni presadek. V primeru akutnih travmatskih poškodb se zdrav hrustanec običajno odvzame iz roba poškodovane lezije (dopuščeno je manjše razširjenje lezije), redkeje pa z manj obremenjenega področja kolenskega sklepa.

Odstranjen hrustanec se nato zmelje in vstavi v posebno napravo (Thrombinator™), kjer se obogati s PRP. Tako pripravljen presadek se nato artroskopsko nanese neposredno na mesto lezije.



Slika 10 in 11 - Avtologne implantacije mletega hrustanca s trombocitno plazmo

Biološki potencial in mehanizmi delovanja

Operativni postopek AvtoCart™ izkorišča močan biološki potencial mletega hrustanca, ki vsebuje avtologne, nediferencirane hondrocite. Mletje zdravega hrustanca v majhne delce aktivira hondrocite in sproži fiziološki odziv, ki spodbuja hondrogeno proliferacijo ter povečano tvorbo zunajceličnega matriksa.

Dodatek PRP k zmletemu hrustancu poveča proizvodnjo proteoglikanov in vitro, kar kaže na intenzivnejšo tvorbo hrustančno specifičnega zunajceličnega matriksa. Čeprav je v in vitro pogojih težko poustvariti kompleksno biokemično in biomehansko okolje sklepa, avtorji predpostavljajo, da se na mestu implantacije mletega hrustanca razvije hrustančno tkivo, podobno hialinemu hrustancu.

Enostopenjska metoda temelji na sinergičnem delovanju dveh ključnih bioloških dejavnikov:

- aktivirani hondrociti iz mletega hrustanca: mehanska stimulacija med mletjem poveča njihovo sposobnost razmnoževanja in diferenciacije, kar pospešuje sintezo zunajceličnega matriksa (bogatega s kolagenom tipa II in proteoglikani), ki je ključen za obnovo biomehanske funkcije hrustanca,
- koncentrirani rastni faktorji v PRP: PRP, pridobljen s centrifugiranjem krvi, vsebuje bistveno višjo koncentracijo trombocitov, zrnca alfa v trombocitih sproščajo številne rastne faktorje, ki po aktivaciji delujejo preko avtokrinih, parakrinih in endokrinih poti.

PRP ima še posebej pomembno vlogo pri spodbujanju hondrogene diferenciacije matičnih celic, kar je ključnega pomena za regeneracijo večjih ali globokih poškodb. Z

intraartikularno aplikacijo PRP se spodbuja usmerjena diferenciacija matičnih celic v hondrocite, kar je pomembno v predelih,

kjer je zaradi specifične anatomije in fiziologije pomanjkanje nediferenciranih celic.

Tabela 1: **Indikacije, prednosti in pomanjkljivosti različnih metod zdravljenja poškodb hrustanca IV. stopnje**

Vrsta operacije	Tip hrustanca	Prednosti OP	Slabosti OP	Velikost lezije
Mikrofrakturiranje	Fibrozni hrustanec (kolagen tipa 1)"	<ul style="list-style-type: none"> En poseg 	<ul style="list-style-type: none"> Slabši dolgoročni izidi zdravljenja 	do 2,5 cm ² (AMIC 5cm ²)
OATS	Hialini hrustanec (kolagen tipa 2)	<ul style="list-style-type: none"> En poseg 	<ul style="list-style-type: none"> Težave na mestu odvzema (donor side) Prekinjena kontinuiteta ob robu lezije" 	od 2 do 4 cm ²
AUTOCART	Podoben hialinemu hrustancu	<ul style="list-style-type: none"> En poseg 	<ul style="list-style-type: none"> Ni še dolgoročnih raziskav 	do 5cm ²
ACI, MACI	Podoben hialinemu hrustancu	<ul style="list-style-type: none"> Primerno tudi za zdravljenje večjih lezij Dobri dolgoročni izidi zdravljenja" 	<ul style="list-style-type: none"> Dve operaciji Visoki stroški" 	Vse velikosti lezije
SCAFFOLD s MC	Podoben hialinemu hrustancu	<ul style="list-style-type: none"> Enkratni poseg Matriks omogoča boljšo diferenciacijo. Možnost obravnave večjih lezij Dobri dolgoročni izidi zdravljenja" 	<ul style="list-style-type: none"> Cenovno manj dostopen 	Vse velikosti lezije

REHABILITACIJA

Splošna načela rehabilitacije po zdravljenju hrustanca so:

- strogo upoštevanje navodil: nujno je dosledno sledenje predpisanemu protokolu za zaščito regenerativnega tkiva,
- fizioterapija: ključno je redno izvajanje fizioterapevtskih vaj za krepitev mišic, izboljšanje gibljivosti in stabilnosti kolena,
- spremljanje: pozornost se namenja morebitnim bolečinam, oteklina ali drugim odstopanjem od normalnega okrevanja,
- individualizacija: protokol se nenehno prilagaja glede na napredek pacienta in morebitne spremembe,
- postopnost: vrnitev k aktivnostim mora biti postopna in nadzorovana.

Predstavljeni koncept služi kot vodilo in mora biti podrobneje razdelano s strani multidisciplinarnega tima (kirurg, fizioterapevt) glede na specifične potrebe vsakega pacienta.

Rehabilitacija po artroskopskem zdravljenju hrustanca kolenskega sklepa z avtologno implantacijo mletlega hrustanca s trombocitno plazmo

Rehabilitacijski protokol po artroskopskem zdravljenju hrustanca kolenskega sklepa po metodi AutoCart® mora biti individualiziran, saj je odvisen od anatomske lokacije poškodbe (tibiofemoralno ali patelofemoralno) in prisotnosti morebitnih sočasnih posegov na drugih strukturah kolena (npr. rekonstrukcija vezi, oskrba meniskusa).

V nadaljevanju sta predstavljena konceptualna protokola, prilagojena lokaciji poškodbe.

Rehabilitacija Tibiofemoralne poškodbe hrustanca

Faza I: Zgodnje okrevanje in zaščita (0 - 6 tednov po operaciji)

- imobilizacija:
 - prvih 24 ur: ekstenzijska opornica
 - po 24 urah: opornica se odstrani
- obremenitev:
 - od drugega dneva do 6 tednov: delno obremenjevanje operirane okončine (do 15 kg telesne teže) z uporabo bergel
- gibljivost:
 - od drugega dneva: polno razgibavanje kolena do meje bolečine, s poudarkom na preventivi kontrakture
 - priporočena je uporaba naprave Kinetek (Continuous Passive Motion - CPM) do 3 ure dnevno, skladno z navodili fizioterapevta.
- delovna sposobnost:
 - bolniški stalež se predlaga do 12 tednov po operativnem posegu.

Faza II: Postopno povečanje obremenitve in gibljivosti (od 6 tednov do 3 mesecev po operaciji)

- obremenitev:
 - od 6 tednov: postopno večanje obremenitev (15-20 kg na teden) do polne telesne teže
 - hoja z berglami se postopoma opušča, ko je hoja neboleča in funkcionalna brez opore.
 - polne obremenitve so dovoljene 8 tednov po operaciji
- gibljivost:
 - pridobivanje polne gibljivosti kolena, z aktivnimi in pasivnimi vajami.

Faza III: Vrnitev k aktivnostim (od 3 mesecev dalje)

- športna aktivnost:
 - po 6 tednih: dovoljeno je ukvarjanje z lažjimi športnimi aktivnostmi (npr. kolesarjenje, plavanje, veslanje), paziti je treba na izogibanje sunkovitim gibom in velikim obremenitvam
 - po treh mesecih: dovoljeno je ukvarjanje z nizkoenergetskimi športi (npr. hoja, golf)
 - po 12-16 mesecih: dovoljeno je ukvarjanje z visokoenergetskimi športi, po predhodni oceni in pripravi.

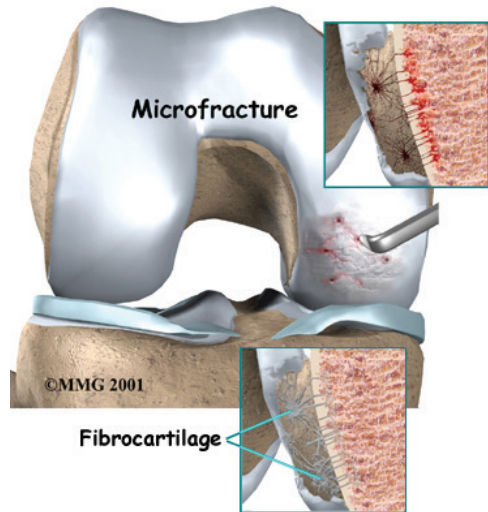
Rehabilitacija Patelofemoralne poškodbe hrustanca

Faza I: Zgodnje okrevanje in zaščita (0 - 6 tednov po operaciji)

- imobilizacija:
 - prvih 24 ur: ekstenzijska opornica
 - po 24 urah: zamenjava ekstenzijske opornice s štiri-točkovno opornico na zaklep
- obremenitev:
 - od drugega dneva do 6 tedna: delno obremenjevanje operirane okončine (do 15 kg telesne teže) z uporabo bergel
- gibljivost (omejena z opornico):
 - razgibavanje se izvaja v štiri-točkovni opornici na zaklep z omejenim obsegom giba:
 - teden 1 - 2: 0° do 30°
 - teden 3 - 4: 0° do 60°
 - teden 5 - 6: 0° do 90°
- delovna sposobnost:
 - bolniški stalež se priporoča do 12 tednov po operativnem posegu.

Faza II: Postopno povečanje obremenitve in gibljivosti (od 6 tedna do 3 mesecev po operaciji)

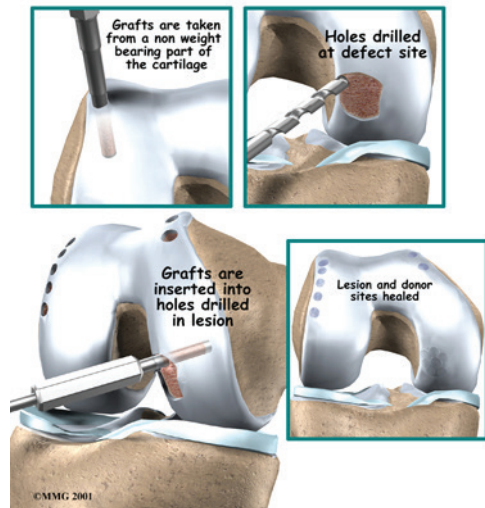
- obremenitev:
 - od šestega tedna: postopno večanje obremenitev (15-20 kg na teden)
 - polna obremenitev se dovoli na iztegnjeni nogi
 - polna obremenitev operirane noge je predvidoma dovoljena 8 tednov po operativnem posegu
 - postopno opuščanje bergel ob funkcionalni in neboleči hoji
- gibljivost:
 - postopno pridobivanje polne gibljivosti kolena (načrtuje se v 2-3 tednih).



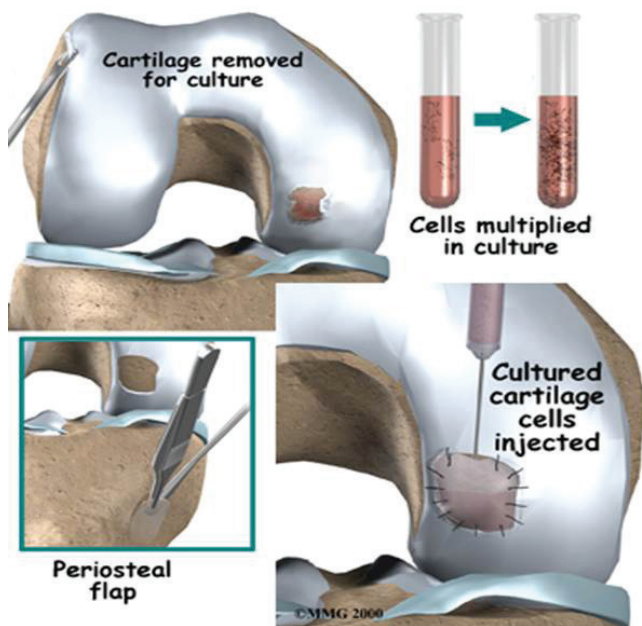
Slika 12 - Mikrofrakturiranje

Faza III: Vrnitev k aktivnostim (od 3 mesecev dalje)

- športna aktivnost:
 - po šestih tednih: dovoljeno je ukvarjanje z lažjimi športnimi aktivnostmi (npr. kolesarjenje, plavanje, veslanje), posebna pozornost se namenja aktivnostim, ki ne obremenjujejo patelofemoralnega sklepa (izogibanje globokemu počepu, sunkovitim gibom)
 - po treh mesecih: dovoljeno je ukvarjanje z nizkoenergetskimi športi (npr. hoja, golf)
 - po 12 - 16 mesecih: dovoljeno je ukvarjanje z visokoenergetskimi športi, po predhodni oceni in pripravi, s poudarkom na stabilnosti patelofemoralnega sklepa.



Slika 13 - Mozaikplastika



Slika 14 - Transplantacija hondrocitov

ZAKLJUČEK

Poškodbe hrustanca močno vplivajo na kakovost življenja posameznika, saj povzročajo bolečino, omejeno gibljivost in oviranost pri delu ter vsakodnevnih aktivnostih. Zaradi specifične strukture in zelo omejene sposobnosti obnavljanja hrustančnega tkiva, predstavljajo te poškodbe velik strokovni izziv za medicinske strokovnjake.

Z napredkom znanosti na celičnem nivoju in razvojem novih operativnih metod, kot so na primer metode, ki vključujejo avtologni hrustanec in trombocitno plazmo, se odpirajo obetavne možnosti za izboljšanje zdravljenja. Kljub temu pa je še vedno ključno dolgoročno spremljanje kliničnih izidov in kakovosti novonastalega hrustančnega tkiva, da se zagotovijo trajni in uspešni rezultati zdravljenja.

Literatura

1. Baino, F., et al. (2015). Bioceramics and scaffolds: A winning combination for tissue engineering. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 3, 202.
2. Duthie, B. R. (1996). *Mercer's orthopaedic surgery*. Arnold.
3. Eroschenko, V. P. (2008). *Di Fiore's atlas of histology with functional correlations* (11th ed.). Lippincott Williams & Wilkins.
4. Eurell, J. A., & Frappier, B. L. (2006). *Dellmann's textbook of veterinary histology* (6th ed.). Blackwell Publishing.
5. Goldring, M. B., & Marcu, K. B. (2009). Cartilage homeostasis in health and rheumatic diseases. *Arthritis Research & Therapy*, 11, 224.
6. Gomoll, A. H., & Minas, T. (2014). The quality of healing: Articular cartilage. *Wound Repair and Regeneration*, 22, 30-38.
7. Herman, S., Antolič, V., & Pavlovčič, V. (2006). *Srakarjeva ortopedija* (2. izd.). Samozaložba.
8. Liao, J., et al. (2014). Recent developments in scaffold-guided cartilage tissue regeneration. *Journal of Biomedical Nanotechnology*, 10(10), 3085-3104.
9. Liang, Y., et al. (2022). Platelet-rich plasma in the repair of articular cartilage injury: A narrative review. *Cartilage*, 13(3), 19476035221118419.
10. Liu, Y. W., et al. (2019). MR imaging of cartilage repair surgery of the knee. *Clinical Imaging*, 58, 129-139.
11. Miller, D. M., & Thompson, S. R. (Eds.). (2020). *Miller's review of orthopaedics*. Elsevier.
12. Ravnihar, N. (2025). *Izidi zdravljenja poškodb hrustanca kolenskega sklepa z enostopenjsko metodo avtologne implantacije mletega hrustanca s trombocitno plazmo: šestmesečno sledenje* (magistrsko delo). Univerza v Novem mestu.
13. Richter, D. L., et al. (2016). Knee articular cartilage repair and restoration techniques: A review of the literature. *Sports Health*, 8(2), 153-160.
14. Runer, A., et al. (2023). Autologous minced cartilage repair for chondral and osteochondral lesions of the knee joint demonstrates good postoperative outcomes and low reoperation rates at minimum five-year follow-up. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 31(11), 4977-4987.
15. Salzmann, G. M., et al. (2016). Spontaneous minced cartilage procedure for unexpectedly large femoral condyle surface defect. *Case Reports in Orthopedics*, 2016, 1498135.
16. Salzmann, G. M., et al. (2021). Autologous minced cartilage implantation for treatment of chondral and osteochondral lesions in the knee joint: An overview. *Cartilage*, 13(1_suppl), 1124S-1136S.
17. Schrock, J. B., et al. (2017). Cost-effectiveness analysis of surgical treatment modalities for chondral lesions of the knee: Microfracture, osteochondral autograft transplantation, and autologous chondrocyte implantation. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 5(5), 2325967117704634.
18. Taraballi, F., et al. (2016). Biomimetic collagenous scaffold to tune inflammation by targeting macrophages. *Journal of Tissue Engineering*, 7, 2041731415624667.
19. Toh, W. S., et al. (2014). Advances in mesenchymal stem cell-based strategies for cartilage repair and regeneration. *Stem Cell Reviews and Reports*, 10(5), 686-696.
20. Triana, J., et al. (2023). Return to play after knee articular cartilage restoration: Surgical options, rehabilitation protocols, and performance outcomes. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 16(12), 575-586.
21. Valderrábano, V., et al. (2009). Knee-to-ankle mosaicplasty for the treatment of osteochondral lesions of the ankle joint. *The American Journal of Sports Medicine*, 37, 105S-111S.
22. Yang, B. W., et al. (2021). Articular cartilage repair in the knee: Postoperative imaging. *The Journal of Knee Surgery*, 34(1), 2-10.

3.

ENOSTOPENJSKO ARTROSKOPSKO ZDRAVLJENJE OMEJENIH POŠKODB HRUSTANCA KOLENA Z LASTNIM MLETIM HRUSTANECEM OBOGATENIM S PRP

Andrej Lahajner, dr. med., specialist ortopedske kirurgije,
Medicinski center ARTROS ARTROS

Simptomatske okvare sklepnega hrustanca kolena so pogoste in jih je mogoče zdraviti z različnimi kirurškimi metodami. Kljub temu trenutno ne obstajajo enotne doktrine oziroma standardne metode zdravljenja za vse indikacije. Artroskopska implantacija mletega hrustanca vse bolj prihaja v ospredje kot izpopolnjena kirurška tehnika, ki obeta zelo dobre rezultate.

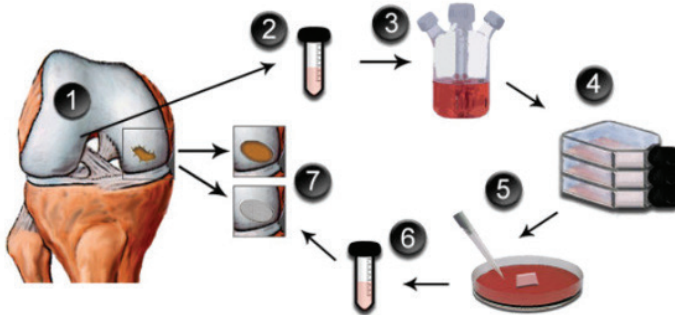
Osteohondralne lezije v kolenskem sklepu so pogoste in vodijo v prezgodnji razvoj osteoartroze. Pogosto se pojavljajo v mlajši in telesno aktivni populaciji. Lahko gre za akutno poškodbo ali ponavljajoče mikropoškodbe. Hialini sklepni hrustanec, ki je sestavljen iz kolagena tipa 2, ima namreč zelo slabo sposobnost celjenja oziroma regeneracije, predvsem ker gre za neprekrvljeno in neoživčeno tkivo. Zdrav hrustanec v sklepu omogoča gladko gibanje z minimalnim trenjem. Edini način celjenja hrustanca po poškodbi je fibrozacija, brazgotinjenje. Nastane manj kvaliteten hrustanec, večinoma iz kolagena tipa 1, ki je manj gladek, manj trpežen in se hitreje obrabi. Kljub temu je celjenje hrustanca redek proces, mnogo bolj pogosto ostane hrustanec poškodovan. Tipični klinični simptomi vključujejo oteklino, bolečino in zmanjšano funkcijo. Primarni cilj

vsake metode obnove hrustanca je doseči čim boljšo kakovost regeneriranega tkiva (kolagen tip 2), saj je ta povezana z dobrim kliničnim izidom, vrnitvijo k športu in dolgoročno vzdržljivostjo.

METODE ZDRAVLJENJA POŠKODB HRUSTANCA

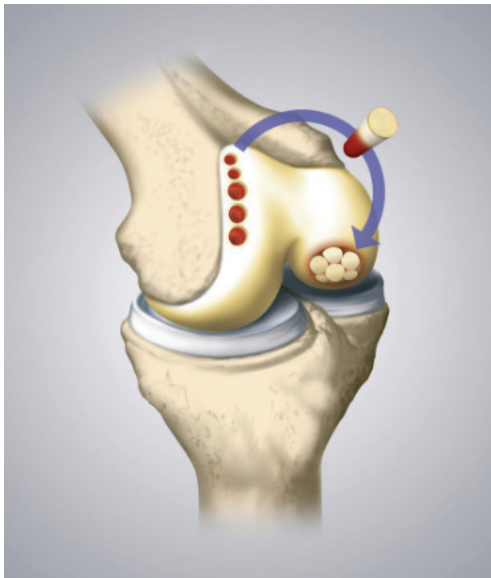
Za zdravljenje takih poškodb je razvitih več različnih tehnik.

Avtologna implantacija hondrocitov (ACI) se je uveljavila kot pogosto uporabljena metoda z dobrimi dolgoročnimi rezultati. Vendar ima več pomanjkljivosti. Gre za dvostopenjski in drag postopek, ostane prizadetost odvzemnega mesta v sicer neobremenjenem delu sklepa in možnost dediferenciacije razmnoženih celic.



Slika 1 - Avtologna presaditev hondrocitov

Zdravljenje s presaditvijo osteohondralnega avtografa ali t.i. mozaikoplastike je dobra, vendar tehnično zahtevna kirurška tehnika. Daje dobre rezultate pri svežih in manjših (3 do 4 cm²) hrustančnih poškodbah. Gre tudi za odprto kirurško metodo.



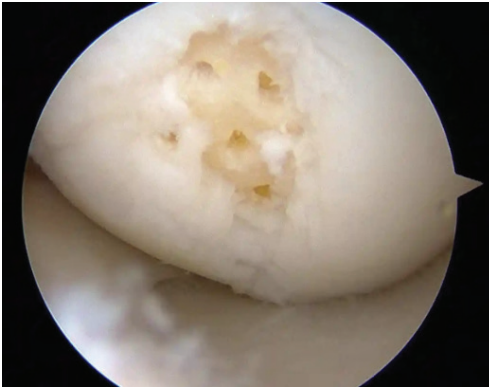
Slika 2 - Mozaikplastika

Presaditev svežega osteohondralnega alografa predstavlja privlačno enostopenjsko metodo z relativno hitrim povratkom k športu, vendar ni dostopna v vseh državah. Tudi ta način je povezan z visokimi stroški zdravljenja.



Slika 3 - Transplantacija svežega alografa

Že dolga leta uveljavljena kirurška tehnika zdravljenja poškodb hrustanca je tudi mikrofrakturiranje, imenovana tudi tehnika stimulacije kostnega mozga. V predelu hrustančne vrzeli se z različnimi ostrimi instrumenti zvrta drobne luknjice v subhondralno kost. S tem omogočimo, da hrustančni defekt zapolni krvni strdek, ki vsebuje kostni mozeg z matičnimi celicami (t. i. super krvni strdek). Nastane nov hrustanec, ki je večinoma fibroziran, manj kvaliteten. Postopek je sicer ekonomsko zelo ugoden, vendar dolgoročni rezultati niso najboljši. Primerna je za manjše poškodbe (2 do 3 cm²).



Slika 4 - Transplantacija svežega alografta

Implantacija mletega hrustanca je enostopenjski kirurški poseg, ki je v zadnjem času pridobil veliko zanimanja. Razvoj na področju regenerativne kirurgije gre v smer enostopenjskih posegov. Tehniko je prvi opisal Albrecht s sodelavci leta 1983. Pri tem postopku se hrustančno tkivo odstrani z roba defekta in ponovno implantira. Tako ponovno vsajeno tkivo ohranja lokalno diferenciacijo glede na izvorno mesto. Mehanska fragmentacija (s shaverjem, ročno ali s skalpelom) aktivira hrustančne celice in omogoča njihovo rediferenciacijo. Tak način ohrani vitalnost hondrocitov, ki imajo še vedno sposobnost migracije, proliferacije in sinteze zunajceličnega matriksa.

Opisana tehnika se izvaja artroskopsko, z dodatkom plazme, bogate s trombociti (PRP), ki zagotavlja rastne faktorje, trombocitni rastni faktor (PDGF), transformirajoči rastni faktor beta (TGF- β), žilni endotelijski rastni faktor (VEGF) in inzulinu podoben rastni faktor 1 (IGF-1) ter bioaktivne mediatorje, ki podpirajo proliferacijo celic, integracijo tkiva in procese obnove hrustanca. Fiksacija se izvede z avtolognim trombinom ali fibrinom, pridobljenim iz PRP (3).

Zaenkrat je zanesljivih dolgoročnih rezultatov malo. So pa objavljeni 5-letni

rezultati odprte tehnike, ki kažejo zmanjšanje bolečine in izboljšanje aktivnosti.

DIAGNOSTIKA HRUSTANČNIH POŠKODB

Osnovni znaki in simptomi, ki športnika usmerijo na obravnavo k specialistu ortopedu je bolečina v kolenu, otekanje in pojavljanje preskokov ali zatikanja v sklepu. S tem se posledično zmanjša intenziteta treningov in zniža zmogljivost. Klinični pregled kolena pri hrustančnih poškodbah nam zelo redko da jasno diagnozo, kaj šele podatek o obsežnosti poškodbe. Glede na lokacijo bolečine in palpatorno bolečnost lahko sklepamo kateri kompartment je prizadet. S pregledom kolena lahko potrdimo prisotnost izliva v kolenu, zaznamo krepitacije in preskoke ob preverjanju gibljivosti sklepa, ki je lahko tudi omejena.



Slika 5 - MRI posnetek kolena v AP projekciji, s puščico označena poškodba hrustanca v predelu lateralno tibialno

Nato sledi slikovna diagnostika. Ultrazvočna preiskava ima zelo nizko senzitivnost in specifičnost, zato je pri diagnostiki hrustančnih poškodb v kolenu ne uporabljamo. Prav tako rentgenski posnetki (RTG) začetnih, majhnih in omejenih sprememb hrustančnih površin ne prikaže. Specifične RTG tehnike, na primer RTG stoje, RTG celotne spodnje okončine, stranski posnetek kolena, RTG pogačice v različnih projekcijah, se uporabljajo pri sumu na prirojene ali pridobljene anatomske posebnosti. Kot primer varusna ali valgusna deformacija, povečan nagib tibialnega platoja navzad (ang. tibial slope), lateralizacija ali nagib pogačice ter visoko položena pogačica. Če najdemo katero od takih pomembnih odstopanj, nas to pri načrtovanju operativnega posega usmeri v to, da se odločimo za kombinacijo večih operativnih tehnik. Na primer popravo osi kolenskega sklepa s korekcijsko osteotomijo in sočasno izvedbo artroskopskega zdravljenja hrustanca.

Pri kliničnem sumu na poškodbo hrustanca kolena vedno opravimo magnetno resonančno preiskavo (MRI). Če želimo, da bo preiskava visoko senzitivna za hrustančne poškodbe, uporabimo MRI napravo z močjo 3 Tesla (3T). Kljub temu senzitivnost preiskave pri lezijah I. in II. stopnje močno pade. V tem primeru se poslužimo naprednih MRI preiskav, kot so 3D MRI ali dGEMRIC (Delayed Gadolinium-Enhanced MRI of Cartilage). V poštev pride tudi izvedba MRI artrografije kolena.

V vsakem primeru se dokončno odločimo za izvedbo operativnega posega zdravljenja hrustanca med artroskopsko operacijo, ker na ta način lahko najbolj natančno opredelimo obsežnost hrustančne poškodbe. Posledično se tudi zgodi, da se za izvedbo posega zdravljenja hrustanca med artroskopijo kolena ne odločimo, ker

ocenimo, da zdravljenje ne bo učinkovito. Nikoli posega ne izvedemo brez predhodne MRI preiskave.

ZDRAVLJENJE POŠKODB HRUSTANCA

Močan vpliv na izid zdravljenja hrustanca ima upoštevanje indikacij in kontraindikacij. Optimalne indikacije za operativno zdravljenje so omejene poškodbe hrustanca III. do IV. stopnje po Outerbridge klasifikaciji velikosti 1-4 cm², po nekaterih avtorjih celo do 6 cm². Velik pomen pri odločitvi za operativni poseg predstavlja tudi upoštevanje kontraindikacij. Med prvimi je razširjena osteoartroza kolenskega sklepa. Rezultati so slabi, če so prisotne osne nepravilnosti (varusna ali valgusna) s kotom več kot 3°. Na rezultat močno vpliva tudi stanje po totalni ali subtotalni meniscektomiji. Nezdravljene poškodbe kolateralni ali križni vezi onemogočijo ustrezno celjenje. Absolutni kontraindikaciji sta tudi septični artritis in periferne bolezni arterijskega žilja.

POSTOPEK

Bolnik je nameščen v ležečem položaju na hrbtu. Za implantacijo hrustanca v brezkrvnih pogojih se uporabi Eschmarchova preveza, nameščena v predelu stegna. Pred ali med posegom se odvzame kri za pripravo avtologne PRP, tako da pridobimo vsaj 10-15 ml čiste PRP. PRP se nato dodatno obdela med artroskopskim posegom.

Vsak poseg z uporabo mletega hrustanca se začne s standardno artroskopijo kolenskega sklepa, vključno s sočasno izvedbo dodatnih potrebnih posegov (rekonstrukcija vezi, delna resekcija meniskov, odstranitev prostih teles). Ciljno hrustančno lezijo se najprej natančno oceni in dokončno potrdi indikacijo posega. Velikost defekta se izmeri po debridmaju.

Hrustančni defekt se primerno očisti (izvede se debridement) z uporabo majhne ostre žlice in obročaste kirete. Pomembno je, da se oblikuje stabilne stene lezije in vitalen rob.

Na ta način pridobimo drobce hrustanca. Če količina mletega hrustanca ni zadostna za zapolnitev vrzeli, pridobimo dodaten volumen z odvzemom na neobremenilni površini kolenskega sklepa.

Nato zmleti hrustanec zunaj sklepa bolnika v posodi zmešamo z 2-3 kapljicami PRP, s čimer pridobimo posebno zmes.

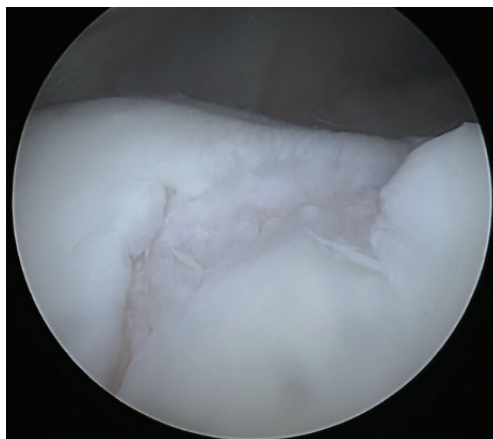
V naslednjem koraku s posebno napravo pridobimo trombin, in ga po kapljicah apliciramo na zmes iz hrustančnih fragmentov in PRP.

Mešanica mletega hrustanca, PRP in trombina enakomerno razporedimo po celotnem defektu sklepnega hrustanca. Konsistenca paste zagotavlja začetno stabilnost, saj trombin v kombinaciji z ACP aktivira fibrin, ki stabilizira presadek mletega hrustanca in ga fiksira na mesto defekta.

Dodatni fibrin nato pridobimo z mešanjem preostalega trombina in PRP v razmerju 1 : 1. Ta dodatni fibrin nato uporabimo za končno stabilizacijo implantiranega presadka mletega hrustanca.

Zapolnitev defektov s hrustančnim presadkom naj bi dosegla vsaj 80 % višine okoliškega zdravega hrustanca, absolutno pa ne sme segati nad nivo zdravega hrustanca.

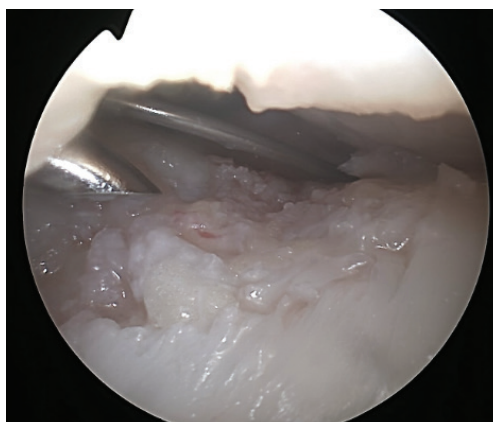
Na spodnjih intraoperativnih posnetkih artroskopskega posega na kolenu so prikazane posamezne faze postopka operacije zdravljenja hrustančne poškodbe z lastnim mletim hrustancem in PRP. Na sliki 8 je prikazan dober rezultat zdravljenja eno leto po posegu.



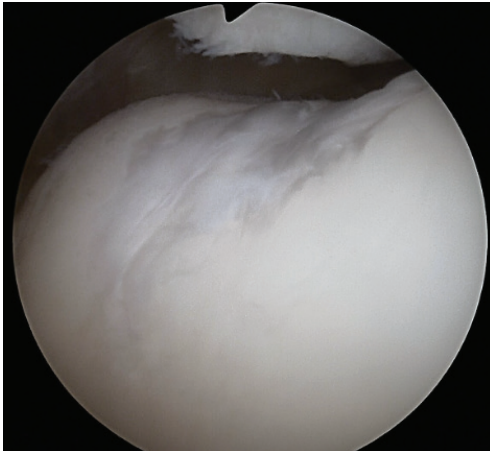
Slika 6 - Poškodba hrustanca na trohleji



Slika 7 - Vrzle poškodbe hrustanca zapolnjena s pasto mletega hrustanca



Slika 8 - Predel poškodbe hrustanca po izvedbi debridementa



Slika 9 – Stanje po zacelitvi iste hrustančne poškodbe eno leto po posegu

REHABILITACIJA PO POSEGU

Protokol rehabilitacije je prilagojen mestu izvedbe zdravljenja hrustančne poškodbe. Pomembne razlike so namreč pri zdravljenju lezij tibiofemoralno ali patelofemoralno, na kar vpliva specifičnost biomehanike kolenskega sklepa. Več omejitev in bolj postopno povečevanje pridobivanja gibljivosti je pri poškodbah patelofemoralno, predvsem v začetnih šestih tednih po operaciji. Izrednega pomena je, da začetna pooperativna rehabilitacija poteka v sodelovanju s fizioterapevtom, ki pacienta obravnava individualno. V kasnejši fazi rehabilitacije, med drugim in tretjim mesecem po operaciji, se priporoča tudi fizikalno terapijo v okviru naravnega zdravilišča.

Tabela 1: Pooperativna rehabilitacija glede na lokacijo hrustančne lezije.

	TIBIOFEMORALNO	PATELOFEMORALNO
24 ur po operaciji	ekstenzijska opornica	štiritočkovna opornica (0°)
opornica	1. dan	6 tednov
1. – 2. teden	pridobivanje gibljivosti do bolečine (kinetek 3h/dan)	0° - 30°
3. – 4. teden	pridobivanje gibljivosti do bolečine (kinetek 3h/dan)	0° - 60°
5. – 6. teden	pridobivanje gibljivosti do bolečine (kinetek 3h/dan)	0° - 90°
1. – 6. teden	obremenitev 15 – 20 kg	obremenitev 15 – 20 kg
6. do 12. teden	dodajanje obremenitve 15 kg na teden	dodajanje obremenitve 15 kg na teden (v polni ekstenziji lahko polna obremenitev)
6. teden – 3. mesec	lažje športne aktivnosti: kolesarjenje, hoja po ravnem, plavanje, veslanje	lažje športne aktivnosti: kolesarjenje, hoja po ravnem, plavanje, veslanje
3. – 6. mesec	nizkoenergetski športi	nizkoenergetski športi
6. – 12. mesec	postopen prehod na visokoenergetske športe	postopen prehod na visokoenergetske športe
od 12. meseca dalje	polne obremenitve in športne aktivnosti	polne obremenitve in športne aktivnosti

ZAKLJUČEK

Pri pacientih, ki so bili zdravljeni s postopkom avtolognega mletega hrustanca zaradi srednje velikih do velikih hondralnih in osteohondralnih lezij kolena, se poroča o dobrih srednjeročnih rezultatih glede bolečine in funkcije kolena ter o nizki stopnji pooperativnih zapletov. Zanimiv podatek je tudi, da visok odstotek pacientov ne navaja močnejših bolečin v začetnem pooperativnem obdobju.

Zdravljenje omejenih poškodb hrustanca v kolenskem sklepu z enostopenjskim artroskopskim zdravljenjem z avtolognim mletim hrustancem obeta zelo učinkovit, miniinvaziven način zdravljenja tovrstnih poškodb, ki ga do sedaj nismo poznali. S tem bomo lahko na dokaj enostaven način preprečevali prezgoden razvoj artroze kolenskega sklepa pri začetnih relativno majhnih in lokaliziranih poškodbah hrustanca.

Literatura

1. Ossendorff, R., Öttl, F., Stadelmann, V A., Schneider, S., Preiss S., Salzmann, M G., Hax, J. Autologous minced cartilage repair for chondral and osteochondral lesions of the knee joint demonstrates good postoperative outcomes and low reoperation rates at minimum five-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2023 Aug 27;31(11):4977-4987.
2. Volz, M., Schaumburger, J., Gellißen, J., Grifka, J., Andersv, S. A randomized controlled trial demonstrating sustained benefit of autologous matrix-induced chondrogenesis (AMIC®) over microfracture: 10-year follow-up.
3. Liang, Y, Li, J., Wang, Y., He, J., Chen, L., Chu, J. in Wu, H. (2022). Platelet rich plasma in the repair of articular cartilage injury: A narrative review. *Cartilage*, 13(3), 1020-1034.
4. Deepa, H., Chand Paladugu, P., James, B. Comparative evaluation of magnetic resonance arthrogram with arthroscopy in knee pathologies.
5. Kohl, S., Meier, S., S. Ahmad, S., Bonel, H., Exadaktylos, K A., Krismer, A. and Evangelopoulos, D S. Accuracy of cartilage-specific 3-Tesla 3D-DESS magnetic resonance imaging in the diagnosis of chondral lesions: comparison with knee arthroscopy Kohl et al. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* (2015) 10:191 DOI 10.1186/s13018-015-0326-1.
6. Blanke, F., Warth, F., Oehler, N., Siegl, J., Christian, W. Autologous platelet-rich plasma and fibrin-augmented minced cartilage implantation in chondral lesions of the knee leads to good clinical and radiological outcomes after more than 12 months: A retrospective cohort study of 71 patients.
7. Navodila po operaciji, *Artroskopsko zdravljenje hrustanca po metodi AutoCart* (NAV. 65/26), Artros, medicinski center.
8. Barbaret, A., Wein, F., Jacquet, C., & Ollivier, M. (2025). One-stage minced cartilage autograft with platelet-rich plasma improves early clinical outcomes: A multicentric retrospective study. *Journal of Experimental Orthopaedics*, 12(1).
9. Dilley, J. E., Bello, M., Natoli, R. M., McKinley, T. O., & Sankar, U. (2023). Post-traumatic osteoarthritis: A review of pathogenic mechanisms and novel targets for mitigation. *Bone Reports*, 18, 101658.
10. Ji, X., & Zhang, H. (2019). Current Strategies for the Treatment of Early Stage Osteoarthritis. *Frontiers in Mechanical Engineering*, 5.
11. Kutaish, H., Klopfenstein, A., Adoriso, S. N. O., Tscholl, P. M., & Fucentese, S. F. (2025). Current trends in the treatment of focal cartilage lesions: a comprehensive review [Review of Current trends in the treatment of focal cartilage lesions: a comprehensive review]. *EFORT Open Reviews*, 10(4), 203. British Editorial Society of Bone & Joint Surgery.
12. Pohl, S., Mühler, M., Zimmerer, A., Schoon, J., Wassilew, G. I., & Gebhardt, S. (2025). Clinical and radiological 2-year results after autologous shaver-based minced cartilage implantation for cartilage lesions of the knee. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 145(1).
13. Salzmann, G. M., Ossendorff, R., Gilat, R., & Cole, B. J. (2020). Autologous Minced Cartilage Implantation for Treatment of Chondral and Osteochondral Lesions in the Knee Joint: An Overview. *Cartilage*, 13.

4.

KIRURGIJA S POSPEŠENIM OKREVANJEM PRI KOLENSKI ARTROPLASTIKI

doc. dr. **Pika Krištof Mirt**, dr. med., spec. ortopedске kirurgije
Oddelek za ortopedsko kirurgijo, **SB Novo mesto**

Kirurgija s pospešenim okrevanjem (Enhanced Recovery After Surgery - ERAS) predstavlja sodoben, multimodalni in na dokazih temelječ pristop k perioperativni obravnavi bolnikov, katerega osnovni cilj je zmanjšanje kirurškega stresa, skrajšanje časa okrevanja ter izboljšanje funkcionalnega izida. Kolenska artroplastika oz. vstavev kolenske endoproteze s pospešenim okrevanjem predstavlja eno najuspešnejših implementacij teh načel v ortopedski kirurgiji. Z uvedbo standardiziranih protokolov, ki vključujejo optimizacijo stanja bolnika pred operacijo, prilagojene intraoperativne tehnike ter strukturirano pooperativno rehabilitacijo, je bilo v zadnjih desetletjih doseženo pomembno skrajšanje dolžine hospitalizacije, zmanjšanje intra- in pooperativnih zapletov in smrtnosti, brez povečanja tveganja za varnost bolnikov. Prispevek podaja poglobljen pregled patofizioloških osnov kirurškega stresa ter ključnih komponent ERAS in »fast-track« pristopa pri kolenski artroplastiki, s poudarkom na klinični uporabnosti in integraciji sodobnih dokazov v vsakodnevno prakso.

UVOD

Razvoj koncepta kirurgije s pospešenim okrevanjem (Enhanced Recovery After Surgery - ERAS) predstavlja enega najpomembnejših premikov v sodobni perioperativni medicini. Tradicionalni pristopi so temeljili na konzervativnih načelih, kot so dolgotrajno predoperativno stradanje, omejena pooperativna mobilizacija in rutinska uporaba invazivnih

postopkov, kar je pogosto vodilo v podaljšano hospitalizacijo in večjo pojavnost zapletov. Danski kirurg Henrik Kehlet je s sodelavci na podlagi raziskav pri pacientih s kolorektalnim rakom leta 1997 razvil koncept, katerega protokol zajema celotno pot obravnave pacienta, od prvega pregleda pacienta in indikacije za operacijo do prvega kontrolnega pregleda po operaciji (1,2,3). Z uvedbo ERAS koncepta je postalo jasno, da je mogoče z optimizacijo celotne

perioperativne poti bolnika bistveno izboljšati klinične izide (1,4,5).

Osnovno načelo ERAS temelji na multimodalnem pristopu, ki združuje več posameznih ukrepov, katerih učinki se medsebojno dopolnjujejo. Namen teh ukrepov je zmanjšanje kirurškega stresa, ohranjanje fiziološkega ravnovesja ter pospešitev funkcionalnega okrevanja. Ključno je, da noben posamezen ukrep sam po sebi ne prinaša bistvenega izboljšanja, temveč je učinek rezultat njihove kombinacije in dosledne implementacije (2,4,5,6).

V ortopediji se je ERAS koncept najbolj uspešno uveljavil pri kolenski artroplastiki (totalna = TKA), ki predstavlja enega najpogostejših ortopedskih posegov. Zaradi staranja populacije in naraščajoče prevalence degenerativnih boleznih sklepov se število teh posegov stalno povečuje, kar dodatno poudarja pomen optimizacije zdravljenja (5). »Fast-track« TKA kot specifična implementacija ERAS načel v ortopedski kirurgiji omogoča bistveno skrajšanje hospitalizacije, pogosto na le 1–3 dni, ob tem pa ohranja ali celo izboljšuje varnost in zadovoljstvo bolnikov (5,7).

Pomembna značilnost sodobnega pristopa je tudi premik od tradicionalnega modela pasivne vloge bolnika v procesu zdravljenja k njegovi aktivni udeležbi. Bolnik ni več pasivni prejemnik oskrbe, temveč aktivni sodelavec, kar ima pomemben vpliv na izid zdravljenja. Tak pristop zahteva ustrezno edukacijo, jasno komunikacijo in dobro organizacijo zdravstvenega sistema.

Kljub številnim dokazom o učinkovitosti ERAS protokolov pa njihova implementacija v praksi pogosto ni enotna. Razlike v organizaciji zdravstvenih sistemov, dostopnosti virov ter kliničnih navadah lahko vplivajo na uspešnost uvedbe. Zato ostaja pomembno področje

raziskav ne le razvoj novih ukrepov, temveč tudi optimizacija implementacije obstoječih. Na Oddelku za ortopedsko kirurgijo SB Novo mesto se protokol izvaja in prilagaja od leta 2011 dalje.

PATOFIZIOLOGIJA KIRURŠKEGA STRESA

Kirurški poseg sproži kompleksen fiziološki odziv, ki vključuje aktivacijo nevroendokrinega sistema, sproščanje vnetnih mediatorjev ter spremembe v presnovi. Aktivacija hipotalamično-hipofizno-adrenalne osi vodi do povečanega izločanja kortizola, kateholaminov in drugih stresnih hormonov, kar povzroča katabolno stanje (4,8).

Eden ključnih elementov tega odziva je razvoj inzulinske rezistence, ki vodi v hiperglikemijo in zmanjšano izrabo glukoze v perifernih tkivih. Posledično se poveča razgradnja mišičnih beljakovin, kar vodi v izgubo mišične mase in zmanjšano funkcionalno sposobnost bolnika (4,9). To je še posebej pomembno pri ortopedskih bolnikih, kjer je mišična funkcija ključna za uspešno rehabilitacijo.

Vnetni odziv dodatno prispeva k poslabšanju stanja, saj sproščanje citokinov vpliva na imunski sistem in povečuje tveganje za okužbe. Hkrati pride do sprememb v koagulacijskem sistemu, kar poveča tveganje za tromboembolične zaplete (9,10).

Modifikacija telesnega odziva na poškodbo lahko izboljša izid kirurškega zdravljenja (8).

PREDOPERATIVNA PRIPRAVA BOLNIKA

Predoperativna priprava bolnika predstavlja enega temeljnih stebrov ERAS pristopa, saj omogoča optimizacijo bolnikovega fiziološkega in psihološkega stanja še pred

začetkom kirurškega zdravljenja. Namen teh ukrepov je zmanjšanje perioperativnega tveganja, modulacija kirurškega stresnega odziva ter ustvarjanje pogojev za hitrejše in varnejše okrevanje (4,5,6,8,11).

Ključni element predoperativne obravnave je sistematična ocena in optimizacija komorbidnosti. Bolniki, ki se odločajo za kolensko artroplastiko, so pogosto starejši in imajo pridružene kronične bolezni, kot so arterijska hipertenzija, sladkorna bolezen, kronična obstruktivna pljučna bolezen ali kardiovaskularna obolenja. Neustrezno urejene komorbidnosti so povezane z večjo pojavnostjo zapletov, daljšo hospitalizacijo in slabšimi funkcionalnimi rezultati, zato je njihova optimalna regulacija pred operacijo nujna (1,4,9,11).

Posebno pozornost zahteva predoperativna anemija, ki je pri ortopedskih bolnikih razmeroma pogosta in pogosto spregledana. Številne raziskave so pokazale, da je anemija povezana s povečano potrebo po transfuzijah, daljšo hospitalizacijo ter večjo smrtnostjo. Pravočasno prepoznavanje in zdravljenje anemije z oralnimi ali intravenskimi pripravki železa ter po potrebi z eritropoetinom lahko bistveno izboljša perioperativni izid (9). Ob tem je pomembno tudi zmanjševanje intraoperativne izgube krvi, kar predstavlja nadaljevanje predoperativne strategije.

Pomemben vidik priprave bolnika je tudi optimizacija življenjskega sloga. Kajenje dokazano negativno vpliva na celjenje ran, povečuje tveganje za okužbe ter vpliva na kardiopulmonalno funkcijo. Priporočeno je prenehanje kajenja vsaj štiri tedne pred operacijo, saj to pomembno zmanjša pojavnost zapletov (11). Podobno ima tudi prekomerno uživanje alkohola negativen vpliv na imunski sistem in celjenje tkiv, zato je priporočljivo njegovo zmanjšanje ali ukinitvev v predoperativnem obdobju (6).

Predoperativno je potrebno oceniti prehranski status bolnika. Podhranjenost ali neuravnotežena prehrana lahko negativno vplivata na celjenje ran in imunski odziv. Po drugi strani pa je tudi debelost povezana s povečanim tveganjem za zaplete, zlasti za okužbe in mehanske težave pri operaciji. Individualiziran pristop k prehranski optimizaciji, vključno z ustreznim vnosom beljakovin in mikrohranil, lahko pomembno prispeva k boljšemu izidu zdravljenja (1,5,6,11).

Pomemben premik v sodobni perioperativni medicini predstavlja tudi opustitev dolgotrajnega predoperativnega postenja. Tradicionalno je bilo bolnikom odsvetovano uživanje hrane in tekočin že več ur pred operacijo, kar pa povečuje presnovni stres in inzulinsko rezistenco. Sodobne smernice dovoljujejo uživanje bistrh tekočin do dve uri in lahke hrane do šest ur pred operacijo, kar izboljša bolnikovo počutje in zmanjša negativne presnovne učinke (1,6,7,11).

Edukacija bolnika je eden ključnih, a pogosto podcenjenih elementov predoperativne priprave. Bolniki, ki so ustrezno informirani o poteku operacije, pooperativni bolečini, pričakovani mobilizaciji in rehabilitaciji, izkazujejo manjšo stopnjo anksioznosti ter večjo stopnjo sodelovanja. To se neposredno odraža v hitrejši mobilizaciji, krajšem času hospitalizacije in boljšem zadovoljstvu z zdravljenjem (5,6,11). V sodobni praksi se zato vse pogosteje uporabljajo strukturirani edukacijski programi ali skupinske delavnice.

Vloga prehabilitacije, ki vključuje predoperativno fizično pripravo bolnika, ostaja predmet razprav. Nekatere raziskave kažejo, da lahko izboljša mišično moč in funkcionalno sposobnost pred operacijo, vendar njen vpliv na dolžino hospitalizacije in dolgoročne izide ni povsem jasen (12).

Kljub temu se zdi, da ima lahko pomembno vlogo pri izbranih bolnikih, zlasti tistih z zmanjšano funkcionalno sposobnostjo.

Predoperativna priprava ni omejena le na medicinske ukrepe, temveč vključuje tudi organizacijske in logistične vidike. Načrtovanje odpusta že pred operacijo, vključno z organizacijo pomoči na domu in rehabilitacije, omogoča bolj tekoč potek zdravljenja in zmanjšuje nepotrebno podaljševanje hospitalizacije.

V tabeli 1 so zbrani ključni ukrepi v okviru predoperativne priprave bolnika.

INTRAOPERATIVNI PRISTOPI

Intraoperativna faza predstavlja ključno obdobje perioperativne obravnave, saj neposredno vpliva na intenziteto kirurškega stresnega odziva, stopnjo pooperativne bolečine ter hitrost funkcionalnega okrevanja. V okviru ERAS in »fast-track« protokolov je cilj intraoperativnega vodenja zmanjšanje kirurške travme, optimizacija fiziološkega stanja bolnika ter ustvarjanje pogojev za čim hitrejšo mobilizacijo (2,5,6,11).

Izbira anestezije je bila tradicionalno pomemben dejavnik perioperativnega izida. Spinalna anestezija je bila dolgo časa preferirana zaradi domnevno nižje pojavnosti trombemboličnih zapletov, manjše izgube krvi in boljšega zgodnjega

Tabela 1: **Predoperativna priprava bolnika v okviru ERAS protokola**

Področje	Ključni ukrepi	Klinični cilj	Dokazi / viri
Ocena komorbidnosti	Kardiovaskularna, respiratorna, endokrinološka ocena	Zmanjšanje perioperativnega tveganja	Povezano z manj zapleti in krajšo hospitalizacijo (2,13)
Predoperativna anemija	Diagnostika (Hb, feritin), zdravljenje (Fe, EPO)	Zmanjšanje potrebe po transfuziji	Anemija povezana z več zapleti (9)
Prehranski status	Ocena prehranjenosti, optimizacija vnosa beljakovin	Boljše celjenje in imunski odziv	Podhranjenost ↑ zapleti, debelost ↑ tehnična zahtevnost (2,14)
Kajenje	Prenehanje ≥ 4 tedne pred operacijo	Zmanjšanje okužb in zapletov celjenja	Dokazano zmanjšanje zapletov (11)
Alkohol	Omejitev ali ukinitvev uživanja	Izboljšanje imunskega odziva	Povezan z več zapleti (6)
Edukacija bolnika	Individualno svetovanje ali skupinske delavnice	Zmanjšanje anksioznosti, boljše sodelovanje	Boljši funkcionalni izidi (5,6)
Predoperativno postenje	Tekočine do 2 h, hrana do 6 h pred operacijo	Zmanjšanje inzulinske rezistence	Boljše presnovno stanje (11)
Prehabilitacija	Vaje za moč, funkcionalni trening	Izboljšanje funkcionalnega statusa	Učinek variabilen, korist pri izbranih bolnikih (12)
Psihološka priprava	Identifikacija anksioznosti/depresije	Boljše okrevanje, manj kronične bolečine	Psihološki dejavniki vplivajo na izid (15)
Načrt odpusta	Organizacija pomoči doma, pripomočki	Skrajšanje hospitalizacije	Pomemben organizacijski dejavnik (5,11)

okrevanja. Vendar sodobne raziskave kažejo, da ob uporabi kratkodelujočih anestetikov in standardiziranih protokolov razlike med spinalno in splošno anestezijo niso klinično pomembne (13, 14). Ključnega pomena je predvsem individualizacija pristopa glede na bolnikove značilnosti ter zmanjšanje rezidualnih učinkov anestetikov, ki bi lahko upočasnili zgodnjo mobilizacijo.

Kirurška tehnika predstavlja enega najpomembnejših dejavnikov, ki vplivajo na zgodnji pooperativni potek. V zadnjih letih se vse bolj uveljavlja koncept minimalno invazivne kirurgije, ki temelji na zmanjšanju poškodb mehkih tkiv in ohranjanju funkcionalne integritete mišično-skeletnega sistema. Med sodobnimi pristopi ima pomembno mesto medialni subvastus pristop, ki omogoča dostop do kolenskega sklepa brez incizije kvadricepsove tetive. Ohranitev ekstenzornega mehanizma omogoča hitrejšo aktivacijo kvadricepsa, boljše zgodnjo stabilnost sklepa ter manjšo pooperativno bolečino v primerjavi s klasičnim medialnim parapatelarnim pristopom (16,17).

Klinične študije kažejo, da bolniki po subvastus pristopu dosegajo boljše zgodnje funkcionalne rezultate, zlasti v prvih tednih po operaciji, čeprav dolgoročne razlike med pristopi niso bistveno izražene (16,17). Kljub prednostim pa ima ta pristop tudi določene omejitve, predvsem tehnično zahtevnost in slabšo preglednost operativnega polja pri bolnikih z večjo telesno maso ali izrazitimi deformacijami kolena. Zato je izbira kirurškega pristopa pogosto individualizirana in odvisna od izkušenj kirurga.

Pomemben element intraoperativne strategije je tudi optimizacija analgezije. Multimodalni pristop k obvladovanju bolečine se začne že med operacijo. Lokalna infiltracijska analgezija (LIA) predstavlja

osnovo sodobne analgezije pri TKA, saj omogoča učinkovito lajšanje bolečine brez vpliva na mišično funkcijo (18). Obstajajo različne infiltracijske mešanice, najbolj pogosto pa se uporablja dolgo delujoči lokalni anestetik v kombinaciji z adrenalinom. Med operacijo jo sistematično v periartikularna mehka tkiva (sklepno ovojnico, retinakle, maščevje idr.) v kolenu infiltrira kirurg. V kombinaciji z drugimi tehnikami lahko pomembno zmanjša potrebo po opioidih.

V zadnjem času se vse bolj uveljavlja blok adduktornega kanala (ACB), ki selektivno blokira senzorične živčne strukture ob ohranjeni motorični funkciji kvadricepsa (19). Ta lastnost predstavlja ključno prednost pred femoralnim blokom, ki lahko povzroči mišično oslabelost in poveča tveganje za padce. V sodobnih »fast-track« protokolih se vse pogosteje uporablja intraoperativno, s strani kirurga apliciran ACB, ki se običajno pod direktno vizualizacijo izvede pred zaprtjem operativne rane (20). Klinični podatki kažejo, da kirurško apliciran ACB učinkovito zmanjša pooperativno bolečino in potrebo po opioidih, hkrati pa ohranja mišično funkcijo, kar omogoča zgodnjo in varno mobilizacijo bolnika (20). Kombinacija LIA in ACB se tako vse bolj uveljavlja kot optimalna strategija intraoperativne analgezije.

Kot dopolnilo multimodalni analgeziji predstavlja zelo učinkovito možnost dolgotrajnejšega zmanjšanja bolečine tudi predoperativna krionevroliza, minimalno invaziven postopek, pri katerem z uporabo nizkih temperatur (približno $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$) povzročimo reverzibilno poškodbo perifernih živcev. Mehanizem temelji na začasni prekinitvi prevajanja bolečinskih impulzov zaradi aksonske degeneracije ob ohranjeni strukturi vezivnega ovoja živca, kar omogoča spontano regeneracijo v nekaj tednih do mesecih. Postopek se

izvaja perkutano, običajno pod ultrazvočno orientacijo, pri čemer se s posebno sondo ciljno aplicira hlajenje na senzorične živce, najpogosteje na veje n. saphenus ali genikularne živce v področju kolena. Krionevroliza omogoča dolgotrajnejšo analgezijo brez vpliva na mišično funkcijo, kar je pomembna prednost v kontekstu »fast-track« protokolov. Klinični podatki kažejo, da lahko zmanjša pooperativno bolečino, potrebo po opioidih ter izboljša zgodnje funkcionalno okrevanje, vendar so za natančno opredelitev njene vloge potrebne dodatne raziskave (21).

Pomemben vidik intraoperativnega vodenja je tudi opuščanje rutinskih postopkov, ki niso podprti z dokazi. Uporaba kirurških drenov ne zmanjšuje tveganja za hematoma, lahko pa poveča izgubo krvi in potrebo po transfuzijah. Podobno rutinska uporaba urinskih katetrov povečuje tveganje za okužbe sečil, medtem ko lahko uporaba manšete na stegnu negativno vpliva na mišično funkcijo in poveča tveganje za tromboembolične zaplete (7). Zaradi teh razlogov se uporaba teh postopkov v sodobni praksi vse bolj opušta.

Nadzor telesne temperature bolnika predstavlja še en pomemben element intraoperativne obravnave. Hipotermija je povezana s povečanim tveganjem za okužbe, motnjami v koagulaciji in podaljšanim okrevanjem. Aktivno segrevanje bolnika z uporabo ogrethih infuzij, grelnih sistemov in nadzorom temperature operacijske sobe je zato standard sodobne perioperativne oskrbe (22).

Zmanjšanje intraoperativne izgube krvi je ključnega pomena za zmanjšanje potrebe po transfuzijah. Traneksamična kislina se je uveljavila kot učinkovito antifibrinolitično sredstvo, ki zmanjšuje izgubo krvi brez povečanja tveganja za tromboembolične zaplete (23). Uporablja

se lahko intravensko, intraartikularno ali v kombinaciji obeh pristopov, pri čemer so rezultati primerljivi ali celo boljši pri kombinirani uporabi.

Poleg tehničnih vidikov ima pomembno vlogo tudi celostno intraoperativno vodenje bolnika, ki vključuje nadzor tekočinskega ravnovesja, hemodinamsko stabilnost ter izogibanje prekomerni uporabi opioidov. Vsi ti ukrepi skupaj prispevajo k zmanjšanju kirurškega stresnega odziva in omogočajo hitrejši prehod v fazo pooperativnega okrevanja.

Celostni intraoperativni pristop, ki združuje optimalno anestezijo, minimalno invazivno kirurgijo, učinkovito analgezijo ter natančno perioperativno vodenje, predstavlja ključni element uspešne implementacije »fast-track« kolenske artroplastike.

POOPERATIVNA OBRAVNAVA

V obdobju pooperativne obravnave pride do izraza učinkovitost predoperativnih in intraoperativnih ukrepov v sklopu ERAS protokola. Cilj pooperativnega vodenja je omogočiti hitro in varno funkcionalno okrevanje bolnika ob hkratnem zmanjšanju zapletov, optimizaciji bolečine ter čimprejšnji vrnitvi v domače okolje (1,4,5,6,11).

Eden najpomembnejših elementov pooperativne obravnave je učinkovito obvladovanje bolečine. Multimodalna analgezija predstavlja standard sodobnega pristopa, saj omogoča sinergistično delovanje različnih analgetikov z različnimi mehanizmi delovanja. Kombinacija paracetamola, nesteroidnih antirevmatikov in COX-2 inhibitorjev omogoča učinkovito lajšanje bolečine ob zmanjšani uporabi opioidov, ki so povezani s številnimi neželenimi učinki, kot so slabost, bruhanje, sedacija in zaprtje (24). Zmanjšanje uporabe

opioidov je ključno, saj njihovi stranski učinki neposredno vplivajo na zmožnost zgodnje mobilizacije in podaljšujejo hospitalizacijo.

Zgodnja mobilizacija je eden najpomembnejših elementov »fast-track« pristopa. Optimalna mobilizacija bolnikov je že nekaj ur po operaciji, ko je učinkovitost lokalne infiltracijske analgezije in bloka adduktornega kanala največja. Zgodnja mobilizacija zmanjšuje tveganje za trombembolične zaplete, izboljšuje pljučno funkcijo ter pospešuje obnovo mišične moči in funkcionalne sposobnosti (25). Poleg fizioloških koristi ima pomemben vpliv tudi na psihološko stanje bolnika, saj povečuje samozavest in občutek nadzora nad okrevanjem.

Kljub temu se lahko pri zgodnji mobilizaciji pojavijo določene omejitve, kot je ortostatska hipotenzija, ki se kaže kot omotica, slabost ali padec krvnega tlaka ob vstajanju. Ta pojav je posledica kompleksnih hemodinamskih sprememb po operaciji in lahko začasno omeji mobilizacijo. Njeno obvladovanje vključuje ustrezno hidracijo, postopno mobilizacijo in prilagoditev analgezije (26).

Pomemben element pooperativne obravnave je tudi zgodnja uvedba oralne prehrane. Tradicionalni pristopi so pogosto odlašali z vnosom hrane, vendar sodobni dokazi kažejo, da zgodnja prehrana zmanjšuje katabolizem, podpira regeneracijo tkiv in izboljšuje splošno počutje bolnika (1,4,5,6,11). Hkrati se priporoča omejevanje intravenske tekočinske terapije, saj prekomerna hidracija lahko vodi v zaplete, kot so edemi in motnje elektrolitskega ravnovesja.

Preprečevanje trombemboličnih zapletov ostaja pomemben del pooperativne obravnave. Zgodnja mobilizacija

predstavlja osnovni ukrep, ki ga dopolnjuje farmakološka tromboprofilaksa. Sodobni podatki kažejo, da je pri bolnikih, obravnavanih po »fast-track« protokolih, tveganje za trombembolične zaplete relativno nizko, zato je trajanje tromboprofilakse pogosto omejeno na obdobje hospitalizacije (10,27). Kljub temu je odločitev o trajanju profilakse individualizirana glede na bolnikove dejavnike tveganja, v Sloveniji tradicionalno zaenkrat še vedno traja običajno 1 mesec.

Pomemben vidik pooperativne obravnave je tudi preprečevanje slabosti in bruhanja, ki lahko pomembno vplivata na bolnikovo sposobnost hranjenja, mobilizacije in splošno počutje. Multimodalni pristop, ki vključuje uporabo antiemetikov in zmanjšanje uporabe opioidov, se je izkazal kot učinkovit (1,28).

Organizacija pooperativne oskrbe vključuje tudi načrtovanje odpusta že v zgodnji fazi hospitalizacije. Jasno opredeljeni cilji, redno spremljanje napredka in dobra komunikacija med zdravstvenim osebjem omogočajo pravočasno prepoznavanje morebitnih težav ter njihovo hitro reševanje.

DOLŽINA HOSPITALIZACIJE IN ODPUST

Z uvedbo »fast-track« protokolov se je dolžina hospitalizacije po kolenski artroplastiki bistveno skrajšala. Medtem ko je bila še pred dvema desetletjema povprečna hospitalizacija daljša od 10 dni, danes v številnih centrih znaša le 1–3 dni, v izbranih primerih pa je možna celo odpustitev na dan operacije (5,29). Ta premik ne odraža zgolj organizacijskih sprememb, temveč predvsem izboljšanje perioperativne obravnave bolnikov. V SB Novo mesto je večina bolnikov odpuščenih 2. dan po operaciji, vse več pacientov pa že prvi pooperativni dan.

Ključni koncept »fast-track« pristopa je odmik od časovno določenega odpusta k funkcionalno usmerjenemu odločanju. Odpust ni več odvisen od vnaprej določenega števila dni, temveč od doseganja jasno opredeljenih kliničnih in funkcionalnih kriterijev. Ti vključujejo stabilno hemodinamsko stanje, ustrezno obvladovanje bolečine z oralno terapijo, sposobnost samostojnega vstajanja in hoje s pripomočki ter osnovno samostojnost pri vsakodnevnih aktivnostih. Pomembna je tudi bolnikova samozavest pri gibanju in razumevanje nadaljnje rehabilitacije.

Eden glavnih dejavnikov, ki vplivajo na dolžino hospitalizacije, je učinkovito obvladovanje bolečine. Neustrezna analgezija lahko vodi v odlašanje z mobilizacijo, kar neposredno podaljšuje hospitalizacijo. Podobno velja za ortostatsko hipotenzijo ki se lahko pojavi po operaciji in bolnikom otežuje zgodnje vstajanje. Čeprav je ta pojav pogosteje opisan pri kolčni artroplastiki, ima pomembno vlogo tudi pri bolnikih po vstavitvi kolenske endoproteze.

Pomemben vpliv imajo tudi organizacijski in logistični dejavniki. Pravočasna priprava na odpust, vključno z organizacijo pomoči na domu, dostopom do fizioterapije in ustreznimi pripomočki za hojo, lahko bistveno skrajša čas hospitalizacije. Nasprotno pa pomanjkljiva organizacija pogosto predstavlja enega glavnih razlogov za podaljšano bivanje v bolnišnici, tudi pri sicer klinično stabilnih bolnikih.

Psihološki dejavniki prav tako igrajo pomembno vlogo. Bolniki, ki so dobro informirani in pripravljeni na potek okrevanja, običajno hitreje dosežejo kriterije za odpust. Strah pred bolečino ali padci lahko upočasni mobilizacijo in s tem podaljša hospitalizacijo, zato je ustrezna edukacija ključnega pomena že v

predoperativnem obdobju (5,6,11,29). V zadnjih letih se vse več pozornosti namenja tudi varnosti zgodnjega odpusta. Študije kažejo, da skrajšana hospitalizacija ob ustrezno izvedenem »fast-track« protokolu ni povezana s povečano stopnjo zapletov ali ponovnih hospitalizacij. Ključno pa je dosledno upoštevanje kriterijev za odpust ter zagotovitev ustreznega nadzora in podpore po odpustu (29).

Razvoj ambulantne oziroma enodnevnice artroplastike predstavlja logično nadaljevanje tega trenda. Čeprav so rezultati obetavni, ostaja tak pristop primeren le za skrbno izbrane bolnike z nizkim tveganjem in dobro socialno podporo. Njegova širša implementacija bo zahtevala nadaljnjo optimizacijo protokolov in organizacije zdravstvene oskrbe, zelo pomembno je sodelovanje z družinskimi zdravniki in patronažno službo.

ZAPLETI IN NJIHOVO PREPREČEVANJE

Kljub pomembnemu napredku, ki ga je prinesla uvedba ERAS in »fast-track« protokolov, zapleti po kolenski artroplastiki ostajajo klinično pomemben izziv. Njihova pojavnost se je sicer zmanjšala, vendar ne popolnoma odpravila, zato je razumevanje dejavnikov tveganja in učinkovito preprečevanje ključnega pomena za optimalen izid zdravljenja (4,11).

Zaplete lahko v grobem razdelimo na zgodnje in pozne ter na lokalne in sistemske. Med najpogostejšimi zgodnjimi zapleti so trombombolični dogodki, okužbe operativnega področja, pooperativna anemija ter težave z obvladovanjem bolečine. Pomembni sistemski zapleti vključujejo tudi kardiovaskularne dogodke, respiratorne zaplete in motnje tekočinskega ravnovesja (9,10).

Trombembolični zapleti, kot sta globoka venska tromboza in pljučna embolija, predstavljajo enega najresnejših potencialnih zapletov po TKA. Njihova pojavnost se je z uvedbo zgodnje mobilizacije bistveno zmanjšala, saj zgodnja aktivacija mišične črpalke spodnjih okončin pomembno vpliva na venski pretok (10,25). Farmakološka tromboprolifaksa dodatno zmanjša tveganje, vendar mora biti njena uporaba prilagojena individualnemu tveganju bolnika, saj lahko poveča tveganje za krvavitve (10,27).

Okužbe operativnega področja predstavljajo enega najtežjih zapletov, saj lahko vodijo v revizijske operacije in dolgotrajno zdravljenje. Glavni dejavniki tveganja vključujejo sladkorno bolezen, debelost, kajenje in podhranjenost. Preventivni ukrepi vključujejo perioperativno antibiotično profilakso, ustrezno kirurško tehniko, nadzor glikemije ter vzdrževanje normotermije (4,22). Zmanjšanje kirurške travme in skrajšanje operativnega časa prav tako prispevata k zmanjšanju tveganja za okužbe.

Pooperativna anemija je pogost zaplet, ki lahko negativno vpliva na funkcionalno okrevanje. Zmanjšanje intraoperativne izgube krvi z uporabo traneksamične kisline ter ustrezna predoperativna obravnava anemije predstavljata ključna ukrepa za njeno preprečevanje (22,23). Transfuzije krvi, čeprav včasih nujne, so povezane z večjim tveganjem za zaplete, zato se njihova uporaba v sodobni praksi zmanjšuje. Obvladovanje bolečine predstavlja pomemben dejavnik preprečevanja zapletov. Neustrezna analgezija lahko vodi v zmanjšano mobilizacijo, kar povečuje tveganje za trombozo, pljučne zaplete in podaljšano hospitalizacijo. Multimodalna analgezija, ki zmanjšuje potrebo po opioidih, pomembno prispeva k izboljšanju izidov (28).

Pomemben, a pogosto spregledan dejavnik tveganja so psihološki in psihiatrični dejavniki. Raziskave kažejo, da imajo bolniki z anksioznostjo, depresijo ali drugimi psihiatričnimi motnjami večjo verjetnost za podaljšano hospitalizacijo, slabše funkcionalne rezultate in večjo pojavnost kronične bolečine (15). Ustrezna prepoznavna in obravnava teh dejavnikov je zato pomemben del celostne oskrbe bolnika.

Kardiovaskularni in respiratorni zapleti so sicer redkejši, vendar lahko predstavljajo pomembno tveganje, zlasti pri starejših bolnikih ali bolnikih z več komorbidnostmi. Njihovo preprečevanje vključuje ustrezno predoperativno oceno, optimizacijo bolnika ter zgodnjo mobilizacijo (11, 13).

Sodobni »fast-track« pristop temelji na proaktivnem preprečevanju zapletov z uporabo standardiziranih protokolov, ki vključujejo vse faze perioperativne obravnave. Tak pristop omogoča zmanjšanje variabilnosti v oskrbi ter izboljšanje kliničnih izidov.

V tabeli 2 so zbrani najpogostejši zapleti po kolenski artroplastiki s ključnimi dejavniki tveganja in priporočili za preprečevanje oz. zgodnje ukrepanje.

EKONOMSKI VIDIKI

Z ekonomskega vidika predstavlja uvedba ERAS in »fast-track« protokolov enega najpomembnejših dosežkov sodobne kirurgije. Povečevanje števila ortopedskih posegov, zlasti kolenskih endoprotez, predstavlja pomembno breme za zdravstvene sisteme, zato je optimizacija stroškov ob ohranjeni kakovosti oskrbe ključnega pomena (36).

Največji neposredni učinek ERAS pristopa je skrajšanje dolžine hospitalizacije, ki

Tabela 2: **Najpogostejši zapleti po kolenski artroplastiki**

Zaplet	Ocenjena pogostost	Ključni dejavniki tveganja	Preprečevanje/zgodnje ukrepanje	Predlagan vir
Periprotetična okužba sklepa (PJI)	približno 1 % po primarni TKA; v večini serij približno 0,5-2 %	sladkorna bolezen, debelost, kajenje, daljši operativni čas, imunosupresija, predhodne intraartikularne injekcije	antibiotična profilaksa, optimizacija glikemije, krajšanje operativnega časa, normotermija, skrbna kirurška tehnika	Ma et al. (30)
Simptomatski venski tromboembolični zapleti (GVT/PE)	v »fast-track« kohortah približno 0,3-1 %	predhodna GVT/PE, rak, trombofilija, nepokretnost, starost, debelost	zgodnja mobilizacija, individualizirana farmakološka tromboprofilaksa, zogibanje nepotrebnih imobilizacij	Jørgensen et al. (27) Husted et al. (31)
Pooperativna togost / artrofibroza	približno 3-10 % (odvisno od definicije in populacije)	omejena gibljivost pred operacijo, neustrezna analgezija, zakasnjena mobilizacija, kirurški dejavniki, individualna biološka nagnjenost k brazgotinjenju	zgodnja mobilizacija, učinkovita multimodalna analgezija, zgodnja fizioterapija, pravočasna manipulacija pod anestezijo (MUA) ali artroliza pri izbranih bolnikih	Yercan et al. (32) Ramos et al. (33)
Kronična pooperativna bolečina	približno 10-34 % po TKA; novejši pregled ocenjuje približno 12-15 % dolgotrajne bolečine do 2 leti	intenzivna predoperativna bolečina, katastrofiziranje bolečine, anksioznost/depresija, predoperativna uporaba opioidov, slabši funkcionalni status	dobra predoperativna edukacija, psihološko prepoznavanje rizičnih bolnikov, multimodalna analgezija, zgodnja rehabilitacija, omejevanje opioidov	Beswick et al. (15) Cheng et al. (34)
Pooperativna anemija / potreba po transfuziji	zelo odvisno od protokola; z rutinsko uporabo TXA bistveno manjša kot v starejših serijah (iz 5-20 % na <5% z TXA)	predoperativna anemija, večja izguba krvi, neuporaba TXA, antikoagulantna terapija	predoperativna diagnostika in korekcija anemije, traneksamična kislina, restriktivna transfuzijska strategija	Nielsen et al (23)
Smrtnost v zgodnjem pooperativnem obdobju	nizka; običajno <0,5 % v sodobnih elektivnih kohortah, odvisno od starosti in komorbidnosti	starost, kardiopulmonalne bolezni, anemija, perioperativni zapleti	predoperativna optimizacija, zgodnje odkrivanje internističnih zapletov, fast-track nadzor rizičnih bolnikov	Fast-track kohorte poročajo nizko smrtnost; interpretacija mora ločiti medicinske, kirurške in neoperativne vzroke

Zaplet	Ocenjena pogostost	Ključni dejavniki tveganja	Preprečevanje/zgodnje ukrepanje	Predlagan vir
Ortostatska hipotenzija / intoleranca	približno 20–40 % v zgodnjem pooperativnem obdobju (simptomi pri mobilizaciji)	hipovolemija, vazodilatacija, uporaba opioidov, spinalna anestezija, starost	postopna mobilizacija, ustrezna hidracija, optimizacija analgezije (zmanjšanje opioidov), nadzor vitalnih funkcij	Jans et al. (26)
Kardiovaskularni zapleti (npr. srčni infarkt, aritmije)	približno 0,5–2 % pri elektivni TKA	starost, koronarna bolezen, srčno popuščanje, diabetes, anemija	predoperativna optimizacija, hemodinamski nadzor, zgodnja mobilizacija, nadzor Hb	Belmont et al. (36)
Psihološki zapleti (anksioznost, depresija, katastrofiziranje)	vpliv na izid pri približno 10–30 % bolnikov	predhodna depresija/anksioznost, kronična bolečina, nizka pričakovanja	predoperativna edukacija, prepoznava rizičnih bolnikov, multidisciplinarni pristop	Beswick et al. (15)

predstavlja enega glavnih stroškovnih dejavnikov pri kirurškem zdravljenju. Z zmanjšanjem povprečnega bivanja v bolnišnici se bistveno zmanjšajo stroški hospitalizacije, obenem pa se poveča pretočnost bolnikov in učinkovitost uporabe bolnišničnih kapacitet (5,36).

Poleg neposrednih stroškov ima ERAS pomemben vpliv tudi na posredne stroške. Hitrejše okrevanje omogoča bolnikom hitrejšo vrnitev v delovno okolje in vsakodnevne aktivnosti, kar zmanjšuje ekonomsko breme na ravni družbe. Prav tako zmanjšanje zapletov vodi v manjšo potrebo po dodatnih posegih, ponovnih hospitalizacijah in dolgotrajni rehabilitaciji (5,36).

Pomembno pa je poudariti, da uvedba ERAS protokolov zahteva začetne investicije, predvsem v izobraževanje kadra, organizacijo procesov in prilagoditev kliničnih poti. Kljub temu številne študije kažejo, da so ti stroški kratkoročni in se hitro povrnejo zaradi izboljšane učinkovitosti sistema (5).

POGLED V PRIHODNOST

Kljub pomembnemu napredku, ki ga je prinesla uvedba ERAS in »fast-track« protokolov, ostajajo številni izzivi, ki zahtevajo nadaljnje raziskave in razvoj. Eden najpomembnejših problemov je pojav kronične pooperativne bolečine, ki prizadene do 20 % bolnikov po totalni kolenski artroplastiki (15). Mehanizmi nastanka te bolečine so kompleksni in vključujejo kombinacijo periferne in centralne senzibilizacije, psiholoških dejavnikov ter individualne bolečinske občutljivosti.

Poleg bolečine ostaja pomemben izziv tudi izguba mišične funkcije, zlasti kvadricepsa, ki se lahko po operaciji zmanjša tudi za več kot polovico (37). Ta pojav ni v celoti pojasnjen, vendar naj bi bil povezan z refleksno inhibicijo mišic, vnetnim odzivom in bolečino. Razumevanje teh mehanizmov bi lahko omogočilo razvoj bolj ciljno usmerjenih rehabilitacijskih pristopov.

V prihodnje se pričakuje tudi večja individualizacija zdravljenja. Trenutni ERAS

protokoli so standardizirani, vendar se bolniki med seboj pomembno razlikujejo glede na starost, komorbidnosti, psihološki profil in funkcionalno stanje. Razvoj personaliziranih protokolov, ki bi upoštevali te razlike, bi lahko dodatno izboljšali rezultate.

Razvoj ambulantne oziroma enodnevne artroplastike predstavlja še en pomemben korak v prihodnosti. Čeprav so rezultati obetavni, ostajajo odprta vprašanja glede varnosti, selekcije bolnikov in organizacije oskrbe (29). Vpeljava takšnega modela zahteva visoko stopnjo koordinacije med bolnišnico in primarnim zdravstvenim sistemom.

ZAKLJUČEK

Kirurgija s pospešenim okrevanjem in »fast-track« kolenska artroplastika predstavlja enega najpomembnejših napredkov v sodobni ortopedski kirurgiji. Z integracijo multimodalnih, na dokazih temelječih ukrepov omogočata zmanjšanje kirurškega stresa, skrajšanje hospitalizacije ter izboljšanje funkcionalnih izidov, ob hkratnem ohranjanju visoke stopnje varnosti bolnikov.

Ključ do uspeha teh protokolov je njihova celostna narava, saj vključujejo vse faze perioperativne obravnave – od predoperativne priprave do pooperativne rehabilitacije. Pomembno vlogo ima interdisciplinarno sodelovanje med različnimi strokami, vključno z ortopedi, anesteziologi, negovalnim osebjem, fizioterapevti in administracijo. Prav tako je bistvenega pomena aktivna vloga bolnika, ki s svojim sodelovanjem pomembno vpliva na izid zdravljenja.

Kljub številnim prednostim ostajajo odprta vprašanja, zlasti na področju kronične bolečine, mišične disfunkcije in individualizacije zdravljenja. Nadaljnje raziskave bodo usmerjene v boljše razumevanje teh procesov ter razvoj novih pristopov, ki bodo omogočili še boljše rezultate.

V prihodnje bo pomen ERAS protokolov verjetno še naraščal, saj se bodo zdravstveni sistemi soočali z vedno večjimi zahtevami po učinkoviti in kakovostni oskrbi. Njihova uspešna implementacija bo ključna za zagotavljanje trajnostnega razvoja zdravstvenih storitev ter izboljšanje kakovosti življenja bolnikov.

Literatura

1. Kehlet H. Multimodal approach to control postoperative pathophysiology and rehabilitation. *Br J Anaesth*. 1997 May;78(5):606-17.
2. Kehlet H, Wilmore DW. Evidence-based surgical care and the evolution of fast-track surgery. *Ann Surg*. 2008 Aug;248(2):189-98.
3. Kehlet H. Fast-track colorectal surgery. *Lancet*. 2008 Mar 8;371(9615):791-3.
4. Kehlet H, Dahl JB. Anaesthesia, surgery, and challenges in postoperative recovery. *Lancet*. 2003 Dec 6;362(9399):1921-8.
5. Husted H. Fast-track hip and knee arthroplasty: clinical and organizational aspects. *Acta Orthop Suppl*. 2012 Oct;83(346):1-39.
6. Rollins KE, Lobo DN, Joshi GP. Enhanced recovery after surgery: Current status and future progress. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*. 2021 Dec;35(4):479-489.
7. Husted H, Gromov K, Malchau H, Freiberg A, Gebuhr P, Troelsen A. Traditions and myths in hip and knee arthroplasty. *Acta Orthop*. 2014 Dec;85(6):548-55.
8. Kehlet H. Surgical stress: the role of pain and analgesia. *Br J Anaesth*. 1989 Aug;63(2):189-95.
9. Muñoz M, Acheson AG, Auerbach M, Besser M, Habler O, Kehlet H, Liembruno GM, Lasocki S, Meybohm P, Rao Baikady R, Richards T, Shander A, So-Osman C, Spahn DR, Klein AA. International consensus statement on the peri-operative management of anaemia and iron deficiency. *Anaesthesia*. 2017 Feb;72(2):233-247.
10. Petersen PB, Jørgensen CC, Kehlet H; Lundbeck Foundation Centre for Fast-track Hip Knee Replacement Collaborative Group. Venous Thromboembolism despite Ongoing Prophylaxis after Fast-Track Hip and Knee Arthroplasty: A Prospective Multicenter Study of 34,397 Procedures. *Thromb Haemost*. 2019 Nov;119(11):1877-1885.
11. Joshi GP, Kehlet H. Enhanced Recovery Pathways: Looking Into the Future. *Anesth Analg*. 2019 Jan;128(1):5-7.
12. Konnyu KJ, Thoma LM, Cao W, Aaron RK, Panagiotou OA, Bhuma MR, Adam GP, Pinto D, Balk EM. Prehabilitation for Total Knee or Total Hip Arthroplasty: A Systematic Review. *Am J Phys Med Rehabil*. 2023 Jan 1;102(1):1-10.
13. Pugely AJ, Martin CT, Gao Y, Mendoza-Lattes S, Callaghan JJ. Differences in short-term complications between spinal and general anesthesia for primary total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am*. 2013 Feb 6;95(3):193-9.
14. Harsten A, Kehlet H, Toksvig-Larsen S. Recovery after total intravenous general anaesthesia or spinal anaesthesia for total knee arthroplasty: a randomized trial. *Br J Anaesth*. 2013 Sep;111(3):391-9.
15. Beswick AD, Wylde V, Gooberman-Hill R, Blom A, Dieppe P. What proportion of patients report long-term pain after total hip or knee replacement for osteoarthritis? A systematic review of prospective studies in unselected patients. *BMJ Open*. 2012 Feb 22;2(1):e000435.
16. Teng Y, Du W, Jiang J, Gao X, Pan S, Wang J, An L, Ma J, Xia Y. Subvastus versus medial parapatellar approach in total knee arthroplasty: meta-analysis. *Orthopedics*. 2012 Dec;35(12):e1722-31.
17. Migliorini F, Eschweiler J, Baroncini A, Tingart M, Maffulli N. Better outcomes after minimally invasive surgeries compared to the standard invasive medial parapatellar approach for total knee arthroplasty: a meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2021 Nov;29(11):3608-3620.
18. Andersen LØ, Kehlet H. Analgesic efficacy of local infiltration analgesia in hip and knee arthroplasty: a systematic review. *Br J Anaesth*. 2014 Sep;113(3):360-74.
19. Agarwal N, Kay R, Duckworth AD, Clement ND, Griffith DM. Adductor canal block in total knee arthroplasty: a scoping review of the literature. *BJA Open*. 2025 Mar 18;14:100381.
20. Samuel LT, Pekas DR, Mahoney WA, Stack Hankey M, Adrados M, Moskal JT. Intraoperative Surgeon-Administered Adductor Canal Block Is a Safe Alternative to Preoperative Anesthesiologist-Administered Adductor Canal Block

- in Primary Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2024 Aug;39(8S1):S120-S124.
21. Mirt PK. Efficacy of Pre-operative Cryoneurolysis for Reducing Pain and Opioid Use in Patients Undergoing Knee Arthroplasty: A Systematic Review. *Open Access Maced J Med Sci*. 2025 Mar;13(1):7-13.
 22. National Institute for Health and Care Excellence (NICE). Hypothermia: Prevention and management in adults having surgery. London: NICE guideline. 2016 Dec.
 23. Nielsen CS, Jans Ø, Ørsnes T, Foss NB, Troelsen A, Husted H. Combined Intra-Articular and Intravenous Tranexamic Acid Reduces Blood Loss in Total Knee Arthroplasty: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. *J Bone Joint Surg Am*. 2016 May 18;98(10):835-41.
 24. Ong CK, Lirk P, Seymour RA, Jenkins BJ. The efficacy of preemptive analgesia for acute postoperative pain management: a meta-analysis. *Anesth Analg*. 2005 Mar;100(3):757-773.
 25. Skoffer B, Dalgas U, Mechlenburg I. Progressive resistance training before and after total hip and knee arthroplasty: a systematic review. *Clin Rehabil*. 2015 Jan;29(1):14-29.
 26. Jans Ø, Bundgaard-Nielsen M, Solgaard S, Johansson PI, Kehlet H. Orthostatic intolerance during early mobilization after fast-track hip arthroplasty. *Br J Anaesth*. 2012 Mar;108(3):436-43.
 27. Jørgensen CC, Jacobsen MK, Soeballe K, Hansen TB, Husted H, Kjærsgaard-Andersen P, Hansen LT, Laursen MB, Kehlet H. Thromboprophylaxis only during hospitalisation in fast-track hip and knee arthroplasty, a prospective cohort study. *BMJ Open*. 2013 Dec 10;3(12):e003965.
 28. Li JW, Ma YS, Xiao LK. Postoperative Pain Management in Total Knee Arthroplasty. *Orthop Surg*. 2019 Oct;11(5):755-761.
 29. Gromov K, Kjærsgaard-Andersen P, Revald P, Kehlet H, Husted H. Feasibility of outpatient total hip and knee arthroplasty in unselected patients. *Acta Orthop*. 2017 Oct;88(5):516-521.
 30. Ma T, Jiao J, Guo DW, Lv SZ, Zhang D, Hou DC. Incidence of periprosthetic joint infection after primary total knee arthroplasty shows significant variation : a synthesis of meta-analysis and bibliometric analysis. *J Orthop Surg Res*. 2024 Oct 12;19(1):649.
 31. Husted H, Otte KS, Kristensen BB, Ørsnes T, Wong C, Kehlet H. Low risk of thromboembolic complications after fast-track hip and knee arthroplasty. *Acta Orthop*. 2010 Oct;81(5):599-605.
 32. Yercan HS, Sugun TS, Bussiere C, Ait Si Selmi T, Davies A, Neyret P. Stiffness after total knee arthroplasty: prevalence, management and outcomes. *Knee*. 2006 Mar;13(2):111-7.
 33. Ramos MS, Pasqualini I, Surace PA, Molloy RM, Deren ME, Piuze NS. Arthrofibrosis After Total Knee Arthroplasty: A Critical Analysis Review. *JBJS Rev*. 2023 Dec 11;11(12):e23.00140.
 34. Cheng HY, Beswick AD, Bertram W, Siddiqui MA, Gooberman-Hill R, Whitehouse MR, Wyld V. What proportion of people have long-term pain after total hip or knee replacement? An update of a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open*. 2025 May 21;15(5):e088975.
 35. Belmont PJ Jr, Goodman GP, Waterman BR, Bader JO, Schoenfeld AJ. Thirty-day postoperative complications and mortality following total knee arthroplasty: incidence and risk factors among a national sample of 15,321 patients. *J Bone Joint Surg Am*. 2014 Jan 1;96(1):20-6.
 36. Andreasen SE, Holm HB, Jørgensen M, Gromov K, Kjærsgaard-Andersen P, Husted H. Time-driven Activity-based Cost of Fast-Track Total Hip and Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2017 Jun;32(6):1747-1755.
 37. Holm B, Kristensen MT, Bencke J, Husted H, Kehlet H, Bandholm T. Loss of knee-extension strength is related to knee swelling after total knee arthroplasty. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010 Nov;91(11):1770-6.

5.

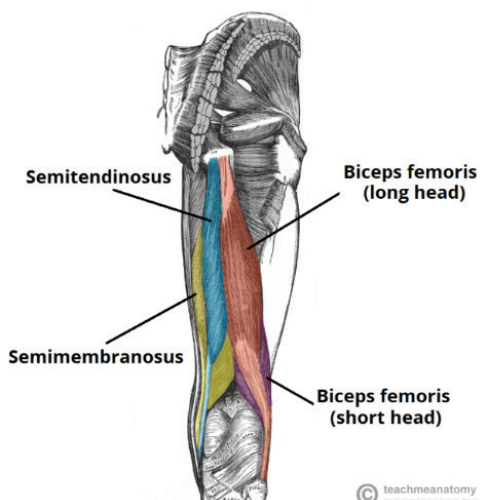
POŠKODBE ZADNJIH STEGENSKIH MIŠIC (HAMSTRINGI)

asist. dr. Domen Stropnik, spec. ortopedske kirurgije
Medicinski center ARTROS

Poškodba zadnjih stegenških mišic je ena najpogostejših poškodb med športniki in aktivnimi posamezniki. Pogosto se pojavlja pri aktivnostih, ki vključujejo tek pri visoki hitrosti in pretirano raztezanje zadnje stegenške lože. Pojavnost poškodb je dobro raziskana pri profesionalnih nogometaših. Mišične poškodbe predstavljajo 31 % vseh poškodb med profesionalnimi nogometaši, kjer je najpogosteje prisotna prav poškodba zadnje stegenške lože (37 %)¹. Poškodba se kaže kot bolečina v zadnjem delu stegna, občasno ob poškodbi pacienti slišijo tudi pok, ki se pogosteje pojavi pri poškodbi proksimalne tetive. Proksimalne poškodbe so praviloma hujše narave, povezane s podaljšanim potekom in večjo pojavnostjo zapletov² ter se pogosteje pojavljajo pri pacientih v srednjih letih³. Na drugi strani so poškodbe mišic pogostejše pri mlajših športnikih. Kljub temu, da so v prvi fazi lažje v primerjavi s proksimalnimi poškodbami je pri poškodbah mišic prisotno povečano tveganje za ponovitev⁴.

ANATOMIJA

Zadnje stegenške mišice (hamstringi) sestavljajo tri mišice: semitendinosus (ST), semimembranosus (SM) na medialni strani in biceps femoris (BF) na lateralni strani. Izvirajo iz tuber ishiadicum in potekajo po zadnji strani stegna čez kolčni in kolenski sklep ter se distalno naraščajo na proksimalni del golenice. Proksimalna dolga glava bicepsa in semitendinosus tvorita aponevrozo, ki se širi distalno od proksimalnega narastišča, zato sta ti tetivi pogosto poškodovani skupaj⁵.



MEHANIZEM POŠKODBE

Mehanizem poškodbe je pomemben prognostični dejavnik za ustrezno rehabilitacijo in povrnitev k športnim aktivnostim.

Poškodbe razdelimo na dve vrsti:

- **Tip 1:** Nastane med tekom in šprintom ob maksimalni ekcentrični kontrakciji in elongaciji dolge glave biceps femoris. Poškodba zavzema mišično-tetivni spoj ali aponevrozo.
- **Tip 2:** Nastane ob pretiranem raztegu hamstringov ob pokrčenem kolku in iztegnjenem kolenu. Ponavadi zavzema mišico semimembranosusa in njeno proksimalno tetivo⁶.

Dejavniki tveganja

Najpomembnejši dejavniki tveganja za poškodbo hamstringov so moški spol, starost in prejšnja ipsilateralna poškodba mišice⁷. Ostali spremenljivi dejavniki tveganja za poškodbo so spremenjena dolžina mišice, zmanjšana mišična fleksibilnost, mišično neravnovesje, šibkost stabilizatorjev trupa, nezadostno ogrevanje, prevelika količina treninga, povečan nagib medenice, utrujenost^{5,8,9}.

Diagnosticiranje in klasifikacija poškodb

Ocena, diagnosticiranje in prognosticiranje poškodbe hamstringov je zahtevno in zahteva multidisciplinaren pristop. V prvi fazi je potreben natančen klinični pregled za oceno lokacije, stopnje poškodbe, bolečine, mišične moči in gibljivosti priležnega sklepa. Ob palpaciji mišice lahko ocenimo bolečino in morebiten defekt. Za natančno oceno stopnje poškodbe je potrebna nadaljnja diagnostična obravnava z magnetno resonanco ali ultrazvokom. V uporabi je več

različnih klasifikacijskih sistemov za oceno stopnje poškodbe (British Athletics Muscle Injury Classification - BAMIC, Munich Muscle Injury Classification), ki nam glede na območje krvavitve in edema mišice, dolžino ter površino poškodovanih vlaken pomagajo pri oceni povratka k polnim aktivnostim^{10,11}.

Najpogosteje se uporablja BAMIC klasifikacija za oceno stopnje poškodbe mišic na magnetni resonanci (MR):

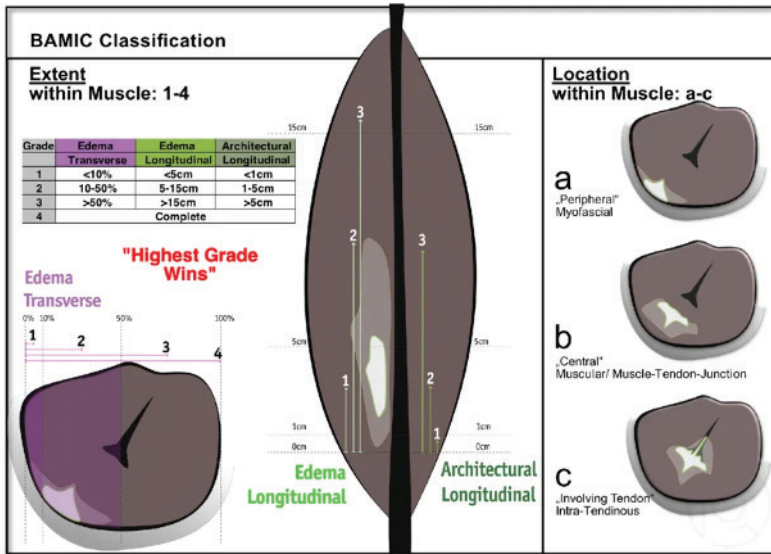
- **stopnja 0**
 - fokalna nevromuskularna poškodba z normalnim MR
 - generalizirana mišična bolečina z normalnim MR ali najdbami DOMS (Delayed Onset Muscle Soreness)
- **stopnja 1** (blaga poškodba): povišan STIR signal <10 % preseka mišice ali <5 cm v dolžini z <1 cm prekinitvijo mišičnih vlaken
- **stopnja 2** (zmerna poškodba): povišan STIR signal 10-50 % preseka mišice; dolžine 5-15 cm z <5 cm prekinitvijo mišičnih vlaken
- **stopnja 3** (huda poškodba): povišan STIR signal >50 % preseka; dolžine >15 cm; >5 cm prekinitve vlaken.

Stopnje 1-3 razdelimo glede na mesto poškodbe:

- a: miofascialno (periferno)
- b: miotendinozni stik / mišično
- c: tendinozno.

Za stopnjo poškodbe 4 (popolna poškodba) obstajata dva razreda poškodb:

- **stopnja 4a:** miofascialno, mišično ali miotendinozno
- **stopnja 4c:** tendinozno.



ZDRAVLJENJE

Poškodbe proksimalnega dela mišice, tetive ali avulzijo tetive iz narastišča praviloma zdravimo operativno¹². Neoperativno zdravljenje proksimalnih poškodb lahko povzroči večje deficite v mišični moči in nižje funkcionalne izide¹³.

V primeru popolne mišične poškodbe se odločimo za operativno terapijo, sicer je zdravljenje delnih mišičnih poškodb praviloma neoperativno. Zdravljenje sledi poteku bioloških procesov v poškodovani mišici in je odvisno od tipa poškodbe, lokacije, stopnje poškodbe in preteklih poškodb. Miofascialne poškodbe se zacelijo v 3 tednih, poškodbe mišično-tetivnega spoja v 4-8 tednih, intratendinozne poškodbe v 2-4 mesecih. Rehabilitacijski protokol je zato potrebno individualno prilagoditi⁵.

Faza 1 (2-7 dni po poškodbi)

Ob poškodbi pride do nekroze mišičnih vlaken in krvavitve v poškodovan del mišice. Nekrotizirane dele mišice odstranijo makrofagi. Istočasno se v centralnem delu

lezije začne formirati brazgotinsko vezivno tkivo. Ob koncu prve faze se reparatorni procesi razširijo čez bazalno lamino in pričnejo penetrirati v brazgotinsko tkivo.

V tej fazi se je zato potrebno izogibati pretiranim mišičnim kontrakcijam (sploh ekcentričnim kontrakcijam), saj zaradi nežnega vezivnega tkiva lahko pride do povečanja lezije oziroma defekta. V prvi fazi se zato poslužujemo naslednjih metod:

- PRICE (protection, rest, ice, compression, elevation)
- izometrične kontrakcije do bolečine
- počitek oziroma imobilizacija (3-5 dni)
- izogibanje terapijam, ki povzročajo endotermijo in posledično povečano ekstravazacijo krvi
- izogibanje masaži prizadetega področja
- ultrazvočno vodena aspiracija hematoma v primeru obsežne kolekcije.

Faza 2 (8-14 dni po poškodbi)

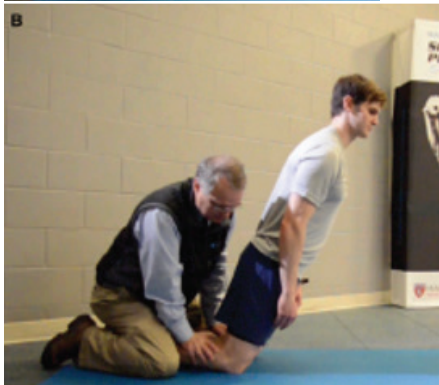
Brazgotina v centralnem delu lezije se učvrsti in skrči. Mišična vlakna zapolnijo preostale vrzeli defekta. Brazgotinsko tkivo pridobi na kompaktnosti in elastičnosti.

Šibke točke ob pretiranih kontrakcijah lahko predstavlja nezrelo brazgotinsko tkivo in zdravo mišično tkivo ob leziji, kjer lahko pride do prevelikih tenzijskih sil.

Za prehod v drugo fazo je pomembno doseganje kliničnih kriterijev (zmanjšanje otekline, odsotnost bolečine ob maksimalni izometrični kontrakciji, odsotnost bolečine ob raztezanju mišice, polna gibljivost priležnega sklepa).

V drugi fazi uporabljamo sledeče tehnike:

- vključevanje koncentričnih kontrakcij
- ekcentrične gibe je potrebno reducirati na minimum
- izvajanje vaj za krepitev stabilizatorjev trupa, ki dokazano zmanjšujejo možnost ponovne poškodbe in pospešijo vrnitev k polnim aktivnostim
- vaje na sobnem kolesu ali tek v vodi.



Faza 3 (14-21 dni po poškodbi)

V tej fazi se brazgotinsko tkivo postopoma remodelira v mišična vlakna. Faza remodelacije lahko traja tudi do 60 dni. Klinični kriteriji za prehod v tretjo fazo so: odsotnost bolečine ob koncentričnih kontrakcijah proti maksimalnemu naporu.

V tretji fazi uporabljamo sledeče tehnike:

- vključevanje izokinetičnih vaj
- vključevanje ekcentričnih vaj s postopnim večanjem upora in intenzitete
- vključevanje razteznih vaj (10-60 sekund)
- tekaški trening, ko je dosežena 70 % mišične moči v primerjavi z zdravo nogo
- na koncu tretje faze se vključi tudi športno-specifične vaje.

Rehabilitacija poškodbe zadnjih stegenskih mišic mora biti progresivna, športno-specifična in prilagojena vrsti poškodbe in individualnim karakteristikam. Pri miofascialnih poškodbah je poudarek na zgodnjem povratku k funkcionalnemu teku in krepitvi mišic. Pri poškodbah mišično-tetivnega spoja se je potrebno posvečati predvsem progresivnemu treningu tekaških vaj in krepitvi mišic z izometričnim, koncentričnimi in ekcentričnimi vajami. Ob poškodbi tetive je tekaški del rehabilitacije zamaknjen zaradi dolge faze celjenja. Pri krepitvi mišic je faza izometričnih kontrakcij podaljšana.

Zdravljenje s trombocitno plazmo (PRP)

Uporaba avtolognih bioloških pripravkov za pospešitev celjenja mišičnih poškodb je v zadnjih desetletjih pridobila veliko pozornosti. Trombocitna plazma se pridobi s centrifugiranjem pacientove krvi, ki vsebuje rastne faktorje, ki promovirajo mitogenezo in angiogenezo tkiva. Mehanizem delovanja trombocitne plazme leži v vezavi avtologne plazme, trombocitnih proteinov in rastnih faktorjev na fibrinski nosilec (lezija v mišici). Ta nato predstavlja matriks za celično rast in diferenciacijo, ki pospeši reparacijo poškodovanega tkiva.

Kljub teoretični prednosti zdravljenja s trombocitno plazmo so izsledki dokazov v strokovni literaturi nasprotujoči. Leta 2010 je Mednarodni olimpijski komite izdal konsenz, ki zdravljenja mišičnih poškodb s trombocitno plazmo zaradi nezadostnih znanstvenih dokazov ne priporoča¹⁴. Tudi novejše randomizirane raziskave in meta-analize niso pokazale signifikantne razlike ob uporabi trombocitne plazme¹⁵. Posamezne raziskave so pokazale, da

je terapija s trombocitno plazmo lahko uporabna pri mlajših pacientih in profesionalnih športnikih, ki so utrpeli poškodbo višje stopnje ali ponovitev poškodbe¹⁶. Z uporabo trombocitne plazme se nekoliko skrajša čas do vrnitve k polnim obremenitvam¹⁷.

Preventivni programi

Izvajanje preventivnih programov v športni populaciji dokazano zmanjšuje pojavnost mišičnih poškodb spodnjih okončin (47-58 %) Preventivni programi praviloma vključujejo ogrevalne vaje z ekcentričnimi vajami za zadnje stegenske mišice. Kljub dokazani učinkovitosti preventivnih programov (11, 11+) je komplanca s strani trenerjev in športnikov zelo slaba (17 %). Uvedba preventivnih programov v vse športne panoge je nujno potrebna za zmanjšanje pojavnosti tovrstnih poškodb. Preventivni programi morajo biti prilagojeni športnikom in posamezni športni panogi, vsebovati morajo vaje za krepitev zadnjih stegenskih mišic, lumbopelvične vaje, optimizirati gibanje in nevro-mišični nadzor, izboljšati športnikovo fizično pripravo¹⁸.

ZAKLJUČEK

Ob poškodbi zadnjih stegenskih mišic pogosto pride do nevro-mišične inhibicije. To lahko povzroči maladaptacijo mišične strukture in funkcije, ki se kaže kot podaljšana koncentrična in ekcentrična šibkost, atrofija, vztrajajoči biomehantični deficit. Z ustrezno rehabilitacijo in zdravljenjem je potrebno čim bolj zmanjšati mišično nesorazmerje, pridobiti na fleksibilnosti hamstringov, povečati lumbopelvino stabilnost. Pri vračanju vrhunskih športnikov k polnemu treningu je potrebo nadzorovati in postopoma dodajati obremenitve. Vaje za krepitev mišic morajo biti individualizirane posamezniku in njegovi poškodbi, saj tako lahko v največji meri povrnemo normalno strukturo, morfologijo in funkcijo mišice in tako zmanjšamo možnost ponovitve poškodbe.

Literatura

1. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med* 2011;39:1226-32.
2. Barnett AJ, Negus JJ, Barton T, Wood DG. Reattachment of the proximal hamstring origin: outcome in patients with partial and complete tears. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(7): 2130-2135.
3. Irger M, Willinger L, Lacheta L, Pogorzelski J, Imhoff AB, Feucht MJ. Proximal hamstring tendon avulsion injuries occur predominately in middle-aged patients with distinct gender differences: epidemiologic analysis of 263 surgically treated cases. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2020;28(4):1221-1229.
4. Engebretsen AH, Myklebust G, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Intrinsic risk factors for hamstring injuries among male soccer players: a prospective cohort study. *Am J Sports Med.* 2010;38(6):1147-1153.
5. Silvers-Granelli HJ, Cohen M, Espregueira-Mendes J, Mandelbaum B. Hamstring muscle injury in the athlete: state of the art. *J ISAKOS.* 2021 May;6(3):170-181. doi: 10.1136/jisakos-2017-000145. *Epub 2020 Nov 12.* PMID: 34006581.
6. Ahmad CS, Redler LH, Ciccotti MG, Maffulli N, Longo UG, Bradley J. Evaluation and management of hamstring injuries. *Am J Sports Med.* 2013 Dec;41(12):2933-47. doi: 10.1177/0363546513487063. *Epub 2013 May 23.* PMID: 23703914.
7. Freckleton G, Pizzari T. Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* 2013;47:351-8.
8. Orchard JW, Kountouris A, Sims K. Risk factors for hamstring injuries in Australian male professional cricket players. *J Sport Health Sci* 2017;6:271-4.
9. Liu H, Garrett WE, Moorman CT, et al. Injury rate, mechanism, and risk factors of hamstring strain injuries in sports: a review of the literature. *J Sport Health Sci* 2012;1:92-101.
10. Askling CM, Koulouris G, Saartok T, et al. Total proximal hamstring ruptures: clinical and MRI aspects including guidelines for postoperative rehabilitation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013;21:515-33.
11. Bisciotti GN, Volpi P, Amato M, Alberti G, Allegra F, Aprato A, Artina M, Auci A, Bait C, Bastieri GM, Balzarini L, Belli A, Bellini G, Bettinsoli P, Bisciotti A, Bisciotti A, Bona S, Brambilla L, Bresciani M, Buffoli M, Calanna F, Canata GL, Cardinali D, Carimati G, Cassaghi G, Cautero E, Cena E, Corradini B, Corsini A, D'Agostino C, De Donato M, Delle Rose G, Di Marzo F, Di Pietto F, Enrica D, Eirale C, Febrari L, Ferrua P, Foglia A, Galbiati A, Gheza A, Giammattei C, Masia F, Melegati G, Moretti B, Moretti L, Niccolai R, Orgiani A, Orizio C, Pantalone A, Parra F, Patroni P, Pereira Ruiz MT, Perri M, Petrillo S, Pulici L, Quaglia A, Ricciotti L, Rosa F, Sasso N, Sprenger C, Tarantola C, Tenconi FG, Tosi F, Trainini M, Tucciarone A, Yekdah A, Vuckovic Z, Zini R, Chamari K. Italian consensus conference on guidelines for conservative treatment on lower limb muscle injuries in athlete. *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2018 May 24;4(1):e000323. doi: 10.1136/bmjsem-2017-000323. PMID: 29862040; PMCID: PMC5976114.
12. Rudisill SS, Kucharik MP, Varady NH, Martin SD. Evidence-Based Management and Factors Associated With Return to Play After Acute Hamstring Injury in Athletes: A Systematic Review. *Orthop J Sports Med.* 2021 Nov 29;9(11):23259671211053833. doi: 10.1177/23259671211053833. PMID: 34888392; PMCID: PMC8649106.
13. Hofmann KJ, Paggi A, Connors D, Miller SL. Complete avulsion of the proximal hamstring insertion: functional outcomes after nonsurgical treatment. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96(12):1022-1025.
14. Engebretsen L, Steffen K, Alsousou J, et al. IOC consensus paper on the use of platelet-rich plasma in sports medicine. *Br J Sports Med* 2010;44:1072-81.
15. Grassi A, Napoli F, Romandini I, et al. Is platelet-rich plasma (PrP) effective in the treatment of acute muscle injuries? A systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 2018;48:971-89.
16. Zanon G, Combi F, Combi A, et al. Platelet-rich plasma in the treatment of acute hamstring injuries in professional football players. *Joints* 2016;4:017-23.
17. Hamid MSA, Mohamed Ali MR, Yusof A, et al. Platelet- Rich plasma injections for the treatment of hamstring injuries: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med* 2014;42:2410-8.
18. Silvers- Granelli H, Mandelbaum B, Adeniji O, et al. Efficacy of the FIFA 11+ injury prevention program in the collegiate male soccer player. *Am J Sports Med* 2015;43:2628-37.

6.

MEHANIZEM POŠKODB PRI PADCIH STAROSTNIKOV IN DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NANJE: NARATIVEN PREGLED LITERATURE

Nina Ravnihar, magistra fizioterapije

Izr. prof. dr. **Mohsen Hussein**, dr. med., specialist ortopedije, svetnik
Medicinski center ARTROS

Izv. prof. dr. sc. **Marijana Neuberg**, mag. med. techn.
Sveučilište Sjever, Varaždin

Padci pri starostnikih predstavljajo enega vodilnih vzrokov poškodb, invalidnosti in smrti, pri čemer največje breme ne izhaja iz samega padca, temveč iz poškodb, ki ob tem nastanejo. Namen prispevka je analizirati vrste in pogostost poškodb pri padcih starostnikov ter raziskati povezavo med mehanizmi padcev in nastalimi kliničnimi izidi, s posebnim poudarkom na najtežjih poškodbah in njihovem javnozdravstvenem pomenu.

Prispevek temelji na narativnem pregledu znanstvene literature in relevantnih nacionalnih virov. Rezultati kažejo, da kljub visoki pogostosti mehkih poškodb in zlomov distalnega radiusa največje breme predstavljajo zlomi kolka in poškodbe glave, ki so povezani z visoko smrtnostjo, funkcionalnim upadom in potrebo po dolgotrajni oskrbi. Nastanek poškodb je tesno povezan z mehanizmom padca: lateralni padci vodijo predvsem v zlome kolka, padci naprej v poškodbe zgornjih

okončin, padci nazaj pa povečujejo tveganje za poškodbe glave. Pomembno vlogo ima tudi neučinkovitost zaščitnih reakcij, ki je pri starostnikih pogosto posledica zmanjšane mišične moči, slabše koordinacije in podaljšanega reakcijskega časa.

1. Uvod

Vsi padci nimajo enakih posledic. Medtem ko večina padcev ali zdrsov ne povzroči resnih poškodb, približno tretjina vodi v

hude klinične izide, ki imajo močan vpliv na zdravje posameznika in obremenitev zdravstvenega sistema. Manjši delež padcev pa neposredno ali posredno vodi v smrt (Sterling et al., 2001). Padci so globalno drugi najpogostejši vzrok smrti zaradi nenamerne poškodbe, saj povzročijo približno 684.000 smrti letno, poleg tega pa milijoni posameznikov utrpijo poškodbe, ki zahtevajo zdravstveno obravnavo (WHO, 2021).

Etiologija padcev je večplastna in vključuje kombinacijo intrinzičnih dejavnikov, kot so mišična oslabeledost, motnje ravnotežja, kognitivni upad in vpliv medikamentozne terapije, ter ekstrinzičnih dejavnikov, povezanih z okoljem, kot so neustrezna osvetlitev, arhitekturne ovire in neustrezni pripomočki (Ambrose et al., 2013). Pomembno je tudi razlikovanje med padci glede na okolje nastanka, saj se dejavniki tveganja razlikujejo med domačim okoljem in institucionalnim varstvom. Ključno je prepoznavanje specifičnih mehanizmov padcev, kot so padci s stojne višine ali padci med sedenjem, ki vodijo v različne tipe poškodb.

S staranjem prihaja do kompleksnih fizioloških sprememb, ki povečujejo dovzetnost za poškodbe. Med najpomembnejšimi so zmanjšana kostna gostota, izguba mišične mase in moči ter upad senzoričnih in nevromotoričnih funkcij, kar vpliva na sposobnost vzdrževanja ravnotežja in zaščitnih reakcij ob izgubi stabilnosti (Clegg et al., 2013; Ambrose et al., 2013). Posledično isti mehanizem padca pri mlajši osebi pogosto ne povzroči resnih poškodb, medtem ko lahko pri starejšem posamezniku vodi v resnejšo poškodbo. Vrsta in resnost poškodbe sta tesno povezani z biomehaniko padca. Raziskave kažejo, da smer padca pomembno vpliva na porazdelitev sil ob udarcu, pri čemer lateralni padci pogosto vodijo v zlome kolka, padci naprej pa v poškodbe zgornjih okončin ali glave (Greenspan et al., 1998;

Parkkari et al., 1999). Poleg tega imajo pomembno vlogo zaščitni mehanizmi, kot so pravočasne reakcije z rokami ali koraki, ki pa so pri starejših pogosto oslabiljeni zaradi počasnejših reakcijskih časov in zmanjšane mišične moči (Muir et al., 2010). Zaradi tega se poveča verjetnost neposrednega udarca, kar povečuje tveganje za hujše poškodbe. Poseben javnozdravstveni pomen imajo zlomi kolka in poškodbe glave, ki predstavljajo najtežje posledice padcev pri starejših. Zlom kolka je povezan z visoko stopnjo smrtnosti, kar 35 % v prvem letu po poškodbi, od tega 10 % v prvem mesecu (Ekström et al., 2009; Haentjens et al., 2010). Poleg smrti so zlomi kolka povezani z dolgotrajno izgubo funkcionalne neodvisnosti, saj se velik delež bolnikov po poškodbi ne vrne na predhodno raven samostojnosti (Haentjens et al.). Podobno lahko poškodbe glave vodijo v trajne kognitivne in nevrološke posledice, zlasti pri posameznikih, ki že imajo prisotne degenerativne spremembe ali jemljejo antikoagulantno terapijo (James et al., 2020).

2. Epidemiologija padcev pri starostnikih

V evropskem prostoru epidemiološki vzorci sledijo globalnim trendom padcev pri starostnikih, vendar z določenimi posebnostmi. Prevalenca padcev med starejšimi, ki živijo v skupnosti, se običajno giblje okoli 30 %, pri čemer obstajajo pomembne razlike med državami (Franse et al., 2017). Te razlike so verjetno posledica kombinacije demografskih značilnosti, organizacije zdravstvenih sistemov in različno razvitih preventivnih programov. Kljub temu več analiz poudarja, da se prevalenca padcev v Evropi v zadnjih desetletjih ni bistveno zmanjšala, kar nakazuje na vrzel med znanjem o dejavnih tveganja in učinkovito implementacijo preventivnih ukrepov (Haagsma et al., 2020).

Pomemben epidemiološki vidik predstavlja okolje bivanja. Pri starejših, ki živijo v domačem okolju, se letna incidenca padcev giblje okoli 30 %, medtem ko je v institucionalnem varstvu tveganje bistveno višje. Po podatkih Svetovne zdravstvene organizacije pade med 30 % in 50 % stanovalcev ustanov dolgotrajne oskrbe letno, pri čemer so ponavljajoči se padci pogosti (WHO, 2007). Ta razlika odraža večjo stopnjo krhkosti, večjo prevalenco kognitivnih motenj ter večjo odvisnost od pomoči pri vsakodnevnih aktivnostih v institucionalnem okolju.

Epidemiološki podatki kažejo tudi na razlike glede na spol in starost. Ženske pogosteje doživljajo padce, kar je deloma povezano z daljšo življenjsko dobo in večjo prevalenco osteoporoze, medtem ko je smrtnost zaradi padcev pogosto višja pri moških (Stevens & Lee, 2018). Razlogi za višjo smrtnost pri moških niso povsem pojasnjeni, vendar raziskave nakazujejo, da so lahko povezani z razlikami v vedenjskih značilnostih in okoliščinah padcev. Moški so manj dovzetni za preventivne ukrepe in redkeje sodelujejo v programih preprečevanja padcev, pogosteje pa utrpijo poškodbe v bolj tveganih situacijah, kot so padci na ledu ali pri delu (Kakara et al., 2023).

V Sloveniji predstavljajo padci pri starejših pomembno breme za zdravstveni sistem. Po podatkih Nacionalnega inštituta za javno zdravje vsako leto zaradi poškodb pri padcih pomoč v urgentni službi poišče približno 24.900 starejših odraslih ($\approx 5,9\%$), od tega jih 9.200 ($\approx 2,2\%$) potrebuje bolnišnično zdravljenje, približno 510 ($\approx 0,12\%$) pa jih zaradi posledic padcev umre. Večina padcev se zgodi v domačem okolju (82 %). Poleg tega je umrljivost zaradi padcev v Sloveniji približno 2,5-krat višja od povprečja Evropske unije, kar dodatno potrjuje resnost tematike (Rok Simon). Razlogi za to razliko niso povsem pojasnjeni, razlike v starostni

strukturi prebivalstva ter morebitne razlike v dostopu do pravočasne zdravstvene oskrbe in preventivnih ukrepov.

3. Mehanizmi padcev pri starostnikih

Padci pri starostnikih niso homogeni dogodki, temveč se njihovi vzorci pomembno razlikujejo glede na okolje bivanja. Raziskave kažejo, da večina starejših, ki živijo v skupnosti, doživi padce med širšimi dnevnimi aktivnostmi, medtem ko so v institucionalnem okolju padci pogosteje povezani z večjo funkcionalno odvisnostjo in večjim kognitivnim upadom (Rubenstein, 2006).

3.1 Padci v domačem okolju

V domačem okolju se padci najpogosteje pojavijo med rutinskimi dejavnostmi, kot so hoja, obračanje, vstajanje ali opravljanje gospodinjskih opravil. Ti padci so pogosto posledica interakcije med zmanjšano fizično zmogljivostjo in okoljskimi tveganji, kot so neustrezna osvetlitev, spolzka tla ali prisotnost ovir (Lord et al., 2007). V tem okolju se padci pogosto zgodijo pri posameznikih, ki so še relativno funkcionalno neodvisni, padec pa se pojavi, kot posledica ne pravočasnega odzivanja na nenadne spremembe v okolju (Muir et al., 2010).

3.2 Padci v institucionalnem okolju

V institucionalnem varstvu so padci pogostejši in praviloma odražajo večjo stopnjo krhkosti ter kompleksnejše zdravstveno stanje stanovalcev. Ti posamezniki imajo pogosto zmanjšano mišično moč, slabše ravnotežje, kognitivni upad, senzorne motnje in s tem večjo odvisnost od pomoči pri vsakodnevnih aktivnostih (Ambrose et al., 2013).

Mehanizmi padcev v tem okolju so zato pogosto povezani z neuspešnimi poskusi gibanja, neustrezno izvedenimi transferji ali zmanjšano sposobnostjo ocenjevanja tveganja. Kljub prisotnosti nadzora in prilagojenega okolja kompleksnost zdravstvenega stanja pogosto presega učinke standardnih preventivnih ukrepov, kar prispeva k visoki incidenci padcev.

3.3 Mehanizmi padcev: padec s stojne višine

Padci s stojne višine predstavljajo najpogostejši mehanizem padcev pri starejših. Ti se običajno pojavijo kot posledica izgube ravnotežja med hojo ali stojo, pri čemer imajo pomembno vlogo zmanjšana mišična moč, upočasnjene zaščitne reakcije in slabša posturalna stabilnost (Muir et al., 2010). Starostne spremembe v senzorično-motoričnih sistemih zmanjšujejo sposobnost zaznavanja, kar povečuje verjetnost padca ob relativno majhnih motnjah iz okolja.

3.4 Mehanizmi padcev: padec iz sedečega položaja oziroma iz invalidskega vozička

Padci iz sedečega položaja, zlasti iz invalidskega vozička, predstavljajo specifičen in pogosto podcenjen mehanizem padcev pri starejših, predvsem v institucionalnem okolju. Za razliko od padcev s stojne višine ti padci niso primarno posledica dinamične izgube ravnotežja, temveč izhajajo iz kombinacije nepravilne razporeditve težišča in nezadostnega nadzora trupa v sedečem položaju (Hignett & Masud, 2006).

Ključni dejavnik pri teh padcih je premik težišča izven podporne ploskve brez ustrezne kompenzacije. To se pogosto zgodi pri poskusih doseganja predmetov, nagibanju naprej ali vstran ter pri

nepravilno izvedenih transferjih (Lord et al., 2007). Poleg tega so zaščitni mehanizmi, kot je opora z rokami ali aktivna stabilizacija trupa, pogosto oslabljeni ali zakasneni, kar povečuje verjetnost padca.

Pomemben prispevek k tveganju predstavljajo tudi značilnosti samega vozička in okolja. Neustrezno nastavljena višina sedeža, pomanjkanje opore za stopala, odsotnost ali nepravilna uporaba varnostnih elementov ter neuporabljene zavore lahko pomembno vplivajo na stabilnost uporabnika. Prav tako se padci pogosto pojavljajo med prehodi, ko posameznik poskuša vstati iz vozička brez ustrezne priprave ali asistence (Hignett & Masud, 2006). Ti padci so pogosto počasnejši kot padci s stojne višine, vendar to ne pomeni, da so manj nevarni.

3.5 Mehanizmi padca: padci med transferjem

Poseben in pogosto spregledan mehanizem predstavljajo padci med transferji, ki se pojavljajo pri prehodih med različnimi položaji, kot so vstajanje iz postelje, presedanje na stol ali invalidski voziček ter prehodi med stoječim in sedečim položajem. Ti padci so značilni za posameznike z zmanjšano funkcionalno sposobnostjo in so pogostejši v institucionalnem okolju. Vključujejo kombinacijo mišične oslabeledosti, slabše koordinacije, neustrezne tehnike gibanja in včasih tudi neustrezne asistence (Hignett & Masud, 2006). Za razliko od padcev s stojne višine so ti padci pogosto počasnejši.

4. Vrste poškodb, ki se pojavljajo pri padcih starostnikov

Poškodbe, ki nastanejo pri padcih starostnikov, predstavljajo heterogeno skupino kliničnih izidov, ki se razlikujejo po pogostosti, resnosti in vplivu na funkcionalno samostojnost posameznika.

Čeprav večina padcev ne povzroči resnih poškodb, približno 10–25 % padcev vodi v poškodbe, ki zahtevajo medicinsko obravnavo, pri čemer manjši delež povzroči hude poškodbe z dolgoročnimi posledicami (Sterling et al., 2001). Pomembno je poudariti, da relativno majhen delež najtežjih poškodb predstavlja nesorazmerno velik delež bremena za zdravstveni sistem.

4.1 Poškodbe mehkih tkiv

Poškodbe mehkih tkiv, kot so udarnine, odrgnine in raztrganine kože, predstavljajo najpogostejši izid padcev. Kljub temu lahko pri starostnikih zaradi tanjšje kože, slabše prekrvavitve in prisotnosti kroničnih bolezni vodijo v zaplete, kot so okužbe ali kronične rane. Čeprav posamezno ne predstavljajo velikega bremena, učinek ponavljajočih se poškodb mehkega tkiva pomembno prispeva k zmanjšanju kakovosti življenja starostnika (Sterling et al., 2001).

S staranjem prihaja do zmanjšane elastičnosti kože in zmanjšane prekrvavitve, kar povečuje dovzetnost za poškodbe že ob relativno majhnih mehanskih obremenitvah (LeBlanc et al., 2011), posledično lahko že manjši udarci ali trenje povzročijo raztrganine kože. Dodatno tveganje predstavljajo kronične bolezni kot so sladkorna in žilna obolenja, podhranjenost ter uporaba zdravil, kot so kortikosteroidi in antikoagulanti, ki upočasnjujejo celjenje ran. Pomemben vidik je njihova povezava z razvojem kroničnih ran. Poškodbe kože, ki ob padcu nastanejo kot akutne lezije, se lahko zaradi slabšega celjenja, okužb ali ponavljajočih se mehanskih obremenitev razvijejo v kronične rane, ki zahtevajo dolgotrajno zdravljenje in pogosto vodijo v zmanjšano mobilnost (LeBlanc et al., 2011).

4.2 Zlomi

Zlomi predstavljajo najpomembnejšo skupino poškodb pri padcih starostnikov,

tako z vidika kliničnih posledic kot tudi javnozdravstvenega bremena. Podatki pa kažejo, da najpogostejši zlomi niso nujno tudi tisti, ki povzročajo največje breme. Najpogostejši zlomi pri starejših so zlomi distalnega radiusa (zapestja), ki običajno nastanejo ob padcu naprej s poskusom zaščite z iztegnjenimi rokami. Njihova incidenca začne naraščati že v srednjem življenjskem obdobju, zlasti pri ženskah po menopavzi. Kljub visoki pogostosti pa ti zlomi redkeje vodijo v smrt ali dolgotrajno institucionalizacijo. Njihov vpliv se kaže predvsem v začasno zmanjšani samostojnosti pri izvajanju ožjih dnevnih aktivnosti, zmanjšani mobilnosti in pri povečanju tveganju za ponoven padec. Nasprotno zlomi kolka predstavljajo enega težjih izidov padca pri starostniku, tako za posameznika, kot tudi za javnozdravstveni sistem. Čeprav so manj pogosti kot zlomi zapestja, imajo bistveno večji vpliv na smrtnost in potrebo po dolgotrajni oskrbi. V Sloveniji predstavljajo vodilni vzrok hospitalizacij in smrti zaradi poškodb pri starostnikih. Nastanek zloma kolka je najpogosteje povezan z lateralnim padcem in neposrednim udarcem v področje kolka, pri čemer pomembno vlogo igra zmanjšana mineralna kostna gostota kosti ter oslabiljena sposobnost zaščitnih reakcij. Posledice teh zlomov so pogosto hude, saj velik delež bolnikov po poškodbi ne doseže več predhodne ravni samostojnosti, smrtnost v prvem letu po zlomu pa kljub napredkom na področju operativnih metod in rehabilitacije ostaja visoka (Haentjens et al.). Podatki iz slovenskega okolja dodatno potrjujejo resnost izida, saj enoletna smrtnost dosega do 35 %, medtem ko se približno polovica bolnikov vrne na predhodno raven mobilnosti, pri čemer je izid močno odvisen od začetnega zdravstvenega stanja in prisotnosti komorbidnosti (Kristan et al, 2016). Zlomi kolka predstavljajo heterogeno skupino poškodb, ki se razlikujejo glede

na anatomsko lokalizacijo, biomehaniko nastanka in klinični potek. Najpogosteje jih delimo na intrakapsularne (znotraj sklepne ovojnice) in ekstrakapsularne (zunaj sklepne ovojnice) zlome (Parker & Johansen, 2006). Intrakapsularni zlomi, kamor sodijo predvsem zlomi vratu stegenice, nastanejo znotraj sklepne ovojnice kolčnega sklepa. Ti zlomi so povezani z večjim tveganjem za avaskularno nekrozo in slabše celjenje, kar pogosto zahteva kirurško zdravljenje s totalno ali parcialno endoprotezo (Parker & Johansen, 2006).

Ekstrakapsularni zlomi vključujejo predvsem pertrohanterne zlome, ki nastanejo v področju med velikim in malim trohanterjem, ter subtrohanterne zlome, ki se pojavljajo distalno od tega območja. Med njimi so pertrohanterni zlomi najpogostejši tip zlomov kolka pri starostnikih. Nastanejo predvsem ob lateralnem padcu z neposrednim udarcem v področje velikega trohantra, kjer se sila prenese na že oslABLJENO kostnino (Kannus et al., 1999). Klinični pomen teh razlik je pomemben, saj različni tipi zlomov zahtevajo različen kirurški pristop, imajo različno prognozo in različno tveganje za zaplete. Kljub tem razlikam pa vsi zlomi kolka pri starostnikih predstavljajo resen dogodek, ki je povezan z visoko stopnjo smrtnosti, funkcionalnega upada in potrebo po dolgotrajni oskrbi (Haentjens et al., 2010).

Med pogostejše zlome sodijo tudi zlomi zgornjega dela nadlahtnice, ki nastanejo predvsem pri padcih na stran ali naprej, ko zaščitna reakcija z rokami ni učinkovita. Ti zlomi lahko pomembno omejijo funkcijo zgornjih okončin in s tem samostojnost pri osnovnih dnevni aktivnostih ter mobilnosti.

4.3 Poškodbe glave

Poškodbe glave predstavljajo drugo ključno skupino poškodb pri padcih starostnikov,

predvsem zaradi njihove povezanosti z visoko smrtnostjo in dolgoročnimi nevrološkimi posledicami (James et al., 2020). Tveganje za te poškodbe je dodatno povečano zaradi pogoste uporabe antikoagulantnih zdravil, ki povečujejo verjetnost krvavitev.

Mehanizem nastanka poškodb glave je pogosto povezan z neuspehom zaščitnih reakcij ali nezmožnostjo pravočasne stabilizacije telesa, kar vodi v neposreden udarec glave ob podlago ali predmet. Posledice teh poškodb so lahko akutne, kot so izguba zavesti in nevrološki izpadi, ali kronične, vključno s kognitivnim upadom in povečanim tveganjem za institucionalizacijo.

5. Ekonomsko breme

Padci pri starostnikih predstavljajo pomembno ekonomsko breme za zdravstvene sisteme in družbo kot celoto, saj so povezani z visokimi neposrednimi in posrednimi stroški. Neposredni stroški vključujejo urgentne obravnave, hospitalizacije, kirurške posege in rehabilitacijo, medtem ko posredni stroški zajemajo dolgotrajno oskrbo ter povečano potrebo po institucionalnem varstvu (Florence et al., 2018).

Analize kažejo, da so stroški padcev na ravni posameznika visoki, zlasti v primeru resnejših poškodb, kot so zlomi kolka ali poškodbe glave. V Združenih državah Amerike so skupni letni medicinski stroški padcev pri starejših ocenjeni na več kot 50 milijard ameriških dolarjev, pri čemer največji delež predstavljajo hospitalizacije (Florence et al., 2018). Tudi v evropskem prostoru padci predstavljajo pomembno finančno breme, saj naj bi ti stroški dosegali več deset milijard evrov letno (Heinrich et al., 2010).

Obseg zdravstvene obravnave padcev v

Sloveniji posredno odraža tudi njihovo ekonomsko breme. Veliko število urgentnih obravnav in hospitalizacij kaže na znatno porabo zdravstvenih virov, ki vključuje akutno zdravljenje, rehabilitacijo in pogosto tudi dolgotrajno oskrbo.

Pomembno je poudariti, da se stroški ne porazdelijo enakomerno. Največji delež bremena predstavljajo starejši z večjim tveganjem, zlasti tisti v institucionalnem varstvu, kjer so padci pogostejši in pogosto povezani s kompleksnejšimi zdravstvenimi stanji. Poleg tega ponavljajoči se padci in dolgotrajne posledice, zahtevajo kontinuirano zdravstveno in socialno podporo.

Ekonomsko breme padcev tako ne odraža le njihove pogostosti in resnosti, temveč tudi učinkovitost oziroma neučinkovitost obstoječih preventivnih strategij. Naraščajoči stroški v kontekstu starajoče se populacije dodatno poudarjajo potrebo po ciljno usmerjenih, učinkovitih in sistematično implementiranih pristopih k preprečevanju padcev.

6. Socialno in dužinsko breme

Padci pri starostnikih pomembno vplivajo tudi na socialno okolje posameznika, saj pogosto vodijo v povečano odvisnost od pomoči družinskih članov. Po poškodbi, zlasti pri težjih izidih, številni starostniki potrebujejo pomoč pri izvajanju dnevnih aktivnosti, kar poveča obremenitev neformalnih oskrbovalcev. Ta obremenitev se lahko kaže tako v časovni kot psihični stiski ter lahko vodi v zmanjšano kakovost življenja svojcev (Pinquart & Sørensen, 2003).

Poleg organizacijske in čustvene podpore padci pogosto predstavljajo tudi finančno breme za družino. Stroški, povezani z dolgotrajno oskrbo, prilagoditvijo domačega

okolja ali dodatnimi storitvami pomoči, so pogosto vsaj delno preneseni na svojce, kar lahko pomembno vpliva na njihovo ekonomsko varnost (Heinrich et al., 2010). Pomemben, a pogosto spregledan vidik je tudi vpliv na duševno zdravje starostnikov. Po padcu se lahko pojavijo simptomi depresije, ki so povezani z izgubo občutka varnosti, povečano odvisnostjo od drugih ter zmanjšano socialno vključenostjo (Lenze et al., 2001). Ti dejavniki lahko dodatno poslabšajo splošno stanje posameznika in otežijo proces okrevanja.

7. Preventiva padcev

Preventiva padcev pri starostnikih zahteva pristop, ki upošteva tako preteklo pojavnost padcev kot tudi funkcionalni status posameznika. Ključno razlikovanje predstavlja delitev na primarno preventivo, usmerjeno v posameznike brez predhodnih padcev, ter sekundarno preventivo, namenjeno preprečevanju ponovnih padcev. Dodatno je za učinkovito načrtovanje intervencij pomembno upoštevati mobilnost posameznika, saj se tveganje za padce in njihovi mehanizmi pomembno razlikujejo med hodečimi osebami in tistimi, ki uporabljajo invalidski voziček ali druge pripomočke za gibanje.

7.1 Primarna preventiva (posamezniki brez predhodnih padcev)

Pri posameznikih, ki v preteklosti niso doživeli padca, je cilj preventive ohranjanje funkcionalnih sposobnosti in zmanjševanje tveganja za prvi padec. Najbolj učinkoviti ukrepi vključujejo programe telesne vadbe, usmerjene v izboljšanje ravnotežja, mišične moči in koordinacije, ki dokazano zmanjšujejo tveganje za padce pri starejših, ki živijo v skupnosti (Sherrington et al., 2019). Pomembno vlogo imajo tudi prilagoditve bivalnega okolja, kot so odstranitev ovir, izboljšanje osvetlitve

in uporaba ustrezne obutve, ter zgodnje prepoznavanje dejavnikov tveganja, vključno z motnjami ravnotežja, vidom in uporabo zdravil, ki povečujejo tveganje za padce (Gillespie et al., 2012).

Pri hodečih posameznikih je poudarek na ohranjanju stabilnosti med gibanjem, medtem ko je pri manj mobilnih posameznikih, pomembno zagotavljanje pravilne uporabe pripomočkov, pravilno izvajanje prehodnih vzorcev in transferjev ter prilagoditev okolja za varno izvajanje vsakodnevnih aktivnosti. V slovenskem prostoru je pri tem še posebej pomembno dejstvo, da se večina padcev zgodi v domačem okolju (Rok Simon, 2020).

7.2 Sekundarna preventiva (preprečevanje ponovnih padcev)

Pri posameznikih, ki so že doživeli padec, je tveganje za ponovni padec bistveno večje, zato je potrebna ciljno usmerjena, večkomponentna obravnava. Ta vključuje celostno oceno dejavnikov tveganja, kot so mišična šibkost, motnje ravnotežja, kognitivni upad in uporaba zdravil, ter individualizirane intervencije za njihovo zmanjšanje (Gillespie et al., 2012). Programi vadbe ostajajo ključni, vendar morajo biti prilagojeni funkcionalnemu statusu posameznika in pogosto vključujejo tudi trening specifičnih situacij, ki so privedle do padca. Zelo pomembno je tudi ohranjenje kognitivnega statusa, ki se lahko izvaja ločeno ali kot kognitivno - motorični trening.

Pri hodečih posameznikih je sekundarna preventiva usmerjena v izboljšanje nadzora gibanja in reakcijskih sposobnosti, ter pogosto tudi izgube strahu pred padcem medtem ko je pri osebah, ki se premikajo z invalidskim vozičkom ali imajo omejeno mobilnost, ključno preprečevanje padcev med transferji. Ti vključujejo ustrezno

usposabljanje za varno izvajanje prehodov med različnimi položaji, pravilno uporabo tehničnih pripomočkov ter podporo s strani zdravstvenega osebja ali svojcev.

7.3 Trenutni preventivni pristopi in program v Sloveniji

Med najpogosteje izvajanimi ukrepi v slovenskem prostoru so programi telesne vadbe za izboljšanje ravnotežja, mišične moči in hoje, ki predstavljajo eno izmed najbolj učinkovitih strategij za zmanjšanje tveganja za padce. Poleg tega se uporabljajo tudi ukrepi, kot so dodajanje vitamina D, prilagoditve bivalnega okolja, pregled in optimizacija zdravil ter obvladovanje ortostatske hipotenzije in težav s stopali. V institucionalnem okolju so preventivni pristopi pogosto bolj strukturirani in vključujejo standardizirane ocene tveganja, uporabo tehničnih pripomočkov ter organizacijske ukrepe za zmanjšanje tveganja padcev, kot je redno izobraževanje zdravstvenega osebja. To poudarja pomen kompleksnih, individualiziranih intervencij, ki upoštevajo specifične potrebe posameznika.

8. Razprava

Rezultati pregleda potrjujejo, da poškodbe pri padcih starostnikov predstavljajo pomemben klinični in javnozdravstveni problem, pri čemer njihovo breme bistveno presega zgolj pojavnost padcev. Medtem ko so poškodbe mehkih tkiv in zlomi distalnega radiusa najpogostejši izidi padcev, največje breme predstavljajo zlomi kolka in poškodbe glave, ki so povezani z visoko smrtnostjo, funkcionalnim upadom in potrebo po dolgotrajni oskrbi (Haentjens et al., 2010; James et al., 2020).

Analiza kaže, da smer padca, porazdelitev sil ter učinkovitost zaščitnih reakcij dosledno določajo lokalizacijo in resnost

poškodbe. Lateralni padci so najtesneje povezani z zlomi kolka, medtem ko padci naprej pogosteje vodijo v poškodbe zgornjih okončin, padci nazaj pa povečujejo tveganje za poškodbe glave (Greenspan et al., 1998; Parkkari et al., 1999). Ključno vlogo imajo tudi neustrezne zaščitne reakcije, ki pri starostnikih zaradi nevro-motoričnih in senzoričnih sprememb pogosto ne preprečijo neposrednega udarca (Muir et al., 2010). To potrjuje, da poškodbe niso naključni izid padca, temveč predvidljiva posledica posameznikovih okoliščin.

Pomembne, a pogosto spregledan so poškodbe mehkih tkiv in njihovi dolgoročni zapleti. Čeprav posamezno redko povzročijo smrt, lahko vodijo v razvoj kroničnih ran, zmanjšano mobilnost in funkcionalni upad, kar skupno prispeva k bremenu za posameznika in zdravstveni sistem.

V slovenskem prostoru razpoložljivi podatki potrjujejo podobne vzorce kot v mednarodnem okolju. Na podlagi teh ugotovitev se kot ključna potreba kaže preusmeritev preventive od splošnega zmanjševanja padcev k bolj ciljno usmerjenemu preprečevanju najtežjih poškodb.

ZAKLJUČEK

Poškodbe pri padcih starostnikov predstavljajo klinični izid z velikim vplivom na funkcionalno sposobnost in smrtnost posameznika, ter obremenitev zdravstvenega sistema. Pregled je pokazal, da vrsta in resnost poškodb nista naključni, temveč sta neposredno povezani z mehanizmom padca, pri čemer smer gibanja, porazdelitev sil in učinkovitost zaščitnih reakcij določajo klinični izid. Večina obstoječih preventivnih strategij ostaja usmerjena predvsem v zmanjševanje pogostosti padcev, in ne v preprečevanje najtežjih poškodb.

Literatura

1. Ambrose, A. F., Paul, G., & Hausdorff, J. M. (2013). Risk factors for falls among older adults: A review of the literature. *Maturitas*, 75(1), 51-61.
2. Clegg, A., Young, J., Iliffe, S., Rikkert, M. O., & Rockwood, K. (2013). Frailty in elderly people. *The Lancet*, 381(9868), 752-762.
3. Ekström, W., Miedel, R., Ponzer, S., Hedström, M., Samnegård, E., & Tidermark, J. (2009). Quality of life after a stable trochanteric fracture--a prospective cohort study on 148 patients. *Journal of orthopaedic trauma*, 23(1), 39-44.
4. Greenspan, S. L., Myers, E. R., Maitland, L. A., Resnick, N. M., & Hayes, W. C. (1998). Fall direction, bone mineral density, and function: Risk factors for hip fracture. *The American Journal of Medicine*, 104(6), 539-545.
5. Haentjens, P., Magaziner, J., Colón-Emeric, C. S., Vanderschueren, D., Milisen, K., Velkeniers, B., & Boonen, S. (2010). Meta-analysis: Excess mortality after hip fracture among older women and men. *Annals of Internal Medicine*, 152(6), 380-390.
6. Heinrich, S., Rapp, K., Rissmann, U., Becker, C., & König, H. H. (2010). Cost of falls in old age: A systematic review. *Osteoporosis International*, 21(6), 891-902.
7. James, S. L., Lucchesi, L. R., Bisignano, C., Castle, C. D., Dingels, Z. V., Fox, J. T., Hamilton, E. B., Liu, Z., Roberts, N. L. S., Sylte, D. O., Henry, N. J., LeGrand, K. E., Abdelalim, A., Abdoli, A., Abdollahpour, I., Abebe, Z., Abera, S. F., Abil, O. Z., Abraha, H. N., Murray, C. J. L. (2020). Global, regional, and national burden of falls, 1990-2017. *The Lancet Public Health*, 5(9), e491-e503.

8. Kakara, R., Moreland, B. L., & Sarmiento, K. (2023). Nonfatal and fatal falls among adults aged ≥ 65 years — United States, 2020–2021. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 72(35), 951–956.
9. Kristan, A., Omahen, S., Puketa, V., Benulič, Č., Zorman, M., & Cimerman, M. (2020). Analysis of surgically treated patients with hip fracture admitted to the Department of Traumatology, UMC Ljubljana in 2016. *Zdravniški vestnik*, 89(5–6), 268–277.
10. LeBlanc, K., Baranoski, S., Skin Tear Advisory Panel, & International Skin Tear Advisory Panel. (2011). Skin tears: State of the science. *Advances in Skin & Wound Care*, 24(9), 2–15.
11. Lenze, E. J., Munin, M. C., Skidmore, E. R., Dew, M. A., Rogers, J. C., Whyte, E. M., Reynolds, C. F., & Pollock, B. G. (2001). Onset of depression in elderly persons after hip fracture. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 9(4), 375–380.
12. Muir, S. W., Berg, K., Chesworth, B., Klar, N., & Speechley, M. (2010). Balance impairment as a risk factor for falls in community-dwelling older adults. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 65A(7), 755–762.
13. Nacionalni inštitut za javno zdravje. (2020). *Padci starejših odraslih – naraščajoči problem javnega zdravja*. NIJZ.
14. Parkkari, J., Kannus, P., Palvanen, M., Natri, A., Vainio, J., Aho, H., Vuori, I., & Järvinen, M. (1999). Majority of hip fractures occur as a result of a fall and impact on the greater trochanter. *Journal of Bone and Mineral Research*, 14(6), 1081–1086.
15. Pinquart, M., & Sörensen, S. (2003). Differences between caregivers and noncaregivers in psychological health and physical health. *Psychology and Aging*, 18(2), 250–267.
16. Robinovitch, S. N., Feldman, F., Yang, Y., Schonnop, R., Leung, P. M., Sarraf, T., Sims-Gould, J., & Loughin, M. (2013). Video capture of the circumstances of falls in elderly people residing in long-term care. *The Lancet*, 381(9860), 47–54.
17. Sherrington, C., Fairhall, N. J., Wallbank, G. K., Tiedemann, A., Michaleff, Z. A., Howard, K., Clemson, L., Hopewell, S., & Lamb, S. E. (2019). Exercise for preventing falls in older people living in the community: An updated systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 54(15), 885–891.
18. Sterling, D. A., O'Connor, J. A., & Bonadies, J. (2001). Geriatric falls: Injury severity and mortality. *Journal of Trauma*, 50(1), 116–119.
19. World Health Organization. (2007). *WHO global report on falls prevention in older age*. WHO Press.
20. World Health Organization. (2021). Falls.

7.

REKONSTRUKCIJA SPREDNJE KRIŽNE VEZI: NOVI PRISTOPI IN DILEME

Izr. prof. dr. **Mohsen Hussein**, dr. med., specialist ortopedije, svetnik
Medicinski center ARTROS

V zadnjih dveh desetletjih je bil na področju obravnave nestabilnosti kolenskega sklepa dosežen velik napredek. Razvoj diagnostičnih metod, izpopolnjene kirurške tehnike in sodobni rehabilitacijski protokoli so pomembno izboljšali rezultate zdravljenja. Kljub temu ta patologija zaradi svoje kompleksnosti ostaja velik izziv, ki zahteva veliko mero pozornosti in previdnosti, zlasti zato, ker gre le redko za izolirano poškodbo. V večini primerov so pridružene poškodbe več anatomskih struktur kolenskega sklepa z različnimi možnimi kombinacijami.

Poškodba sprednje križne vezi je ena najpogostejših poškodb kolenskih vezi. Večja telesna aktivnost prebivalstva, predvsem udejstvovanje v športu in rekreaciji, je prispevala k pogostejšemu pojavljanju te poškodbe. Ker so poškodovanci večinoma mladi ter delovno in športno aktivni, je poškodba pogost vzrok za odsotnost z dela oziroma opustitev športnih aktivnosti. Ruptura sprednje križne vezi povzroča nestabilnost kolena, ponavljajoče nefiziološke premike v sklepu ter s tem povečuje možnost poškodb drugih struktur v kolenu in nastanek artroze.

Anatomija kolenskega sklepa

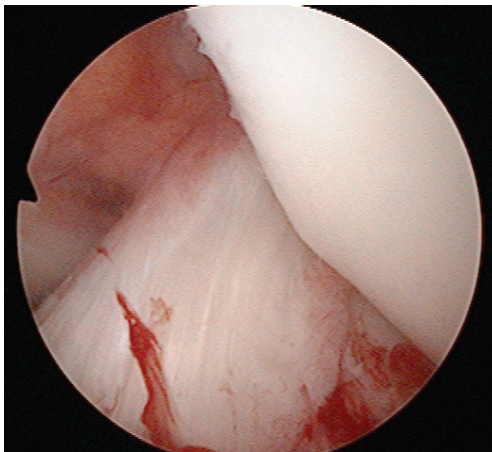
Za postavitev natančne diagnoze in pravilno nadaljnje zdravljenje je potrebno poznavanje anatomije in biomehanike

kolenskega sklepa. Le-ta mora biti zelo gibljiv in obenem zelo stabilen. Strukture, ki omogočajo stabilnost tega sklepa, so kondili femurja in tibije ter pasivni stabilizatorji: sprednja križna vez (ACL), zadnja križna vez (PCL), medialni kolateralni ligament (MCL) in lateralni kolateralni ligament (LCL), posteromedialni in posterolateralni kot ter traktus iliotibialis. Dodatno dinamično stabilizacijo kolenskega sklepa omogočajo tudi mišice ter medialni in lateralni meniskus še posebej pri rotaciji. Koleno je sklep, ki je sestavljen iz sklepne površine femurja, tibije, fibule in patele. Distalni del femurja ni simetričen. Medialni kondil femurja sega bolj distalno kot lateralni kondil. Večji je medialni kondil, lateralni pa se nahaja bolj anteriorno. Kondila ločita trochlea in interkondilarni notch. Prav

tako ni simetričen proksimalni sklepni del tibije. Le-ta je sestavljen iz dveh kondilov, ki sta med seboj ločena z interkondilarno eminenco. Medialna sklepna površina tibije je bolj ovalna in globlja, lateralna sklepna površina pa je bolj konveksna. Plato tibije ima inklinacijo od spredaj proti zadaj za deset stopinj. Anteriorno se nahaja največja sezamoidna kost – pogačica.

Anatomske značilnosti sprednje križne vezi
Sprednja križna vez (ACL: Anterior Cruciate Ligament) je najbolj raziskovana anatomsko mišično skeletna struktura v zadnjih desetletjih. Kot posebno strukturo v kolenu so jo opisovali že v starodavnem Egiptu – Galen jo je v letih od 199 do 129 pred našim štetjem poimenoval »ligamenta genu cruciata«.

Sprednja križna vez je trak vezivnega tkiva med golenico (*tibia*) in stegnenico (*femur*), ki je ovita s sinovialno ovojnico tako, da se vez nahaja v sklepu (intaartikularno) in je hkrati ekstrasinovialna.



Slika 1 – Sprednja križna vez

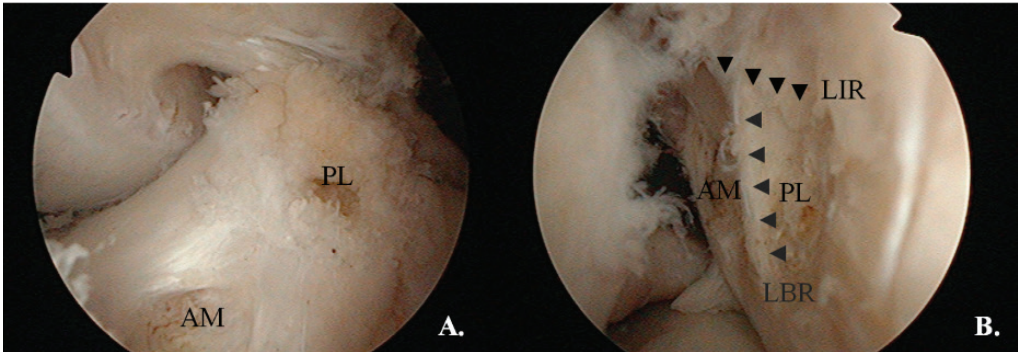
Vež poteka od medialne fasete lateralnega femoralnega kondila. Usmerjena je naprej, navzdol in rahlo medialno ter se narašča na golenico pred interkondilarno eminenco (slika 1). Dolžina te vezi je od 22 do 41 mm (povprečje je 32 mm), širina pa je od 7 do 12 mm.

Dolga leta smo verjeli, da sprednja križna vez deluje vseskozi kot stalna in enakomerno napeta struktura, ne glede na kot (pokrčenost), v katerem je kolenski sklep in da ima *izometričen* položaj. Vež je sestavljena iz dveh snopov: **anteromedialnega** (AM) in **posterolateralnega** (PL). V literaturi je pogosto omenjeno, da je o dvojni strukturi sprednje križne vezi pisal že leta 1836 Weber. Oba funkcionalna snopa se imenujeta glede na njun položaj na golenici in nista izometrično napeta pri fleksiji in ekstenziji. Anteromedialni snop se napne v fleksiji in ima pomembno vlogo pri stabilizaciji kolena v anteroposteriorni smeri ter preprečevanju poškodbe kolena, ko je le-to v skrčenem položaju. Artroskopsko se najbolje identificira pri fleksiji med 60 in 90 stopinjami. Posterolateralni snop se najbolj napne v ekstenziji in rotaciji, artroskopsko se najbolje identificira pri ekstenziji in v tako imenovanem položaju v obliki številke 4.

Narastišče obeh snopov sprednje križne vezi na medialni faseti lateralnega kondila femurja je ločeno z dvema kostnima grebenoma. Prvi greben je »lateral bifurcate ridge«, ki se nahaja anteroposteriorno in loči anteromedialni in posterolateralni snop. Drugi greben je »lateral intercondylar ridge«. Vse vitre sprednje križne vezi se nahajajo posteriorno od tega grebena. Tako lahko govorimo o kostni anatomiji sprednje križne vezi (slika 2).

Anterolateralne strukture kolena

V zadnjih letih se več pozornosti namenja anterolateralnemu kompleksu kolena,



Slika 2 - Narastišče sprednje križne vezi: (A) na golenici in (B) na stegnenici

Komentar slike 2: Okrajšave: AM - Anteromedialni snop, PL - Posterolateralni snop, LBR-Lateral bifurcate ridge, LIR - Lateral intercondylar ridge.

vključno z anterolateralnim ligamentom (ALL). Ta struktura sodeluje pri rotacijski stabilnosti kolena. Razumevanje njene povezave s sprednjo križno vezjo in upoštevanje tega pri rekonstrukciji je izboljšalo obravnavo rotacijske nestabilnosti. Anterolateralni ligament je razmeroma nedavno opisana anatomsko struktura na zunanji strani kolena, ki je v zadnjem desetletju pritegnila veliko pozornosti ortopedskih kirurgov in raziskovalcev. Poteka od lateralnega epikondila stegnenice do anterolateralnega dela proksimalne golenice, tik za Gerdyjevim tuberklem. Leži globoko pod iliotibialnim traktom in površinsko glede na sklepno ovojnico. Dolga je približno 35-40 mm.

Prispeva k rotacijski stabilnosti. Je sekundarni stabilizator kolena, ki omejuje notranjo rotacijo golenice, zlasti pri fleksiji kolena med 30 in 90 stopinjami. Deluje sinergistično z ACL - ko je ACL poškodovan, postane vloga ALL pomembnejša. Poškodba ALL prispeva k anterolateralni rotacijski nestabilnosti (pozitiven pivot-shift test).

Mehanizem poškodbe

Športi, ki zahtevajo rotacijo kolena, skoke, doskoke ob istočasni veliki hitrosti menjave

smeri, so zelo izpostavljeni tveganju za poškodbo LCA. Značilen je položaj pri abdukciji in notranji rotaciji golenice.

Pregled

V akutni fazi je pregled zelo otežen zaradi bolečin, zato se poskusimo izogibati bolečih gibov in testov. Za to fazo je poleg bolečin značilna prisotnost omejene gibljivosti, oteklin in hemartrosa. Testa, ki omogočata natančno oceno stanja sprednje križne vezi, sta predalčni fenomen in Lachmanov test (podoben je predalčnemu fenomenu, vendar pri njem beležimo premik tibije anteriorno pri fleksiji kolena 20-30 stopinj). Oba testa pokažeta anteroposteriorne nestabilnosti. Za objektivizacijo le-te v ortopedski ambulanti uporabljamo artrometer. Za oceno rotacijske stabilnosti uporabimo pivot shift test, ki je obenem najbolj zanesljiv test za oceno poškodbe sprednje križne vezi. Sicer je, kakor je že bilo omenjeno, zaradi bolečin ocena zelo groba.



Slika 3 - Predalčni fenomen, Lachman test, asistiran Lachman test in pivot shift

Diagnostika

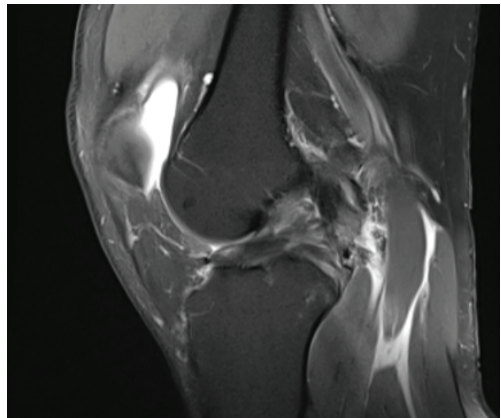
Kljub temu, da klinični testi ostajajo temelj diagnostike, ima slikovna diagnostika pomembno vlogo. Pričnemo z običajnimi rentgenskimi (RTG). Za postavitev natančne diagnoze stanja sprednje križne vezi in drugih anatomskih struktur v ter ob kolenu nam je v veliko pomoč preiskava z magnetno resonanco (MRI).

Novosti pri diagnostiki - napredek v slikovnih metodah

Sodobni (MRI) aparati omogočajo boljše vizualizacijo posameznih delov ACL, natančnejšo opredelitev, ali gre za popolno ali delno rupturo, oceno razmika robov raztrganine ter prepoznavanje pridruženih poškodb (drugih vezi, meniskusa, hrustanca, anterolateralnega kompleksa).

Novost predstavlja tudi uporaba umetne inteligence pri analizi MRI-slik, ki omogoča:

- zgodnejše odkrivanje parcialnih ruptur,
- oceno kakovosti preostalega ligamenta,
- boljše načrtovanje operacije.



Slika 4 - MRI z rupturo LCA

Zdravljenje

Individualen pristop k zdravljenju

Pristop k obravnavi sprednje križne vezi je v prvi vrsti individualen, razlikuje se od pacienta do pacienta. Zdravljenje je lahko konzervativno ali operativno. Večinoma je zdravljenje operativno.

Za konzervativno zdravljenje se odločimo, ko pri pacientu ne ugotovimo pretirane nestabilnosti. Pred končno odločitvijo za operativno ali konzervativno zdravljenje je pomemben podroben pogovor s pacientom, še posebej, ko izberemo operativno zdravljenje. Predvsem se je pomembno pogovoriti o prednostih in slabostih obeh možnosti, o poteku operativnega posega, o poteku in trajanju rehabilitacije ter o omejitvah v prvih devetih mesecih po operaciji. Potreben je tudi pogovor o možnih zapletih in možnosti rerupture, še posebej pri mlajših pacientih.

Konzervativno zdravljenje

Obsega fizioterapijo, izobraževanje bolnika ter uporabo kolenske opornice. Gre za strukturiran, z dokazi podprt rehabilitacijski pristop, primeren za skrbno izbrane bolnike, z rednim spremljanjem in jasno določenimi merili za prehod na kirurško zdravljenje.

Operativno zdravljenje

Če se pacient odloči za operacijo, se zanj pripravi skrben individualni načrt celotnega operativnega posega in rehabilitacije.

Izbira presadka

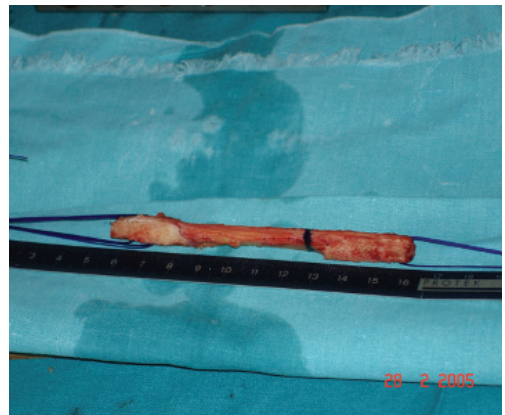
Pri izbiri vsadka upoštevamo: pridružene poškodbe, pretekle operacije (primarne, revizijske), starost, pričakovano stopnjo aktivnosti, anatomijo, želje pacienta, izkušnje operaterja in dostopnost vsadka.

Uporaba vsakega presadka ima svoje prednosti in pomanjkljivosti. V literaturi ni trdnih dokazov o absolutni superiornosti enega presadka nad drugim.

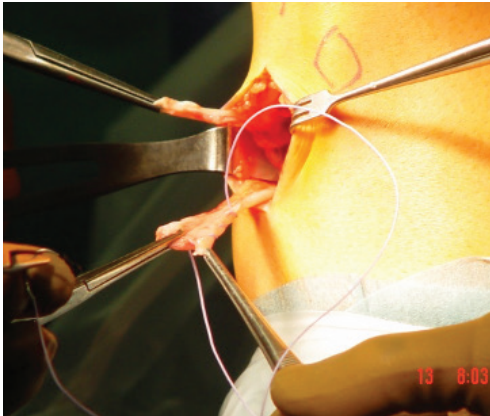
Kot nadomestilo za poškodovano vez je opisana uporaba različnih avtograftov in alograftov. Na izbiro imamo več presadkov, ki jih večinoma odvajamo iz struktur ob kolenu: pogačične vezi (patelarnega ligamenta) (BTB), kite semitendinozne mišice (ST), kit semitendinozne in gracilisne mišice (ST + *m. gracilis*), velike štiriglave mišice (kvadricepsa) in *tractus iliotibialis*. V Artrosu večinoma uporabljamo transplantat kit semitendinozne mišice in kvadriceps.



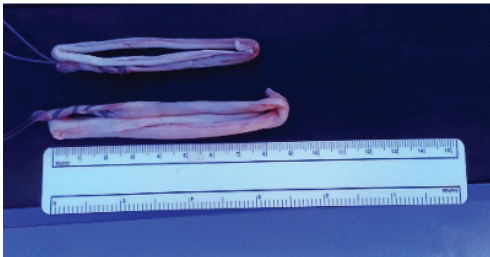
Slika 5 - Odvzem del patelarnega ligamenta



Slika 6 - Vsadek patelarnega ligamenta (BTB)



Slika 7 - Odzemet kite semitendinosus in gracilis



Slika 8 - Vsadek, odzvet od kite semitendinosus in gracilis

Prednosti in pomanjkljivosti različnih vsadkov pri rekonstrukciji sprednje križne vezi

Izbira vsadka je ključna odločitev pri rekonstrukciji ACL, saj vpliva na operativni potek, okrevanje in dolgoročne rezultate. Vsak tip vsadka ima svoje specifične značilnosti.

1. Patelarni ligament (BTB - Bone - Patellar Tendon - Bone Autograft)

Prednosti:

- Hitra kostna integracija: kostni bloki se hitro zarastejo s kostjo tunelov v stegenici in golenici.
- Visoka začetna trdnost: vsadek je zelo močan, kar je pomembno, zlasti za športnike.

- Nizka stopnja ponovnih ruptur (rerupture): številne študije so pokazale zelo dobro dolgoročno stabilnost.
- Hitra vrnitev k športu.

Pomanjkljivosti:

- Bolečina na sprednji strani kolena (anterior knee pain): pogosta in včasih dolgotrajna bolečina na mestu odvzema, še posebej pri klečanju.
- Tveganje za zlom pogačice ali ruptura patelarnega ligamenta.
- Oslabitev ekstenzornega mehanizma.

2. Hamstringi vsadek (semitendinosus z ali brez gracilisa)

Prednosti:

- Manjša bolečina na mestu odvzema: običajno povzroča manj bolečin in funkcionalnih problemov kot BTB.
- Ohranitev ekstenzornega aparata kolena.
- Manjša brazgotina: incizija je manjša in običajno manj vidna.

Pomanjkljivosti:

- Počasnejša integracija (ni kostnih blokov): ker so tetive pritrjene v kostnih tunelih brez kostnih blokov, je kostna integracija počasnejša.
- Oslabitev fleksorje kolena: odstranitev tetiv lahko povzroči rahlo, a včasih merljivo oslabitev upogibnih mišic, čeprav je telo običajno sposobno kompenzirati.
- Tveganje za širjenje kostnih tunelov (tunnel widening): večje tveganje za povečanje premera kostnih tunelov, kar lahko vpliva na stabilnost vsadka in oteži morebitno revizijsko operacijo.
- Potencialna poškodba saphenusnega živca.
- Variabilna velikost vsadka: velikost tetiv je odvisna od posameznika, kar lahko vpliva na optimalno debelino vsadka.
- Večje tveganje od infekta.

3. Kvadricepsni tetivni vsadek (QT - Quadriceps Tendon Autograft)

Prednosti:

- Večji vsadek: kvadricepsna tetiva je zelo močna in debela, kar omogoča pridobitev velikega in močnega vsadka.
- Manjša incizija in bolečina na mestu odvzema kot BTB.
- Ohranja hamstringe: ne vpliva na moč upogibalk kolena.
- Manjše tveganje za poškodbe živcev: manjše tveganje za poškodbe živcev kot pri hamstringih.
- Uporabna pri revizijah: primeren tudi za revizijske operacije, če so druga lastna tkiva že uporabljena.

Pomanjkljivosti:

- Relativno nova tehnika: čeprav se uporablja že dolgo, je širše uveljavljanje prišlo šele v zadnjem desetletju, zato imamo manj dolgoročnih podatkov v primerjavi z BTB in hamstringi.
- Potencialna šibkost ekstenzorjev: čeprav manjša kot pri BTB, obstaja možnost rahle oslavitve moči iztegovalk kolena.

4. Alografti (uporaba nelastnega kitnega presadka)

Prednosti:

- Brez bolečine na mestu odvzema (donor site morbidity): ker se tkivo ne odvzame od pacienta, ni dodatnih bolečin, brazgotin ali tveganj, povezanih z odvzemom tkiva.
- Krajši operativni čas: operacija je lahko hitrejša, saj ni potreben čas za odvzem vsadka.
- Možnost uporabe pri multiligamentarnih poškodbah in revizijah: uporabno pri pacientih z večkratnimi poškodbami vezi ali revizijskih operacijah, kjer lastnega tkiva primanjkuje.
- Predvidljiva velikost vsadka: vsadek je enostavno izbrati v želeni velikosti.

Pomanjkljivosti:

- Počasnejša integracija: integracija v pacientovo telo je počasnejša, saj je tkivo darovalca; to lahko pomeni daljši čas celjenja.
- Tveganje za prenos bolezni (zelo majhno): kljub strogim presejalnim postopkom in obdelavi tkiva, vedno obstaja teoretično tveganje za prenos virusnih bolezni (npr. HIV, hepatitis), čeprav je izredno majhno.
- Višja stopnja ponovnih ruptur: pri mlajših in aktivnih posameznikih, še posebej pri vrhunskih športnikih, so nekatere študije pokazale višjo stopnjo ponovnih ruptur v primerjavi z avtografiti.
- Višji stroški: alografti so dražji od avtografov zaradi procesiranja in testiranja.
- Počasnejši povratek k športu: zaradi počasnejše integracije se običajno priporoča daljše obdobje rehabilitacije pred polno vrnitvijo k športu.

Odločilni dejavnik za uspeh operacije sprednje križne vezi je, da poseg poskusimo izvesti čim bolj individualizirano in anatomsko pravilno: kostni tunel na stegenici in golenici postavimo na anatomsko mesto, kjer je bila prej naravna sprednja križna vez in da je vsadek po obliki, velikosti in napetosti čim bolj podoben prvotni vezi.

Diagram 1: Prednosti in pomanjkljivosti različnih vsadkov pri rekonstrukciji LCA

ACL Reconstruction Graft Options

in | | | f | X

Bone-Patellar Tendon-Bone (BPTB) Autograft

Right knee anterior view

Risks:

+ Fastest incorporation	- Knee extensor weakness
+ Low revision rate	- Anterior knee pain
+ Improved return-to-sport	- Patella fracture/tendon rupture
	- Arthritis

Hamstring Tendon (HT) Autograft

Right knee medial view

Risks:

+ May use in skeletally immature	- Knee flexor weakness
+ Small harvest incision	- Saphenous nerve injury
+ Avoids extensor mechanism	- Bone tunnel widening
	- Higher risk of infection

Quadriceps Tendon (QT) Autograft

Right knee anteromedial view

Risks:

+ May use in skeletally immature	- Knee extensor weakness
+ Large diameter graft	- Limited long-term outcome data
+ Small harvest incision	

Allografts

Allografts

Risks:

+ No donor site morbidity	- Higher failure rate in young athletes
+ Reduced surgical time	- Lower return-to-sport
+ Predictable graft size	- Higher cost

Eric V. Neufeld, MD; Jonathan Sgaglione, BS; Nicholas A. Sgaglione, MD

Abstract and disclosure of potential author conflicts of interest are available at <https://www.arthroscopyjournal.org/infographiclibrary>

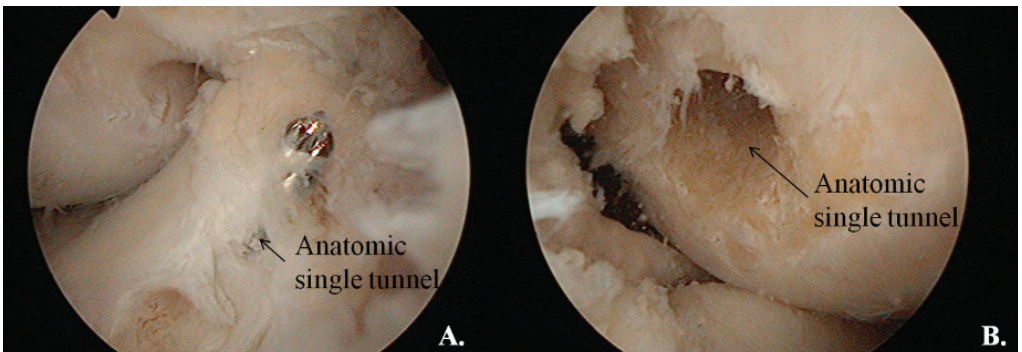
Vir: Arthroscopy. Available online at www.arthroscopyjournal.org

Operativna tehnika

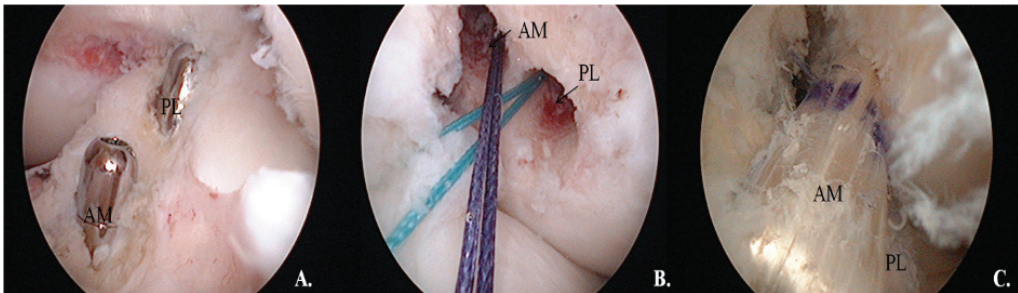
Sam operativni poseg vedno pričenjamo z diagnostično artroskopijo kolena, ki je namenjena podrobnemu pregledu kolena in odkrivanju spremljajočih poškodb drugih sklepnih struktur, kot so medialni in lateralni meniskus, hrustančne površine in zadnja križna vez. Anterolateralni portal, ki je bil vedno vzpostavljen prvi, postavimo višje kot običajno – ob lateralni rob pogačice. Ta položaj nam omogoča odličen pregled nad celotnim kolenom, predvsem pogled na narastišče sprednje križne vezi na golenico (*tibio*). Pod kontrolo artroskopa nato postavimo medialni portal, ki leži približno en centimeter medialno od medialnega roba patelarnega ligamenta in nekaj milimetrov nad medialnim meniskusom. Na koncu naredimo dodatni medialni portal, ki ga vedno poskusimo vzpostaviti čim bolj medialno, nizko, pri tem pa pazimo, da ne poškodujemo hrustanca na medialnem kondilu stegenice (femorja) in medialnega meniskusa. Ta portal je zelo pomemben zaradi vizualizacije medialne stene lateralnega kondila femorja, kjer se nahaja narastišče sprednje križne vezi. Postavitev femoralnega tunela skozi dodatni medialni portal povzroča skrajšanje dolžine tunela in poveča tveganje za predrtnje lateralnega femoralnega kortikalisa. Temu intraoperativnemu zapletu se lahko

izognemo tako, da koleno pri postavitvi femoralnega tunela pokrčimo (flektiramo) do najmanj 120 stopinj.

Označimo mesto narastišča nativna vez na femur in na tibijo, v kolikor je to možno. Pri primerih, kjer gre za staro poškodbo sprednje križne vezi, to ni izvedljivo. Nato si prikažemo kostni greben na femorju (*lateral intercondylar ridge in lateral bifurcate ridge*). Mesto vhoda ali začetka tunela na medialni faseti lateralnega kondila femorja je na sredini narastišče nativna vez, v kolikor smo ju uspeli identificirati. Pri kroničnih primerih, kjer identifikacija ni možna, postavimo tunel pod »*lateral intercondylare ridge*« in točno na »*lateral bifurcate ridge*«. V primerih, kjer tudi to ni izvedljivo, naredimo tunel v spodnji tretjini medialne stene lateralnega femoralnega kondila, približno v sredini. Nato pripravimo tibialni tunel, uporabimo ciljni inštrument (DePuy Mitek, Raynham, Massachusetts) pod kotom 55 stopinj in ciljamo na center narastišča -ekstraartikularno (distalno) ciljni inštrument postavimo približno tri centimetre medialno od tuberositas tibije. Sledi uvajanje presadka. Najprej uvedemo žico z zanko in nitko v femoralni in tibialni tunel, nato pod kontrolo artroskopa uvedemo presadek in ga fiksiramo na femur s posebnim zatičem (endobutton). Na podoben način uvedemo tudi presadek



Slika 9 - Anatomska pozicija kostnih tunelov pri rekonstrukciji LCA



Slika 10 – Anatomska dvosnopna rekonstrukcija LCA

za anteromedialni snop. Koleno pokrčimo od 0 do 120 stopinj približno 25-krat. Na koncu oba presadka učvrstimo (fiksiramo) z resorbilnim vijakom ali z gumbom. Na koncu preverimo še položaj in napetost (tenzijo) presadkov v sklepu.

Novosti pri zdravljenju poškodb sprednje križne vezi

Ohranitev vezi (ACL repair) - ponovni vzpon tehnike

V preteklosti je bila primarna rekonstrukcija standard. Zaradi slabših rezultatov je bila metoda opuščena. V zadnjih letih pa pri izbranih, predvsem proksimalnih rupturah, ponovno pridobiva pomen tehnika primarnega popravila oziroma pretrgana vez obšije ali ponovno pritrdi na golenico oziroma stegnenico.

Sodobne tehnike vključujejo:

- notranjo opornico (internal brace),
- biološko podporo celjenju.

Ta pristop omogoča:

- ohranitev propriocepcije,
- hitrejšo rehabilitacijo,
- manjšo morbiditeto.

Biološke inovacije

Velik obetaven napredek se dogaja na področju biološke augmentacije:

- uporaba PRP (platelet-rich plasma),
- uporaba matičnih celic,
- bioaktivni nosilci za izboljšanje osteointegracije presadka.

Raziskave potekajo tudi v smeri izboljšanja biološkega celjenja kostno-tetivnega spoja, ki je ključen za dolgoročno stabilnost.

V praksi teh novitete še ne uporabimo.

Anterolateralni ligament (ALL) in dodatna stabilizacija

V zadnjem desetletju je več pozornosti namenjene anterolateralnemu kompleksu kolena. Pri bolnikih z izrazito rotacijsko nestabilnostjo, pri mlajših od 25 let in pri ponovnih rupturah se vse pogosteje izvaja dodatna ojačitev po zunanji strani kolena (lateralna tenodeza ali rekonstrukcija ALL), kar zmanjšuje tveganje za ponovne rupture, zlasti pri mladih športnikih.

Rekonstrukcija sprednje križne vezi (ACL) uspešno obnavlja anteroposteriorno stabilnost kolena, vendar pri določenih podskupinah pacientov persistentna rotacijska nestabilnost, kljub uspešni rekonstrukciji ACL, ostaja klinični izziv. To

je še posebej izrazito pri posameznikih z visoko stopnjo rotacijske nestabilnosti pred operacijo, pri mladih, aktivnih športnikih in po revizijskih posegih. Razumevanje in obravnava te lateralne rotacijske ohlapnosti sta privedla do ponovnega zanimanja za kirurške tehnike, ki komplementirajo intraartikularno rekonstrukcijo ACL, in sicer predvsem anatomsko rekonstrukcijo anterolateralnega ligamenta (ALL) ter lateralno ekstraartikularno tenodezo (LET). Čeprav obe metodi obravnavata lateralno rotacijsko nestabilnost, se razlikujeta v anatomskih tarčah in biomehanskih principih.

Anatomska rekonstrukcija anterolateralnega ligamenta (ALL)

Kirurška tehnika

Anatomska rekonstrukcija ALL si prizadeva reproducirati biomehanske in anatomske lastnosti izvornega ligamenta. Najpogosteje se uporablja avtologni vsadek, kot je tetiva mišice gracilis. Vsadek se fiksira na anatomsko prirastišča ALL na lateralnem epikondilu femorja in anterolateralni golenici, običajno z uporabo kostnih tunelov ali površinskih fiksacijskih tehnik. Pred operacijo je ključna natančna predoperativna načrtovanje glede optimalnih izometričnih točk prirastišč, da se prepreči preobremenitev vsadka ali omejitev gibljivosti kolena.

Prednosti in dileme

Prednost anatomske rekonstrukcije ALL je njena fiziološka narava, saj skuša obnoviti specifično strukturo. Biomehanski podatki kažejo, da lahko učinkovito zmanjša notranjo rotacijo golenice in tako zmanjša bremenitev na intraartikularni ACL vsadek. Vendar pa je dolgoročnih kliničnih izidov v primerjavi s preprostejšimi tehnikami, kot je LET, še vedno premalo. Poleg tega je natančno

določanje lokacije stegnениčnih in golenčnih prirastišč zelo pomembno. Nepravilna umestitev lahko privede do prekomerne napetosti vsadka, omejitve obsega gibljivosti ali nezadostne stabilizacije.

Lateralna ekstraartikularna tenodeza (LET)

Lateralna ekstraartikularna tenodeza (LET) je preizkušena tehnika, ki jo poznamo že desetletja in je v zadnjem času doživela renesanso. Njen namen je ojačati lateralni kolateralni ligamentarni kompleks in iliotibialni trakt, s čimer se zmanjša anterolateralna rotacijska nestabilnost in ustvarja dodatno stabilnost na lateralni strani kolena, s ciljem zmanjšanja obremenitve na ACL vsadek.

Kirurška tehnika

Obstaja več različic LET, vendar je osnovni princip podoben: uporaba avtolognega vsadka (najpogosteje pasu iz iliotibialnega trakta, ki ga delno sprostimo. Ta pas se nato spelje pod lateralnim kolateralnim ligamentom in fiksira na lateralni strani stegenice (npr. na lateralnem epikondilu stegenice ali ob distalni inserciji lateralnega kolateralnega ligamenta).

Trenutno se obe tehniki uporabljata kot dodatni poseg poleg intraartikularne rekonstrukcije ACL, zlasti pri pacientih, ki so izpostavljeni visokemu tveganju za ponovno rupturo ACL.

Indikacije vključujejo:

- mladi pacienti (<25 let) s pozitivnim pivot-shift testom (stopnja 2-3),
- pacienti, ki se ukvarjajo z vrhunskimi pivotnimi športi (npr. nogomet, košarka, smučanje),
- pacienti z revizijsko rekonstrukcijo ACL.

Kljub naraščajočemu številu raziskav ostajajo debate o tem, katera od teh tehnik je optimalna in v katerih specifičnih primerih.

Rehabilitacija - od časovnega do funkcionalnega modela

Rehabilitacija po rekonstrukciji sprednje križne vezi je zahtevna. Ključnega pomena je, da poteka nadzorovano, pod vodstvom ustrezno usposobljenega fizioterapevta, ki dobro pozna omejitve in cilje posameznih faz okrevanja. Priporočljiva je individualna fizioterapija, program pa je treba prilagajati napredku in sposobnostim posameznika ob upoštevanju bioloških procesov celjenja tkiv. Kakovostna in dosledna rehabilitacija je ključna za vrnitev na enako raven zmogljivosti kot pred poškodbo.

Ena največjih sprememb v zadnjih letih je prehod s časovno določene rehabilitacije (npr. povratek v šport po 6 mesecih) na kriterijsko oziroma funkcionalno usmerjen pristop.

Sodobni koncepti vključujejo:

- objektivne meritve moči (izokinetika),
- testiranje simetrije skokov,
- oceno psihološke pripravljenosti na povratek v šport.

Vedno več dokazov kaže, da prezgodnji povratek v šport znatno poveča tveganje za ponovno rupturo.

Kako zdravim poškodbe sprednje križne vezi?

Čim prej po poškodbi želimo postaviti dokončno diagnozo in oceniti stanje vseh struktur v kolenskem sklepu in okoli njega. Zato najprej opravimo temeljit klinični pregled, kolikor bolečina to dopušča. Nato bolnika napotimo na MRI z jasno

zastavljenim kliničnim vprašanjem, na katero prosim radiologa, da poda odgovor.

Če ne gre za multiligamentarno poškodbo, se ne odločimo za zgodnje operativno zdravljenje.

Če gre za rupturo, pri kateri obstaja možnost celjenja, se odločimo za konzervativno zdravljenje in kontrolni MRI po približno 10 tednih, na podlagi te preiskave in kliničnega pregleda se nato odločimo za nadaljevanje konzervativnega zdravljenja ali za operativni poseg.

Tudi pri rupturah, kjer je že od začetka jasno, da ni možnosti za celjenje, se odločimo za odloženo operativno zdravljenje. Počakamo 6 do 8 tednov, da dosežemo popolno gibljivost, umirjeno koleno in ustrezno mišično moč. Zato je nujno čim prej začeti s fizioterapijo, saj je sicer tveganje za zaplete po operaciji (adhezije, zmanjšana gibljivost) večje.

Pri izvedbi operacije stremim k anatomski in individualno prilagojeni rekonstrukciji, ob upoštevanju anatomskih variacij in ravni aktivnosti posameznika.

Dolga leta smo kot presadek uporabljali del pogačične vezi s kostnima blokoma (BTB), pozneje tetivo semitendinozusa, v zadnjih letih pa izbiramo presadka prilagajamo posamezniku: pri zelo aktivnih posameznikih uporabljamo tetivo kvadricepsa, pri manj aktivnih pa tetivo semitendinozusa.

Pri fiksaciji uporabljamo metode, ki zagotavljajo maksimalno stabilnost in hkrati čim manj ovirajo celjenje. Lateralno ojačitev izvedemo pri mlajših od 25 let, pri revizijskih operacijah in pri pacientih z izrazito rotacijsko nestabilnostjo.

Rehabilitacijo začnemo že prvi dan po operaciji. Vrnitev k športni aktivnosti

dovoljujemo po 9–12 mesecih in na podlagi objektivnih kriterijev, kot je objektivna meritev moči (izokinetika).

Pogled v prihodnost

Prihodnost zdravljenja ACL bo temeljila na:

- individualiziranem pristopu,
- biološki regeneraciji vezi,
- napredni biomehanski analizi,
- uporabi umetne inteligence pri načrtovanju zdravljenja,
- integraciji genetskih dejavnikov tveganja.

Cilj ni več zgolj stabilno koleno, temveč dolgoročno ohranjanje sklepa in zmanjšanje tveganja za artrozo.

ZAKLJUČEK

Poškodba sprednje križne vezi ostaja kompleksna ortopedska problematika, vendar so sodobne kirurške tehnike, biološke inovacije in napredna rehabilitacija bistveno izboljšale rezultate zdravljenja. Premik k individualiziranemu, biološko podprtemu in funkcionalno usmerjenemu pristopu predstavlja najpomembnejšo novost zadnjega desetletja.

Literatura

1. Chabra, A., Elliot, C. C., & Miller, M. (2003). Anatomy and biomechanics of the knee. In G. C. Fanelli (Ed.), *The multiple ligament injured knee* (pp. xx-xx). Springer. (*Opomba: Manjka podatkov o straneh v izvirni referenci.*)
2. Chabra, A., Starman, J., Ferretti, M., Vidal, A. F., Zantop, T., & Fu, F. H. (2006). Anatomic, radiographic, biomechanical, and kinematic evaluation of the anterior cruciate ligament and its two functional bundles. *J Bone Joint Surg Am*, 88(1), 2–10.
3. Edwards, A., Bull, A. M., & Amis, A. A. (2007). The attachments of the anteromedial and posterolateral fibre bundles of the anterior cruciate ligament: Part 1, tibial attachment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 15(11), 1414–1421.
4. Edwards, A., Bull, A. M., & Amis, A. A. (2008). The attachments of the anteromedial and posterolateral fibre bundles of the anterior cruciate ligament: Part 2, femoral attachment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 16(1), 29–36.
5. Girgis, F. G., Marshall, J. L., & Monajem, A. (1975). The cruciate ligaments of the knee joint (Anatomical, functional and experimental analysis). *Clin Orthop Relat Res*, 106, 216–231.
6. Harner, C. D., Olson, E., Irrgang, J. J., Silvetti, M. S., Fu, F. H., & Starz, T. W. (1996). Allograft versus autograft anterior cruciate ligament reconstruction (3- to 5-year outcome). *Clin Orthop Relat Res*, 324, 134–144.
7. Hussein, M. (2021). *Ortopedija za fizioterapevte*. Založba Univerze v Novem mestu.
8. Hussein, M., van Eck, C. F., Cretnik, A., Dinevski, D., & Fu, F. H. (2012). Prospective randomized clinical evaluation of conventional single-bundle, anatomic single-bundle, and anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 40(9), 1957–1965.
9. Insall, J. N., & Kelly, M. A. (1993). Anatomy. In J. N. Insall (Ed.), *Surgery of the knee* (2nd ed., pp. 1–20). Churchill Livingstone.
10. Schultz, W. R., & Carr, C. F. (2002). Comparison of clinical outcomes of reconstruction of the anterior cruciate ligament (autogenous patellar tendon and hamstring grafts). *Am J Orthop*, 31(11), 613–620.

PREDOPERATIVNA FIZIOTERAPIJA PRED REKONSTRUKCIJO SPREDNJE KRIŽNE VEZI (ACL)

Martin Zore, diplomirani fizioterapevt
ARTROS REHA

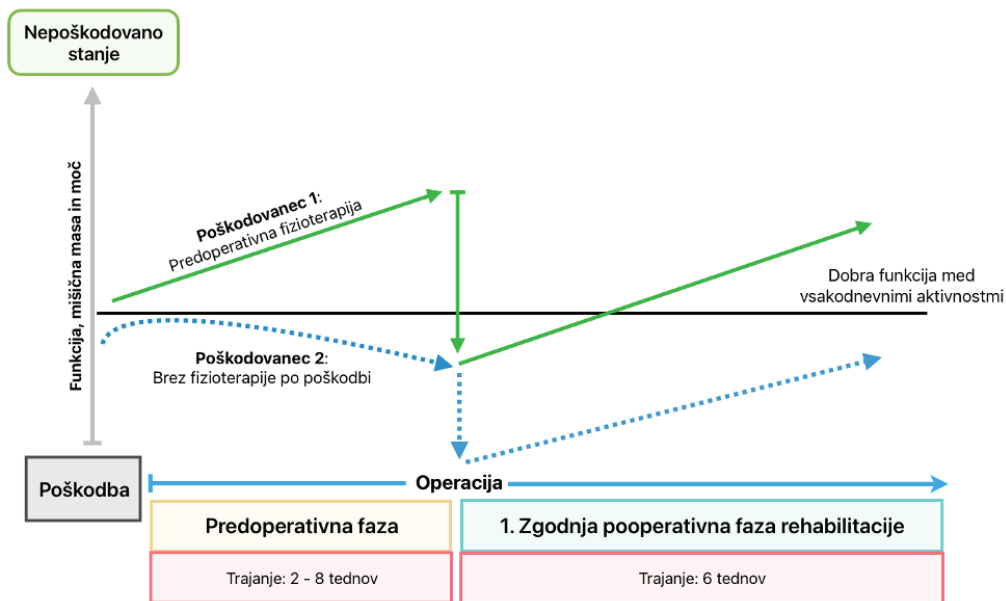
Predoperativna fizioterapija oziroma prehabilitacija se vse pogosteje priporoča kot rutinska dopolnitev priprave na rekonstrukcijo sprednje križne vezi (ACL), namenjena optimizaciji funkcionalnega in psihološkega stanja poškodovanca pred operativnim posegom [1-3]. Njen cilj je izboljšati izide zdravljenja, preprečiti ponovitev poškodbe in ohraniti funkcijo - z zmanjšanjem bolečine in pooperativnih zapletov, izboljšanjem mišične jakosti in obsega gibljivosti, krajšo hospitalizacijo, hitrejšim vračanjem k telesni dejavnosti in boljšimi izidi, o katerih poročajo bolniki sami. V slovenskem prostoru primanjkuje informacij o njeni klinični učinkovitosti in časovni smiselnosti. Namen tega narativnega pregleda literature je predstaviti (1) predoperativne prognostične dejavnike, ki vplivajo na izide rekonstrukcije ACL, (2) časovno smiselnost operativnega posega in klinične kriterije za njegovo izvedbo (mirno koleno, simetrija mišične jakosti, individualizacija glede na pridružene poškodbe) ter (3) praktična priporočila za varno in učinkovito fizioterapijo v obdobju priprave na operacijo.

Uvod

Predoperativno fizioterapijo pred ortopedskim posegom imenujemo tudi 'pred operativna rehabilitacija' ali kar v žargonu 'prehabilitacija'. Definiramo jo kot fizično pripravo v obdobju neaktivnosti oz. zmanjšane aktivnosti pred operacijo [4]. Njen cilj je izboljšati bolnikovo funkcionalno, telesno in psihološko zmogljivost pred pričakovanim kirurškim posegom in s tem povečati njegovo odpornost in hitrejšo

okrevanje med pooperativno rehabilitacijo (Slika 1).

Preoblikovanje »čakalnih seznamov« za predvidene operacije v »pripravljalne sezname« je koncept, ki postaja vse bolj uveljavljen v zdravstvenih sistemih po svetu. Ko se pacient odloči za operacijo sklepa, začne z njegovo optimalno pripravo na operacijo, in sicer v obdobju, ko je pacient praviloma najbolj motiviran in dovzeten za spremembe.



Slika 1 – Koncept prehabilitacije. Po večjem kirurškem posegu vsi bolniki doživijo akutni padec fiziološke rezerve/funkcionalne zmogljivosti (funkcije, mišične mase in moči), čemur sledi faza okrevanja in rehabilitacije (poškodovanec 2, modra črtkana črta). Nizka fiziološka rezerva/funkcionalna zmogljivost lahko poveča tveganje za pooperativne zaplete in povzroči počasnejše okrevanje (B). Predhabilitirani bolnik ima lahko v času operacije večjo fiziološko rezervo/funkcionalno zmogljivost, kar omogoča hitrejše in popolnejše pooperativno okrevanje (zelena črta) in lažje prehajanje med fazami rehabilitacije. Prirejeno po [3].

Pasivno čakanje na operacijo zamenjave sklepa lahko povzroči do 25 % zmanjšanje telesne zmogljivosti, 53 % poslabšanje kakovosti življenja ter poslabšanje bolečine pri več kot 80 % bolnikov [5]. Ker se čakalne dobe za predvidene operativne posege razlikujejo tudi znotraj posameznega zdravstvenega sistema, lahko prav dolžina tega »čakalnega« obdobja pomembno določa trajanje in obseg prehabilitacije. Podrobnosti pripravljalnega obdobja so zato odvisne predvsem od pacientovih individualnih potreb, dejavnikov tveganja in predvidenega termina operativnega posega.

Po številnih kirurških posegih so boljše predoperativno zdravstveno stanje, večja telesna zmogljivost in boljši nadzor pridruženih bolezni povezani z ugodnejšimi pooperativnimi izidi, kot so manj zapletov,

krajša hospitalizacija, boljše celjenje rane in hitrejše funkcionalno okrevanje. To je posebej pomembno pri bolnikih z večjim operativnim tveganjem, na primer pri starejših odraslih, osebah z debelostjo, presnovnim sindromom, sladkorno boleznijo ali slabšo telesno zmogljivostjo [6].

V ortopediji ima prehabilitacija posebno vlogo, saj je izid operativnega zdravljenja lahko odvisen tudi od začetnega funkcionalnega stanja bolnika. Pri operativnih posegih na kolenu, kot so rekonstrukcija sprednje križne vezi, artroskopski posegi ali totalna endoproteza kolena, lahko predoperativni primanjkljaji v mišični jakosti, obsegu gibljivosti, hoji, ravnotežju in nadzoru bolečine pomembno vplivajo na potek pooperativne rehabilitacije. Zato je smiselno pred posegom prepoznati

spremenljive dejavnike tveganja in jih, kadar je mogoče, nasloviti [7].

Kljub intuitivni smiselnosti prehabilitacije pa njena uporaba pred operativnimi posegi na kolenu ne sme biti nekritična. Ključno vprašanje ni le, ali je predoperativna fizioterapija koristna, temveč pri katerih bolnikih, pred katerimi posegi, v kakšnem obsegu in v katerem časovnem oknu je klinično upravičena. Pri nekaterih bolnikih lahko že kratek in ciljno usmerjen program bistveno izboljša pripravljenost na operacijo, medtem ko lahko pri drugih predolgo odlaganje posega brez jasnega funkcionalnega napredka pomeni nepotrebno podaljševanje težav in celo tveganje za dodatne poškodbe.

Namen tega prispevka je zato predstaviti klinično učinkovitost in časovno smiselnost fizioterapije pred operativnimi posegi na kolenu. Zaradi obsežnosti teme se v tem prispevku fokusira na skupino pacientov s poškodbo ACL. Poseben poudarek bo namenjen razumevanju, kdaj je predoperativna fizioterapija strokovno utemeljena, kateri cilji so v tem obdobju najbolj relevantni in kako lahko fizioterapevt prispeva k boljši pripravi bolnika na operacijo ter k uspešnejšemu pooperativnemu okrevanju.

Predoperativni dejavniki, ki vplivajo na pooperativne izide

Na okrevanje po operativni rekonstrukciji ACL (ACLR) vplivajo dejavniki, ki so povezani z zgodnjo povrnitvijo funkcije in kasnejšim opravljanjem aktivnosti kot pred poškodbo. Mnogi avtorji so v literaturi opisali prognostične dejavnike, ki so že pred operativnim posegom povezani z boljšim in hitrejšim okrevanjem. Razumevanje teh dejavnikov nas usmerja pri izboru rehabilitacijskih strategij pred kirurško rekonstrukcijo ACL [8,9].

Dejavniki, ki ugodno vplivajo na pooperativne izide, so: moški spol, starost pod 30 let, rekonstrukcija ACL znotraj treh mesecev po poškodbi, dobra simetrična jakost kvadricepsa (QF) – razlika v največji moči med poškodovano in nepoškodovano nogo manjša od 20 % – ter visoka stopnja telesne aktivnosti pred poškodbo. Dejavniki, ki negativno vplivajo na pooperativne izide, so: kajenje, debelost (visok indeks telesne mase – ITM), deficiti v jakosti QF večji od 20 %, pridružene poškodbe kolena (meniskusov, obstranskih vezi, zadnje križne vezi in sklepnega hrustanca) ter omejitve v obsegu gibljivosti kolena [10,11].

Predoperativna anteriorna laksnost (merjena s sprednjim predalčnim testom) na pooperativno rehabilitacijo in funkcionalne izide ACLR ne vpliva. Vloga predoperativnih prognostičnih dejavnikov je zaradi omejenih dokazov še vedno le delno pojasnjena [8].

Mišično-funkcionalni dejavniki

Predoperativni deficit mišične jakosti kvadricepsa (QF) je eden izmed najpomembnejših napovednikov pooperativnih funkcionalnih izidov. Razlika v največji sili med poškodovano in nepoškodovano nogo, manjša od 20 %, pozitivno vpliva na izide po ACLR; večji deficiti so povezani s slabšim okrevanjem (Grindem idr. 2015). Prav zato literatura priporoča predoperativno fizioterapevtsko obravnavo, kot pomemben del rehabilitacije pri poškodbah ACL.

Poleg jakosti QF imata pomembno vlogo tudi obseg gibljivosti kolena in stanje pridruženih struktur (meniskusi, hrustanec, obstranske vezi). Omejitve obsega giba in pridružene poškodbe otežujejo rehabilitacijo ter zahtevajo daljši čas okrevanja. Eden pomembnejših ciljev predoperativne fizioterapije je vzpostavitev polne ekstenzije (hiperekstenzija, ki je

primerljiva z zdravo stranjo) in zadostno fleksije kolena (vsaj 120 st.) pred operativnim posegom. Omejena ekstenzija pred operacijo lahko oteži zgodnjo pooperativno rehabilitacijo, vpliva na vzorec hoje in poveča tveganje za dolgotrajnejše težave z gibljivostjo. Razpoložljivi dokazi kažejo, da lahko predoperativna fizioterapija prispeva k boljšemu okrevanju fleksije in ekstenzije v zgodnji pooperativni fazi. Ugotovitev je skladna s kliničnim načelom, da je pred rekonstrukcijo ACL smiselno doseči čim boljši obseg gibljivosti. Dobro predoperativno stanje poškodovanega kolena pripomore k boljšim izidom ACLR in omogoča lažjo ter hitrejšo pooperativno rehabilitacijo (Grindem idr. 2015).

Demografski in vedenjski dejavniki

Spol je eden izmed ključnih demografskih napovednikov izidov ACLR. Ženske imajo v primerjavi z moškimi v povprečju slabšo funkcijo kolena in večjo incidenco ponovnih poškodb ACL. Prognoza je za ženske slabša že pred operacijo ter eno in dve leti po ACLR (Ageberg 2010). Ženske so 2- do 8-krat bolj nagnjene k ponovni poškodbi, kar rehabilitacijo ženskih poškodovank dodatno otežuje (Hewett idr. 2016). Mlajši poškodovanci (pod 30 let) in tisti z visoko stopnjo telesne aktivnosti pred poškodbo dosejajo boljše funkcionalne rezultate.

Kajenje je vedenjski dejavnik z jasno negativnim učinkom: kadilci dosejajo slabše izide pred ACLR ter po enem, dveh in petih letih po operaciji (Ahlden idr. 2012). Podobno debelost - povišan ITM - negativno vpliva na biomehaniko kolena in pooperativno rehabilitacijo. Navedeni demografski in vedenjski dejavniki skupaj z mišično-funkcionalnim stanjem kolena tvorijo osnovo za individualiziran pristop k predoperativni fizioterapevtski obravnavi.

Časovna smiselnost operativnega posega pri poškodbi ACL

Določitev optimalnega časa rekonstrukcije sprednje križne vezi (ACL) je ena ključnih kliničnih odločitev, ki vpliva na potek rehabilitacije in končni izid zdravljenja. V literaturi ni enotnega soglasja o najprimernejšem časovnem oknu, vendar avtorji izpostavljajo tri vodila, ki naj bi usmerjala odločitev: (1) značilnosti in cilji posameznega pacienta, (2) lokalno stanje poškodovanega kolena ob predvideni operaciji ter (3) širši klinični in psihosocialni kontekst [1,9,12].

Prvo vodilo so značilnosti pacienta. Razlikovati moramo med poškodovanci, pri katerih je smiselno zgodnejši operativni poseg in tistimi, pri katerih je primernejši odložen poseg. Možnost dolgotrajno učinkovite hitre kirurške rekonstrukcije poškodovane ACL je pomembna za profesionalne športnike in za druge posameznike, za katere je pomembno čimprej polno okrevanje. Možnost uspešne kasnejše, odložene kirurške rekonstrukcije ACL je pomembna za poškodovance, ki si želijo odloženo rekonstrukcijo ali zaradi pridruženih internističnih boleznih, ki zahtevajo daljšo predoperativno pripravo ali zaradi pridruženih drugih poškodb (politravme), ki zahtevajo prednostno obravnavo quad vitam pred kirurško rekonstrukcijo poškodovane ACL.

Drugo in tretje vodilo se prepletata: lokalno stanje kolena (oteklina, gibljivost, jakost kvadricepsa, pridružene poškodbe meniskusa, hrustanca in drugih vezi) ter širši kontekst pacienta (poklicne in šolske obveznosti, družinske okoliščine, psihično stanje). Sam čas, pretečen od poškodbe, je torej le eden od dejavnikov. Standardiziranega multifaktorskega algoritma za določanje optimalnega časa rekonstrukcije ACL še nimamo; razvoj takega orodja ostaja prednostna naloga prihodnjih raziskav [12].

Zgodnja in pozna rekonstrukcija ACL

Tradicionalno je veljalo, da je smiselna čimprejšnja rekonstrukcija poškodovane ACL, najboljše takoj po postavitvi diagnoze. Slabi izidi takojšnjih posegov, predvsem omejena pooperativna gibljivost kolena zaradi pogoste artrofibroze, so ortopedi v preteklosti vodili k raziskovanju vzrokov za različne izide [13]. Nekateri avtorji so zato priporočili, naj se poseg izvede šele po vsaj treh tednih [13,14]. Nadaljnje raziskave pa so pokazale, da čas operacije ne pogojuje izključno s časom poškodbe: pri pacientih, ki so pred posegom dosegli normalno gibljivost kolena, uplahnitev edema, dobro kontrakcijo m. quadriceps femoris, dober nadzor gibanja in ustrezno psihološko pripravljenost, je bila možnost dobrih izidov večja po rekonstrukcije ACL, ne glede na pretekli čas [14].

Novejše raziskave pa kažejo, da zgodnja operacija, tudi v obdobju ≤ 10 dni po poškodbi, ob uporabi sodobnih kirurških tehnik in rehabilitacijskih pristopov ne poveča tveganja za artrofibrozo ali togost sklepa v primerjavi s kasnejšo operacijo [15]. Metaanaliza iz leta 2024, ki je primerjala rekonstrukcijo ACL v obdobju ≤ 10 dni z rekonstrukcijo po ≥ 3 tednih, je pokazala primerljive stopnje otdelosti sklepa in ponovnih operacij [15].

Pregledi literature ugotavljajo, da ni univerzalno najboljšega časa za izvedbo rekonstrukcije ACL. Vendar se pri kandidatih za operativno zdravljenje praviloma odsvetuje odlašanje posega za več kot približno 3–6 mesecev, saj se s časom povečuje tveganje za dodatne poškodbe meniskusa in sklepnega hrustanca [16].

Klinični kriteriji pred ACLR

Iz zgornjih spoznanj izhajajo trije klinični kriteriji, ki naj usmerjajo odločitev o času

rekonstrukcije ACL: (1) mirno koleno, (2) funkcionalna simetrija mišične jakosti in (3) individualna prilagoditev glede na pridružene poškodbe.

Prvi in najbolj uveljavljen klinični kriterij je, da je koleno pred posegom "mirno". To pomeni, da pacient pred operacijo doseže:

- poln pasivni izteg in fleksijo $\geq 120^\circ$,
- odsotnost zmernega ali večjega edema in hipertermije sklepa,
- izvajanje lažjih vsakodnevnih aktivnosti brez izrazitih težav.

Drugi kriterij je funkcionalna simetrija mišične jakosti: izpad maksimalnega navora iztegovalk poškodovanega kolena naj bo manjši od 20 % v primerjavi z neprizadeto stranjo (oz. doseženih vsaj 80 % navora). Poškodovanci, ki tega praga pred operacijo ne dosežejo, imajo patološko znižano jakost iztegovalk še dve leti po posegu [5,7]. Mejnik 80 % se zato vse pogosteje uporablja kot funkcionalni pogoj za načrtovanje rekonstrukcije, ne le kot cilj rehabilitacije.

Tretji kriterij je individualizacija. Dve poškodbi ACL nista enaki, zato moramo pri določanju časa posega in oblikovanju predoperativne fizioterapije upoštevati pridružene poškodbe, čas celjenja tkiv in stopnjo vnetja v kolenu. Pridružene poškodbe, ki pomembno spremenijo potek priprave na operacijo, so:

1. simptomatska poškodba meniskusa,
2. pridružene poškodbe kolateralnih ligamentov 3. in 4. stopnje,
3. poškodba hrustanca (hondroza) ali prisotnost pridruženih zlomov kosti (frakture),
4. prekomeren izliv v kolenu, ki vodi v omejitve gibljivosti zaradi brazgotinskih zatrdlin.

Predlagani cilji predoperativne faze in nabor merjenih izidov so povzeti v Tabeli 1.

Tabela 1: **Predoperativna faza - Okrevanje po poškodbi in priprava na operacijo**

Predoperativni cilji	<ul style="list-style-type: none"> ■ Edukacija pacienta o pričakovanem stanju in rehabilitaciji po operaciji <ul style="list-style-type: none"> ● Kaj storiti takoj po operaciji (0-48 ur) ● Časovnica okrevanja (infografika) ■ Zmanjšanje otekline in bolečine ■ Povrnitev polnega iztega, postopno povečanje upogiba (aktivni obseg gibljivosti (OG): 0 - 125+ stopinj) ■ Pridobivanje »fiziološke, mišične rezerve«, več mišic za »izgubiti« - in več kapacitete za okrevanje ■ Doseganje simetrične maksimalne mišične jakosti (primanjkljaj navora < 20 %) med prizadeto in neprizadeto stranjo za: <ul style="list-style-type: none"> ● ekstenzorje kolena ● fleksorje kolena.
Predoperativno merjenje izidov	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pasivna ekstenzija kolena ■ Pasivna fleksija kolena ■ Oteklina / efuzija - Stroke test (Sturgill idr. 2009) <ul style="list-style-type: none"> ● 0: Noben val ni proizveden ● Sled: Majhen val na srednji strani s povlekom navzdol ● 1+: Velika izboklina na srednji strani s povlekom navzdol ● 2+: Efuzija se spontano vrne na medialno stran s povlekom navzgor ● 3+: Toliko tekočine, da izliva ni mogoče premakniti izven medialnega področja kolena ■ Mišična jakost - izokinetična dinamometrija <ul style="list-style-type: none"> ● V primeru, da testiranje prizadetega uda ni možno, testiramo samo neprizadet ud ■ Po poškodbi ACL opravimo testiranje mišične moči pred operacijo, ko so izpolnjeni naslednji kriteriji: <ul style="list-style-type: none"> ● preteče več kot 3 tedne od poškodbe ACL ● zadovoljiva gibljivost (min. 0-120 st. fleksije kolena), odsotnost zmernega edema in hipertermije sklepa. ■ V primeru pridruženih poškodb in stanj pa opravimo testiranje po zgoraj naštetih kriterijih, z izjemo, da testiranje opravimo minimalno 8 tednov po poškodbi oz. ko je koleno mirno in ko pacient lahko opravlja lahke vsakodnevne aktivnosti brez večjih težav. Ta stanja vključujejo: <ul style="list-style-type: none"> ● simptomatsko poškodbo meniskusa, pridružene poškodbe kolateralnih ligamentov 1. in 2. stopnje, lažjo simptomatsko obrabo hrustanca.
Posebnosti in pozornosti	<ul style="list-style-type: none"> ■ Izogibanje preobremenjevanju sklepa in epizodam nestabilnosti med vsakodnevnimi aktivnostmi

Predoperativna fizioterapija: cilji in komponente prehabilitacije

Avtorji študij so ugotovili ugodne učinke 6-tedenske predoperativne rehabilitacije na izboljšano funkcionalno zmogljivost poškodovancev 12 tednov po kirurški rekonstrukciji ACL [17]. Drugi avtorji [4] so potrdili še boljši učinek predoperativne rehabilitacije, ki je obsegala poleg običajne progresivne krepitve mišic nog tudi bolj zahtevne vaje proti uporu, stabilizacijske-nevromišične vaje oz. pertubacijski trening na boljše funkcionalne rezultate na višjo stopnjo uspešnega vračanja v aktivnosti dve leti po rekonstrukciji. Nekateri zato predlagajo, naj obravnavamo pred operativno rehabilitacijo kot standardno dopolnitev oskrbe pred kirurško rekonstrukcijo z namenom povečanja uspešnosti dolgoročnih funkcionalnih izidov po rekonstrukciji [18].

Smernice obravnave predoperativne rehabilitacije so podobne smernicam za običajno zgodnjo pooperativno obravnavo. Program pred operativne rehabilitacije mora slediti splošnim načelom rehabilitacije, ki upoštevata individualno obravnavo in se osredotočajo na doseganje specifičnih kliničnih mejnikov, ki upoštevajo celjenje tkiv, časovne okvire in dejavnike povezane z dobrimi dolgoročnimi izidi in slonijo po možnosti na t. im. z dokazi podprtimi protokoli.

Drugi raziskovalci so ugotovili leta 2009 pomen moči mišice m. quadriceps femoris vpliva na uspeh kirurške rekonstrukcije ACL. Poškodovanci z izpadom maksimalnega navora iztegovalk kolena večjim od 20 % po poškodbi so imeli patološko manjšo jakost teh mišic še dve leti po operaciji. Zato so avtorji predlagali, da izvedemo kirurško rekonstrukcijo ACL šele pri navoru iztegovalk poškodovanega kolena (oz. moči m quadriceps femoris) poškodovane strani

pri vsaj 80 % navora nepoškodovanega kolena (Eitzen idr. 2009). Zmanjšanje mišičnega deficita oz. nesorazmerja med poškodovanim in nepoškodovanim kolenom pred operacijo zmanjša tudi kasnejše tveganje za ponovno poškodbo ob vrnitvi v aktivnost [9].

Prehabilitacijo je treba vedno prilagoditi posamezniku. Posebna previdnost je potrebna pri simptomatskih poškodbah meniskusa, vztrajnih omejitvah gibljivosti, pridruženih poškodbah kolateralnih ligamentov, pomembnih hrustančnih poškodbah, zlomih in pri bolnikih, ki ne morejo varno sodelovati v intenzivnejšem programu. Na podlagi razpoložljivih dokazov je prehabilitacija pred ACLR klinično smiselna predvsem takrat, ko je usmerjena v doseganje popolne ekstenzije, fleksije, zmanjšanje otekline in bolečine, izboljšanje aktivacije ter jakosti kvadricepsa in vzpostavitev kakovostnega vzorca hoje [41,43].

ZAKLJUČEK

Predoperativna fizioterapija oziroma prehabilitacija pred ACLR na kolenu lahko prispeva k majhnim do zmernim izboljšavam zgodnjega pooperativnega okrevanja, predvsem pri zmanjšanju bolečine, izboljšanju funkcije, jakosti kvadricepsa in obsega gibljivosti. Učinki so praviloma najbolj izraženi v prvih 3–6 mesecih po operaciji, medtem ko so dokazi o dolgoročnih koristih po šestih mesecih omejeni. Prav tako ostajajo nejasni optimalna vsebina, čas začetka in trajanje programa, saj se raziskave med seboj razlikujejo po intervencijah, populacijah in merjenih izidih. Prihodnje raziskave bi morale zato opredeliti, kateri bolniki imajo od prehabilitacije največ koristi, ter poenotiti protokole, izide in oceno stroškovne upravičenosti.

Literatura

1. Kotsifaki, R.; Korakakis, V.; King, E.; Barbosa, O.; Maree, D.; Pantouveris, M.; Bjerregaard, A.; Luomajoki, J.; Wilhelmsen, J.; Whiteley, R. Aspetar Clinical Practice Guideline on Rehabilitation after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Br J Sports Med* 2023, 57, 500–514, doi:10.1136/bjsports-2022-106158.
2. Van Melick, N.; van Cingel, R.E.H.; Brooijmans, F.; Neeter, C.; van Tienen, T.; Hullegie, W.; Nijhuis-van der Sanden, M.W.G. Evidence-Based Clinical Practice Update: Practice Guidelines for Anterior Cruciate Ligament Rehabilitation Based on a Systematic Review and Multidisciplinary Consensus. *Br J Sports Med* 2016, 50, 1506–1515, doi:10.1136/bjsports-2015-095898.
3. Tew, G.A.; Ayyash, R.; Durrand, J.; Danjoux, G.R. Clinical Guideline and Recommendations on Pre-operative Exercise Training in Patients Awaiting Major Non-cardiac Surgery. *Anaesthesia* 2018, 73, 750–768, doi:10.1111/anae.14177.
4. Failla, M.J.; Logerstedt, D.S.; Grindem, H.; Axe, M.J.; Risberg, M.A.; Engebretsen, L.; Huston, L.J.; Spindler, K.P.; Snyder-Mackler, L. Does Extended Preoperative Rehabilitation Influence Outcomes 2 Years After ACL Reconstruction?: A Comparative Effectiveness Study Between the MOON and Delaware-Oslo ACL Cohorts. *Am J Sports Med* 2016, 44, 2608–2614, doi:10.1177/0363546516652594.
5. Ackerman, I.N.; Bennell, K.L.; Osborne, R.H. Decline in Health-Related Quality of Life Reported by More than Half of Those Waiting for Joint Replacement Surgery: A Prospective Cohort Study. *BMC Musculoskelet Disord* 2011, 12, 108, doi:10.1186/1471-2474-12-108.
6. *A Prehabilitation Guide for All Providers*; Watson, A., Barr, K., Eds.; Springer Nature Switzerland: Cham, 2024; ISBN 978-3-031-72861-7.
7. Krysa, J.A.; Ho, C.; O'Connell, P.; Pohar Manhas, K. Clinical Practice Recommendations for Prehabilitation and Post-operative Rehabilitation for Arthroplasty: A Scoping Review. *Musculoskeletal Care* 2022, 20, 503–515, doi:10.1002/msc.1621.
8. De Valk, E.J.; Moen, M.H.; Winters, M.; Bakker, E.W.P.; Tamminga, R.; Van Der Hoeven, H. Preoperative Patient and Injury Factors of Successful Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction With Single-Bundle Techniques. *Arthroscopy* 2013, 29, 1879–1895, doi:10.1016/j.arthro.2013.07.273.
9. Van Melick, N.; Van Cingel, R.E.H.; Brooijmans, F.; Neeter, C.; Van Tienen, T.; Hullegie, W.; Nijhuis-van Der Sanden, M.W.G. Evidence-Based Clinical Practice Update: Practice Guidelines for Anterior Cruciate Ligament Rehabilitation Based on a Systematic Review and Multidisciplinary Consensus. *Br J Sports Med* 2016, 50, 1506–1515, doi:10.1136/bjsports-2015-095898.
10. Hewett, T.E.; Myer, G.D.; Ford, K.R.; Paterno, M.V.; Quatman, C.E. Mechanisms, Prediction, and Prevention of ACL Injuries: Cut Risk with Three Sharpened and Validated Tools: ACL INJURY PREVENTION. *J. Orthop. Res.* 2016, 34, 1843–1855, doi:10.1002/jor.23414.
11. Grindem, H.; Granan, L.P.; Risberg, M.A.; Engebretsen, L.; Snyder-Mackler, L.; Eitzen, I. How Does a Combined Preoperative and Postoperative Rehabilitation Programme Influence the Outcome of ACL Reconstruction 2 Years after Surgery? A Comparison between Patients in the Delaware-Oslo ACL Cohort and the Norwegian National Knee Ligament Registry. *Br J Sports Med* 2015, 49, 385–389, doi:10.1136/bjsports-2014-093891.
12. Evans, S.; Shaginaw, J.; Bartolozzi, A. ACL RECONSTRUCTION IT'S ALL ABOUT TIMING.
13. Shelbourne, K.D.; Patel, D.V. Timing of Surgery in Anterior Cruciate Ligament-injured Knees. *Knee surg. sports traumatol. arthrosc.* 1995, 3, 148–156, doi:10.1007/BF01565474.
14. Mayr, H.O.; Weig, T.G.; Plitz, W. Arthrofibrosis Following ACL Reconstruction? Reasons and Outcome. *Arch Orthop Trauma Surg* 2004, 124, 518–522, doi:10.1007/s00402-004-0718-x.

15. Aman, Z.S.; Blaber, O.K.; R. McDermott, E.; DeFoor, M.T.; DePhillipo, N.N.; Dickens, J.F.; Dekker, T.J. Acute Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Performed Within 10 Days of Injury Does Not Increase Risk of Postoperative Arthrofibrosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Am J Sports Med* 2024, 52, 1888-1896, doi:10.1177/03635465231192987.
16. Zsidai, B.; Kaarre, J.; Narup, E.; Samuelsson, K. Timing of Anterior Cruciate Ligament Surgery. *Clinics in Sports Medicine* 2024, 43, 331-341, doi:10.1016/j.csm.2023.08.002.
17. Shaarani, S.R.; O'Hare, C.; Quinn, A.; Moyna, N.; Moran, R.; O'Byrne, J.M. Effect of Prehabilitation on the Outcome of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med* 2013, 41, 2117-2127, doi:10.1177/0363546513493594.
18. Ardern, C.L.; Taylor, N.F.; Feller, J.A.; Webster, K.E. Fifty-Five per Cent Return to Competitive Sport Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Surgery: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis Including Aspects of Physical Functioning and Contextual Factors. *Br J Sports Med* 2014, 48, 1543-1552, doi:10.1136/bjsports-2013-093398.

