

Minimalno invazivna osteosinteza pločom (MIPO) - današnja saznanja i klinička primjena

Cicvarić, Tedi; Grgurev, Mirko; Štiglić, Damir; Gržalja, Nikola; Marinović, Marin; Bakota, Bore

Source / Izvornik: **Medicina Fluminensis : Medicina Fluminensis, 2013, 49, 243 - 259**

Journal article, Published version

Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:363339>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-14**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Medicine - FMRI Repository](#)



Minimalno invazivna osteosinteza pločom (MIPO) – današnja saznanja i klinička primjena

Minimally invasive plate osteosynthesis – present perspective and clinical implications

Tedi Cicvarić^{1*}, Mirko Grgurev¹, Damir Štiglić¹, Nikola Gržalja¹, Marin Marinović¹, Bore Bakota²

Sažetak. Moderna razmišljanja o cijeljenju prijeloma uključuju stvaranje zajedničke interakcije između biologije i mehanike koje će, korištene u pravilnom odnosu, povoljno utjecati na stvaranje uvjeta za cijeljenje prijeloma. Za ostvarenje optimalnih uvjeta za sanaciju prijeloma tijekom operacijskog liječenja potrebno je pravilno prijeoperacijsko planiranje, adekvatna kirurška izvedba plana uz upotrebu odgovarajućih implantata i korištenje odgovarajućih instrumenata i opreme.

Minimalno invazivna tehnika osteosinteze s pločom i vijcima (engl. *Minimally Invasive Plate Osteosynthesis* – MIPO) neprestano se razvija prvenstveno zahvaljujući unaprjeđenju tehničkih mogućnosti i poznavanju topografske anatomije našeg tijela. Tehnika MIPO danas se može primijeniti u liječenju gotovo svih tipova prijeloma, s ciljem da se očuva biološki potencijal za cijeljenje prijeloma i smanji intraoperacijska ozljeda. U članku je, uz kratki povijesni pregled, prikazana sadašnja klinička upotreba tehnike MIPO prema pojedinim regijama, uz pregled recentne literature i rezultate liječenja.

Principi i metode unutarnje fiksacije prijeloma nisu završno definirani i razvijaju se sukladno novim znanstvenim i kliničkim rezultatima i tehničkim unaprjeđenjima. Daljnji razvoj tehnike MIPO baziran je na proučavanju anatomije i radiološke anatomije, razvoju i korištenju navigacije i instrumenata za zatvorenu repoziciju, a ovisi o kritičkoj analizi rezultata u liječenju prijeloma tehnikom MIPO.

Glavne riječi: kirurško liječenje, minimalno invazivna kirurgija, minimalno invazivna osteosinteza pločom, prijelomi kostiju

Abstract. Modern thinking about fracture healing is focused to create a fine balance between biology and mechanics that will beneficially influence to fracture healing. Proper preoperative planning, meticulous surgical technique, correct usage of implants, instruments and equipment are necessary to create optimal condition for bone healing.

Minimally Invasive Plate Osteosynthesis (MIPO) technique is continuously developing according to the technical improvement and clinical implications of topographic anatomy. This minimally invasive technique can be used nowadays in various types of fracture treatment in which our main goals are preservation of healing potential and intraoperative tissue damage reduction. With a short historical overview, this article presents clinical application of MIPO technique on different anatomical regions according to published recent literature and results of operative fracture treatment.

Principles and methods of internal fixation of fractures are not finally defined and they are developing depending on scientific and clinical results and technical inventions. MIPO technique future development is based on anatomical and radiologic anatomy studies; improvement in navigation and instruments for closed reduction. This development also depends on the thorough analysis of the results in future fracture treatment.

Key words: fracture, minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO), minimally invasive surgery, surgical treatment

¹Zavod za traumatologiju,
Klinika za kirurgiju, KBC Rijeka, Rijeka

²Odsjek za traumatologiju,
Služba za kirurgiju,
Opća bolnica Karlovac, Karlovac

Prispjelo: 27. 9. 2012.

Prihvaćeno: 13. 12. 2012.

Adresa za dopisivanje:

***Prof. dr. sc. Tedi Cicvarić, dr. med.**

Klinika za kirurgiju, KBC Rijeka

Tome Strižića 3, 51 000 Rijeka

e-mail: tedi.cicvaric@medri.uniri.hr

<http://hrcak.srce.hr/medicina>

UVOD

Stalna težnja traumatologa da tijekom operacijskog liječenja prijeloma učine što manje dodatnog oštećenja tkiva na mjestu prijeloma rezultirala je razvojem minimalno invazivne osteosinteze (MIO). Osnovni princip liječenja prijeloma, repozicija i stabilizacija ulomaka, uz istovremeno očuvanje biološkog potencijala oštećenih tkiva, mijenjali su se tijekom relativno kratke povijesti modernog operacijskog liječenja prijeloma, čiji su

Moderna razmišljanja o cijeljenju prijeloma uključuju stvaranje zajedničke interakcije između biologije i mehanike koje će, korištene u pravilnom odnosu, povoljno utjecati na stvaranje uvjeta za cijeljenje prijeloma.

začetnici osnivači fondacije AO/ASIF (njem. *Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen / engl. Association for the Study of Internal Fixation*). Principi operacijskog liječenja iz početka druge polovice prošlog stoljeća uključivali su otvorenu kiruršku tehniku s anatomskom repozicijom prijeloma i rigidnom fiksacijom ulomaka uz ranu mobilizaciju^{1,2}. Proučavanjem procesa cijeljenja kosti i usporednom analizom rezultata operacijskog liječenja dokazana je primarna važnost očuvanja vaskularizacije i biološkog potencijala ozlijeđenog tkiva na mjestu prijeloma te današnji principi moderne traumatologije uključuju u prvom redu očuvanje vaskularizacije, zatim funkcionalnu repoziciju, stabilnu fiksaciju i ranu mobilizaciju ekstremiteta².

Moderna razmišljanja o cijeljenju prijeloma uključuju stvaranje zajedničke interakcije između biologije i mehanike koje će, korištene u pravilnom odnosu, povoljno utjecati na stvaranje uvjeta za cijeljenje prijeloma³. Za ostvarenje optimalnih uvjeta za sanaciju prijeloma tijekom operacijskog liječenja potrebno je pravilno prijeoperacijsko planiranje, adekvatna kirurška izvedba plana uz upotrebu odgovarajućih implantata i korištenje odgovarajućih instrumenata i opreme.

Cilj ovog članka dati je pregled razvoja kirurških tehnika, instrumenata i implantata, rezultate liječenja, kao i današnjih saznanja o minimalno invazivnoj tehnici osteosinteze s pločom i vijcima (engl. *Minimally Invasive Plate Osteosynthesis*, MIPO).

POVIJEST I RAZVOJ MIPO-a

Povijest i razvoj operacijskog liječenja prijeloma može poslužiti svakom traumatologu i ortopedu kao predložak za razmišljanje o načinu liječenja svakog pojedinog bolesnika. Prijeoperacijsko planiranje, postupak koji je od najveće važnosti za uspješan ishod liječenja, uvijek je bazirano na pravilnoj analizi tipa prijeloma, primjeni osnovnih principa liječenja, pravilnom redosljedu postupaka i pravilnoj primjeni implantata, te nam poznavanje razvoja i stvaranje znanstvenih zaključaka kroz povijest može pomoći u pravilnom odabiru kirurške tehnike za svakog bolesnika ponaosob.

Razvoj MIPO-a započinje 90-ih godina, kada se u rezultatima kliničkih i eksperimentalnih radova uviđa važnost očuvanja vaskularizacije i biološkog potencijala kosti. Početni principi operacijskog liječenja prijeloma favorizirali su mehaničku konstrukciju po tipu apsolutne stabilnosti koja je trebala osigurati potpunu stabilnost svih koštanih ulomaka i omogućiti ranu mobilizaciju¹. Prijelomi fiksirani na ovaj način cijelili su bez koštanog kalusa, tzv. primarnim ili direktnim koštanim cijeljenjem koje zapravo predstavlja koštano remodeliranje⁴. Analizom rezultata uočene su devastirajuće posljedice oštećenja koštane vaskularizacije prilikom pokušaja da se od kominutivnih dijafizarnih prijeloma načini stabilni koštani blok i postigne apsolutna stabilnost pomoću priteznih vijaka i ploče. Takvi pokušaji neminovno su završavali dubokim infekcijama, nesraslim prijelomima ili pseudoartrozama. Kao glavni uzroci komplikacija definirani su dodatno kirurško oštećenje vaskularizacije na mjestu prijeloma prilikom direktne manipulacije s ulomcima i oštećenje koštane cirkulacije zbog pritiska ploče s vijcima na periost i koštano tkivo.

Početkom 90-ih uviđa se razlika u principima liječenja artikularnih i dijafizarnih prijeloma. Artikularni prijelomi zahtijevaju anatomsku repoziciju s kongruencijom zglobnih tijela i fiksaciju ulomaka priteznim vijcima s posljedičnom apsolutnom stabilnosti, kako bi se omogućila rana mobilizacija i očuvanje hrskavice². Nasuprot tome u liječenju dijafizarnih prijeloma naglašava se potreba za biološkim pristupom. Cilj liječenja višekomadnih prijeloma je stabilizacija glavnog proksimalnog i distalnog fragmenta u pravilnom anatomskom odnosu u prostoru uz rekonstrukciju dužine, oso-

vine i rotacije kosti, tzv. *bridging plating*. Pri tome intermedijarni fragmenti ne trebaju biti fiksirani, niti se smiju reponirati direktnom manipulacijom². Fleksibilna fiksacija poboljšava stvaranje kalusa, a manje precizna, indirektna repozicija smanjuje operacijsku ozljedu tkiva⁴. Ovaj koncept nazvan je *biološka unutarnja fiksacija* (BUF)⁵. Koncept BUF uključuje upotrebu implantata po tipu unutarnjeg fiksatora sa zaključanim vijcima, minimalnim kontaktom između implantata i kosti te manjim brojem vijaka potrebnim za fiksaciju⁵. Ovom tehnikom izbjegava se kirurško odstranjenje hematoma i ekspanzija koštanih fragmenata potrebna za preciznu anatomska repoziciju i ostvaruje minimalan utjecaj na biološki potencijal cijeljenja tkiva u zoni prijeloma^{4,5}. Također, zbog brzog stvaranja kalusa postoji dovoljno čvrsto medijalno uporište, za što je u otvorenoj tehnici bilo potrebno učiniti spongioplastiku u slučaju nedostatnog kontakta na suprotnom kortikalisu⁵. U cilju očuvanja vaskularizacije ulomaka razvijaju se zatvorene tehnike indirektna repozicije pomoću traksije i ligamentotaksije (ekstenzijski operacijski stol), manipulacija pomoću Shantzovih vijaka i privremena intraoperacijska stabilizacija prijeloma vanjskim fiksatorom ili AO distraktorom konstruiranim upravo za tu namjenu². Uz kontrolu repozicije pod RTG pojačivačem smanjuje se opseg oštećenja tkiva tijekom kirurškog zahvata i čuva vaskularizacija koštanih fragmenata². Sinkroni razvoj novih implantata i materijala, kao i eksperimentalni i klinički rad pod okriljem fondacije AO/ASIF rezultirao je konstrukcijom PC-Fixa, implantata konstruiranog po principu unutarnjeg fiksatora^{6,7}. Novi tehnički dizajn odlikovao se točkastim kontaktom ploče s periostom i prilježom kosti te monokortikalnim vijcima zaključanim u samu ploču, koji su osiguravali kutnu stabilnost i superiorne mehaničke karakteristike u odnosu na konvencionalne ploče^{7,8}. Korištenjem principa unutarnjeg fiksatora izbjegnute su komplikacije koje su se javljale kod vanjskog fiksatora, nastale zbog otvorenog puta za širenje infekcije uz pinove fiksatora (engl. *pin-tract infection*). Uz primjenu novih principa kirurškog liječenja prijeloma iz 90-ih godina 20. stoljeća i primijenjenu tehniku indirektna repozicije² PC-Fix je pokazao superiorne rezultate u komparaciji s konvencionalnim pločama⁹.

Na prijelazu u 21. stoljeće definiran je *Bio-logical* koncept, kako bi se osiguralo minimalno biološko oštećenje i fleksibilna fiksacija prijeloma. Koncept naglašava upotrebu indirektna repozicije ulomaka bez njihove ekspanzije i nepotrebne manipulacije s intermedijarnim fragmentima. Fleksibilna fiksacija ostvarena je upotrebom dugih ploča i premoštenjem mjesta prijeloma po principu udlage ili *bridging plating*. U konstrukciji ploča koristi se racionalna količina osteosintetskog materijala, kako bi se postigla odgovarajuća elastičnost i potrebna čvrstoća implantata. Ploče se konstruiraju tako da postoji što manji kontakt implantata s koštanim tkivom i periostom⁵. Koncept BUF ima zadovoljavajuće mehaničke karakteristike i ni na koji način ne kompromitira mogućnost rane mobilizacije i funkcionalnu rehabilitaciju te osigurava bezbolno kretanje i koštano cijeljenje.

Razvojem LISS-a (engl. *Less Invasive Stabilization System*) postignut je dodatan napredak u minimalno invazivnoj tehnici. Sustav karakterizira anatomske konstruirana ploča s radiolucentnim okvirom koji preko vodilica omogućava perkutanu fiksaciju bikortikalnim zaključanim vijcima¹⁰. LISS je uz revolucionarnu kiruršku tehniku perkutane fiksacije pomoću vanjskog okvira donio i nova tehnička rješenja s kojima je omogućena repozicija ulomaka i adaptacija koštanih fragmenata na anatomske oblikovanu ploču, koja služi kao predložak za repoziciju¹¹.

Daljnji razvoj implantata postignut je konstrukcijom LCP implantata (engl. *Locking Compression Plate*), koji sjedinjuje mehaničke karakteristike LC DCP-a (engl. *Limited Contact Dynamic Compression Plate*) i PC-Fixa¹². Ovaj implantat karakterizira postojanje kombinirane rupe (engl. *combi-hole*) koja omogućava da se u istoj rupi koristi klasični vijak ili vijak s glavom na zaključavanje. Zahvaljujući opisanom svojstvu, LCP ploča može se koristiti kao unutarnji fiksator, neutralizacijska ploča ili kao kombinacija ovih dvaju principa. Model LCP ploče s kombi-rupama daje mogućnost za kombiniranje korištenja dvaju potencijalno inkompatibilnih principa relativne i apsolutne stabilnosti, te je potrebno pravilno isplanirati vrstu i redoslijed postavljanja vijaka, kako bi implantat osigurao željeni tip stabilnosti¹². Vijci s glavom na zaključavanje imaju mehanički čvrsta uporišta u

ploči, a deblje tijelo vijka osigurava bolje uporište i veći otpor prilikom izvlačenja vijka (engl. *pull out*), kao i veću otpornost na savijanje^{5,12}. Poboljšane mehaničke karakteristike, usavršen instrumentarij i jednostavnost u rukovanju te konstrukcija anatomskih ploča rezultirale su brzom popularizacijom i širokom upotrebom LCP ploča, koje su danas *zlatni standard* kao implantat u tehnici MIPO.

Da je tehnika MIPO relativno nova metoda osteosinteze, govori i podatak da je prvi službeni AO tečaj MIPO-a organiziran 2004. Uključivao je i praktični rad na kadaveričnom materijalu i danas su tečajevi MIPO-a sastavni dio edukacije svakog traumatologa i ortopeda. U izdanju AO-a 2007. izašao je i udžbenik o MIPO-u u kojem su precizno prezentirani koncepti ove tehnike².

DEFINICIJA I INDIKACIJE

Tehnika MIPO definirana je postupkom repozicije koštanih ulomaka koji uključuje indirektnu i direktnu metodu repozicije kroz minimalne incizije mekih tkiva za privremenu stabilizaciju prijeloma različitim instrumentima i minimalne incizije,

udaljene od mjesta prijeloma, kroz koje se uvodi implantat (ploča) i prijelom stabilizira vijcima. Osnovna indikacija za MIPO su ekstraartikularni prijelomi u području metafiza i prijelomi metafizno-dijafiznog prijelaza gdje je potrebno osigurati kutnu stabilnost radi rane mobilizacije i rehabilitacije. Kominutivni dijafizni prijelomi kod politraumatisiranih, kao i prijelomi više dugih kostiju i prijelomi s uskim ili kompromitiranim medularnim kanalom, također predstavljaju indikaciju za MIPO. Artikularne prijelome kod kojih je moguća kontrola anatomske repozicije pomoću RTG pojačivača, navigacije, artroskopije ili kombiniranih „mini-open“ tehnika, također je moguće zbrinuti tehnikom MIPO^{5,10}. Za prijeoperacijsku pripremu repozicije i fiksacije prijeloma neophodna je precizna CT-dijagnostika, kako bi se utvrdio oblik prijeloma, stupanj kominucije, pomak i impakcija ulomaka¹³.

Prijelomi s oštećenjem vitalnosti mekih tkiva, kao i otvoreni prijelomi I. do III. stupnja prema Gustilo-Andersonovoj klasifikaciji mogu se liječiti tehnikom MIPO nakon što se resorbira edem i oporavi lokalni status mekih tkiva, odnosno rekonstruira mekotkivni pokrov¹⁴⁻¹⁶. Početnu stabilizaciju prijeloma potrebno je ostvariti vanjskim fiksatorom¹³⁻¹⁶.

PRIJEOPERACIJSKO PLANIRANJE I KIRURŠKA TEHNIKA

Implantati

Tehnika MIO nije determinirana vrstom implanta-ta, već uključuje zatvorenu repoziciju ulomaka i stabilizaciju prijeloma korištenjem vanjskog fiksatora, intramedularnog ili elastičnog čavla, perkutano postavljenih vijaka ili Kirschnerovih žica te tehniku MIO s pločicom i vijcima, koja se naziva MIPO².

U začetcima MIPO-a koristili su se stari implantati, ploče s klasičnim vijcima (slika 1 i 2), koji su osiguravali stabilnost trenjem između površine ploče i kosti. Nekroza kosti koja je mogla nastati trenjem između ploče i priležeće kosti s perios-tom ugrožavala je stabilnost zbog postupne resorpcije nekrotične kosti. Nestabilnost nastala zbog resorpcije ugrožavala je cijeljenje kosti i u slučaju pojave radioloških znakova nestabilnosti i bolova zahtijevala je ponovnu kiruršku intervenciju. Proučavanjem procesa koštane nekroze uo-



Slika 1. Prijelom dijafize femura.

a) Prijelom dijafize femura; b) Prijelom dijafize femura liječen tehnikom MIPO s LC DCP (engl. *Limited Contact Dynamic Compression Plate*) i konvencionalnim vijcima; c) Kalus i sanacija prijeloma nakon 4 mjeseca

Figure 1 Femoral shaft fracture.

a) Femoral shaft fracture; b) Femoral shaft fracture treated with MIPO technique with LC DCP and conventional screws; c) Callus and healing after 4 months

čeno je da je ona prvenstveno biološke geneze, s kasnijim mehaničkom posljedicama^{5,18}. U razvoju novih implantata (PC-Fix, LCP) posebna pozornost posvetila se obliku kontaktne plohe, kako bi se smanjilo oštećenja vaskularizacije kosti u području prijeloma^{7,8}. Ujedno se korištenjem titanskih legura i smanjenjem količine materijala (u odnosu na konvencionalne ploče od legura plemenitog čelika) postigla zadovoljavajuća čvrstoća i elastičnost koja osigurava fleksibilnu fiksaciju i ubrzava stvaranje kalusa (slika 3a i 3b). Spongio-plastika za ispunjavanje koštanog defekta na suprotnom kortikalisu nije potrebna kod upotrebe LCP ploče jer ploča ima odgovarajuću čvrstoću i osigurava stabilnost, a očuvana vaskularizacija tkiva omogućava brzo stvaranje kalusa koji formira medijalno uporište^{4,19,20}.

Upotreba LISS i LCP ploče značajno je pridonijela širenju tehnike MIPO, jer su navedeni implantati, uz adekvatan instrumentarij, pojednostavili sam operativni postupak. Danas postoje i anatomske oblikovane LCP ploče praktički za svaku kost u tijelu, što kirurgu omogućava da odabere odgovarajući oblik ploče, bez potrebe da se tijekom samog operacijskog zahvata ploča ručno savija i



Slika 2. Funkcionalni rezultat nakon prijeloma dijafize femura. Bolesnik sa slike 1. Odličan funkcionalni rezultat liječenja prijeloma dijafize femura, četiri mjeseca nakon ozljede.

Figure 2 Functional result of femoral shaft fracture. The same patient from figure 1. Excellent functional result after healing of femoral shaft fracture, four months from injury.



Slika 3. Prijelom dijafize bedrene kosti liječen tehnikom MIPO s LCP (engl. *Locking Compression Plate*) pločom. a) Radiogram 15 tjedana nakon operacije: Saniran prijelom bedrene kosti. *Bridging* princip s minimumom materijala koji osigurava stabilnost. b) Isti bolesnik. Sanacija operacijskih rana, devet dana nakon MIPO-a.

Figure 3 Femoral shaft fracture treated with MIPO using LCP (*Locking Compression Plate*)
a) X-ray after 15 weeks: Complete healing of femoral shaft fracture. *Bridging* technique with minimum material and adequate stability. b) The same patient. Healing of postoperative wounds nine days after surgery.

modelira¹⁰. Anatomske oblikovane ploče prema obliku kosti služe i kao predložak za repoziciju, čime je istovremeno i omogućena kontrola položaja ulomaka²⁰.

Navoji na konusnoj glavi vijka kompatibilni navoju u rupi na ploči osiguravaju kutno stabilnu konstrukciju koja osigurava prijenos aksijalnih sila preko implantata na glavne koštane fragmente²¹. Stabilnost konstrukcije pojačana je i debljim tijelom vijka koji je otporniji na sile savijanja, kao i različitim smjerom vijaka u metafiznom dijelu ploče, što osigurava veću otpornost na izvlačenje vijaka u odnosu na konvencijske vijke. Navedena svojstva iznimno su unaprijedila mogućnost fiksacije osteoporotičnih i periprotetičkih prijeloma.

Broj vijaka potrebnih za stabilnu fiksaciju ovisi o kvaliteti kosti i vrsti prijeloma. Za osteoporotične prijelome potrebno je koristiti bikortikalne vijke, a za normalnu kortikalnu kost u području dijafize mogu se koristiti i unikortikalni vijci. Smatra se da su tri zaključana monokortikalna vijka u zdravom kortikalisu dovoljna za stabilnu fiksaciju^{10,22}. Relativni nedostatak je smjer postavljanja vijaka, koji je zadan navojem na kombi-rupi ploče. Da bi se izbjegla tangencijalna penetracija vijka kroz dijafizu i prijeteća refraktura, odnosno penetracija vijka u zglob ili samu frakturu, ploču je potrebno optimalno pozicionirati kako bi se iskoristio odgovarajući broj vijaka za fiksaciju. Nove generacije LCP ploče omogućavaju upotrebu vijaka na zaključavanje pod različitim kutom, kako bi se prvenstveno izbjegla penetracija vijka u zglob i istovremeno osigurala stabilnost ulomaka. Za postavljanje zaključavajućih vijaka neophodno je koristiti vodilice za određivanje smjera i *moment ključ* (engl. *torque limiting device*) za primjenu adekvatne obrtne sile za zaključavanje vijka¹⁰.

Prilikom osteosinteze artikularnih prijeloma potrebno je postići apsolutnu stabilnost ulomaka tehnikom priteznog vijka koji se može plasirati perkutano preko Kirschnerove žice (kanulirani vijak) ili kroz mini inciziju. Ako se za stabilizaciju koriste LCP ploče, položaj priteznih vijaka kod artikularnih prijeloma mora se planirati izvan ploče i izvan zone postavljanja zaključavajućih vijaka. Kako je smjer zaključavajućih vijaka determiniran rupom na ploči, promjena smjera vijaka nije moguća u slučaju kolizije s priteznim vijcima.

Ekstraartikularni prijelomi u zoni metafize i metafizno-dijafiznom prijelazu predstavljaju najčešću indikaciju za MIPO. Kominutivni tipovi prijeloma trebaju se stabilizirati tehnikom *bridging*, bez otvaranja zone prijeloma. Prilikom korištenja anatomske oblikovane ploče moguće je priteznim vijcima reponirati ulomke uz ploču koja služi kao predložak za repoziciju, a zatim stabilizirati ploču i ulomke pomoću vijaka na zaključavanje.

Prijelomi u području dijafize, naročito kominutivnog tipa, predstavljaju indikaciju za MIPO. Prilikom prijeoperacijske pripreme treba planirati konstrukciju po tipu relativne stabilnosti koristeći također tehniku *bridging* koja osigurava mikro pomake i potiče sekundarno cijeljenje⁴. Za stabilizaciju je potrebno koristiti duge ploče, čija dužina mora odgovarati trima dužinama prijeloma. Proksimalna i distalna trećina dužine koriste se za fiksaciju, a centralna trećina premošćuje zonu prijeloma (tzv. radna dužina – engl. *working length*). U pravilu u dijelu ploče iznad zone prijeloma najmanje 3 do 4 rupe trebaju biti bez vijaka, kako bi se sile cikličkog opterećenja raspodijelile na veću zonu ploče i spriječio prijelom ploče zbog zamora materijala^{10,23,24}.

Istovremeno korištenje konvencionalnih i zaključavajućih vijaka dopušteno je kod dviju kombinacija prijeloma; artikularni i kominutivni metafizno-dijafizni prijelom te segmentalni prijelom s jednostavnim i kominutivnom frakturom. Prilikom operacijskog planiranja prvo je potrebno stabilizirati artikularnu komponentu ili zonu jednostavnog prijeloma koristeći princip apsolutne stabilnosti (pritezni vijak i neutralizacijska ploča). Zatim je potrebno premostiti kominutivnu zonu prijeloma i ploču fiksirati udaljeno od mjesta prijeloma poštujući princip BUF. Za ovakvo korištenje LCP ploče potrebno je poštovati pravilo da se konvencionalni vijci koriste za postizanje priteznog efekta, za repoziciju kosti uz ploču i za pritezanje ploče uz kost. Konvencionalne vijke uvijek treba koristiti prije vijaka za zaključavanje koji imaju samo funkciju zadržavanja postojećeg stanja. Repozicija uz pomoć zaključavajućih vijaka nije moguća. Obrnut redoslijed postavljanja vijaka korištenja stvara preveliku napetost konstrukcije koja može rezultirati osteolizom uz zaključavajuće vijke i posljedičnim gubitkom stabilnosti.

LCP ploče se tehnikom MIPO mogu koristiti i kao potporne ploče (engl. *butress plating*) kod artikularnih prijeloma. Anatomske oblikovane ploče pomoću pritezних vijaka privlače se uz površinu kosti i potiskuju metafizno-artikularni fragment na korektnu poziciju. Kada je anatomska repozicija postignuta, konstrukcija se dopunjuje pritezним vijcima za apsolutnu stabilnost i na kraju zaključavajućim vijcima, kako bi se postigla odgovarajuća stabilnost cijele konstrukcije. Dodatna pogodnost je i upotreba LCP ploče kao unutarnjeg fiksatora na svim dostupnim površinama kosti, jer nije potrebno poštovati princip obuhvatne sveze kao kod osteosinteze konvencionalnom pločom⁵.

Uporaba tehnike MIPO kod prijeloma s oštećenjem mekih tkiva i otvorenih prijeloma I. stupnja indicirana je nakon otprilike 7 do 10 dana od ozljede, a vrijeme definitivne stabilizacije određeno je prvenstveno oporavkom ili rekonstrukcijom mekotkivnog pokrova, ali i drugim čimbenicima (opće stanje bolesnika, udružene bolesti i ozljede...). Ne postoje objektivni mjerljivi parametri koji bi pomogli u određivanju usklađivanja vremena definitivne stabilizacije, osim procjene lokalnog statusa te iskustva i znanja kirurga^{10,13}. Inicijalna stabilizacija prijeloma vanjskim fiksatorom treba se učiniti u hitnoći^{13,25,26}. Prilikom prijeoperacijske pripreme za vanjsku fiksaciju potrebno je planirati i kirurški pristup i vrstu i veličinu implantata za definitivnu fiksaciju, kako konstrukcija vanjskog fiksatora ne bi bila u koliziji s kasnijim kirurškim postupkom. Adekvatno učinjena repozicija i konstrukcija vanjskog fiksatora izvan zone incizije i aplikacije ploče uvelike će pojednostavniti definitivni MIPO.

Za učenje tehnike MIPO potrebno je prvo poznavati i vježbati otvorenu tehniku^{5,19}, a također je neophodno dobro poznavati anatomiju. Tehnika MIPO omogućava vizualizaciju vitalnih struktura, pa je i mogućnost njihove ozljede prisutna, ako se ne poštuje kirurška tehnika i ne poznaje položaj i tijek vitalnih struktura u operacijskom području¹⁹.

Biologija i mehanika cijeljenja prijeloma kod tehnike MIPO

Za liječenje artikularnih prijeloma potrebno je postići apsolutnu stabilnost i tada prijelom cijeli primarno, odnosno putem koštane pregradnje, bez

stvaranja kalusa. Za ekstraartikularne prijelome, naročito kominutivne prijelome, potrebno je osigurati relativnu stabilnost koja će osigurati sekundarno koštano cijeljenje i pojavu kalusa. Elastična *fleksibilna fiksacija* osigurava mikropomake među koštanim ulomcima i potencira stvaranje kalusa, što rezultira sekundarnim koštanim cijeljenjem, a izostanak dinamične relativne deformacije, odnosno mikropomaka u zoni prijeloma, rezultira gubitkom mehaničkog poticaja za stvaranje kalusa^{5,26}. Elastična fleksibilna fiksacija ostvaruje se upora-

Tehnika MIPO definirana je postupkom repozicije koštanih ulomaka koji uključuje indirektnu i direktnu metodu repozicije, kroz minimalne incizije mekih tkiva za privremenu stabilizaciju prijeloma različitim instrumentima i minimalne incizije udaljene od mjesta prijeloma kroz koje se uvodi implantat (ploča) i prijelom stabilizira pomoću vijaka.

bom ploče po principu udlage i ploča se ponaša kao relativno čvrst implantat koji pod opterećenjem smanjuje, ali ne sprječava mikropomake. Nekroza kosti nastala u trenutku povrede determinirana je u trenutku ozljede i na nju se ne može utjecati, ali je neophodno procijeniti količinu oštećenog tkiva kako bi se smanjila jatrogena, kirurška nekroza kosti kao posljedica kirurškog pristupa, direktne manipulacije prilikom repozicije i disekcije periosta te pritiska implantata na površinu kosti, čime se komprimiraju krvne žile i koštana cirkulacija. Što je površina kontakta ploče i kosti veća, zona i opseg koštane nekroze povećava se i može ugroziti proces cijeljenja kosti zbog posljedične nestabilnosti konstrukcije uzrokovane resorpcijom nekrotične kosti ili razvojem infekcije zbog kolonizacije bakterija na mrtvom koštanom tkivu⁵. Tehnikom BUF, odnosno indirektnom repozicijom ulomaka i minimalnim kontaktom implantata s koštanom površinom i očuvanjem koštane vitalnosti (ili obnovljenom vaskularizacijom kroz mostove mekih tkiva) može se smanjiti incidencija infekcija^{4,5}. Cilj BUF-a je smanjiti učestalost dubokih infekcija i osteomijelitisa nastalih nekrozom kosti, uz prihvaćenje određenog rizika za moguću pojavu odgođenog cijeljenja ili „non-uniona” koje je lakše liječiti²⁷.

Repozicija

Zatvorena tehnika repozicije uključuje prvenstveno indirektne metode trakcije kojima se uz pomoć ligamenata (ligamentotaksija) i mekih tkiva (periosta i mišića) nastoje reponirati koštani fragmenti, da bi se postigla adekvatna dužina, osovina i rotacija ekstremiteta. Da bi se privremeno zadržao adekvatan anatomski položaj koriste se različita pomagala poput ekstenzijskog stola, koštanog distraktora ili privremenog vanjskog fiksatora. Dodatna manipulacija fragmentima može se postići različitim podmetačima, štitnicima ili naslonima, kojima se pritiskom izvana može promijeniti položaj kosti.

Koštanim fragmentima može se manipulirati i izravno. Najčešće korištena je tehnika repozicije pomoću *joysticka*, kada se koštani fragment perkutano fiksira Kirschnerovom žicom ili pinom kojim se pomoću držača dovodi u adekvatan položaj. Fragmenti se mogu izravno reponirati i različitim instrumentima načinjenim upravo za tu svrhu (hvatači, kuke, gurači, stezaljke...) ali uvijek kroz minimalne incizije i bez ekspozicije mjesta prijeloma. Jedan od novijih instrumenata je tzv. „kolinearna stezaljka za repoziciju“, koja omogućava privremenu repoziciju i stabilizaciju ulomaka kroz minimalnu inciziju¹⁷.

Budući da je kod MIPO-a onemogućena vizualna kontrola repozicije, ona se mora kontrolirati pod RTG pojačivačem (ili sustavom navigacije) i klinički. Radiološka kontrola vrši se obavezno u dva smjera (AP i LL), uz korištenje specifičnih projekcija za pojedine regije. Uz dobro poznavanje radiološke anatomije i tehnike snimanja potrebno je poznavati implantate, njihov oblik i smjer vijaka. Repoziciju ulomaka može se, primjerice, kontrolirati prema smjeru vijaka na anatomske ploče. Anatomske ploče (npr. za distalni dio femura, proksimalnu i distalnu tibiju) konstruirane su tako da subhondralni vijci imaju paralelan smjer s linijom zgloba, što se može koristiti kao pokazatelj dobre repozicije prilikom privremene fiksacije Kirschnerovim žicama¹⁰. Da bi se repozicija kontrolirala klinički, potrebno je u prijeoperacijskom planiranju izmjeriti dužinu kosti ili ekstremiteta na suprotnoj, zdravoj strani, provjeriti kretnje i rotaciju zdravog ekstremiteta i adekvatno pripremiti i oprati zdravi ekstremitet, da se repozicija

može kontrolirati usporedbom u tijeku samog zahvata.

Poznavanje i planiranje repozicije te korištenje pravilnih tehnika i finalna kontrola repozicije od elementarne su važnosti za uspjeh operacijskog zahvata i cijelog liječenja, te su podrobnije opisane u nastavku teksta, ovisno o specifičnostima vezanima uz pojedinu vrstu prijeloma.

PREGLED UPOTREBE TEHNIKE MIPO PREMA ANATOMSKIM REGIJAMA

Prijelomi klavikule

Otvorena repozicija i osteosinteza pločom i dalje su *zlatni standard* u liječenju prijeloma klavikule s pomakom ulomaka. U novije vrijeme opisane su i tehnike MIPO koje još nisu ušle u rutinski primjenu²⁸⁻³⁰. Tehnički problemi vezani uz pripremu i savijanje ploče prema obliku suprotne, neozlijeđene klavikule, kao i mogućnost posljedičnog prijeloma materijala tijekom liječenja³⁰, riješeni su setom anatomske ploče sa zaključanim vijcima koje su dostupne na tržištu. No i dalje su submuskularna disekcija, pozicioniranje ploče i repozicija ulomaka tehnički vrlo zahtjevni s obzirom na prilježne neurovaskularne strukture i otežanu radiološku vizualizaciju s relativno dugom ekspozicijom zračenju. Do sada nije utvrđeno koja je pozicija ploče (na gornjoj ili prednjoj plohi) mehanički povoljnija, te se ni određeni pristup MIPO-u ne može favorizirati³⁰, a usporedbu kasnih rezultata MIPO-a i otvorene tehnike tek treba očekivati.

Prijelomi humerusa

Prijelomi proksimalnog humerusa s dislokacijom indikacija su za operacijsko liječenje. Sve veći broj bolesnika starije populacije i izražena osteoporoza predstavljaju dodatno opterećenje u svakodnevnoj kliničkoj praksi. Upotreba kutno stabilnih implantata osigurala je dobru stabilnost²¹ i kod osteoporotičnih prijeloma, ali je incidencija avaskularne nekroze upotrebom otvorenog deltopektoralnog pristupa i dalje ostala relativno visoka zbog oštećenja cirkulacije zbog značajne disekcije mekih tkiva prilikom repozicije i fiksacije ploče³¹. Kombinacija minimalno invazivnog pristupa i stabilne fiksacije s anatomske ploče pokazala je obećavajuće rezultate sa smanjenom incidencijom sekundarnog pomaka ulomaka i avaskularne nekroze^{19,31,32}.

Minimalno invazivnim, antero-lateralnim akromijalnim pristupom kroz deltoidni mišić (slika 4) omogućena je dobra preglednost i mogućnost repozicije, izravan pristup na lateralnu stranu velikog tuberkula za pozicioniranje ploče i dobar pregled aksilarnog živca koji svakako treba sačuvati tijekom zahvata^{31,32}. Rezultati anatomske studije Gardnera i sur. pokazuju da na lateralnoj strani velikog tuberkula postoji zona bez perforantnih krvnih žila (engl. *bare area*), koja mjeri oko 3 cm u promjeru i predstavlja sigurnu zonu za aplikaciju ploče. Pravilnim postavljanjem ploče u ovu zonu neće se oštetiti sustav vaskularizacije proksimalnog dijela humerusa koji potiče sprijeda iz sustava prednje cirkumfleksne arterije i stražnjeg sustava perforantnih arterija³¹. Primjena antero-lateralnog akromijalnog kirurškog pristupa pokazala je također i tehničke pogodnosti prilikom fiksacije ploče u odnosu na otvorenu operativnu tehniku kroz deltopektoralni pristup³² i zadovoljavajuće funkcionalne rezultate, bez ozljeda aksilarnog živca^{33,34}. Rezultati recentne prospektivne studije na 107 bolesnika pokazali su značajnije kraće trajanje, manji gubitak krvi i kraću hospitalizaciju kod tehnike MIPO u odnosu na otvoreni deltopektoralni pristup, bez razlike u vremenu intraoperacijskog zračenja koje je prosječno iznosilo 1,72 minute. Istovremeno su bolesnici operirani tehnikom MIPO na kontrolnim pregledima imali veću vrijednost bola prema VAS-u (engl. *Visual Analogue Scale*) uz bolju pokretljivost, što je objašnjeno agresivnijom fizikalnom terapijom kod bolesnika operiranih tehnikom MIPO³⁵. U literaturi se i dalje ističe da je vrsta prijeloma i dalje najvažniji prediktor pojave komplikacija, a da je kompleksne prijelome teško reponirati perkutanom tehnikama i češće zahtijevaju otvorenu repoziciju³³⁻³⁵. Loša repozicija, uz varus položaj ulomaka, prediktor je razvoja nestabilnosti i gubitka fiksacije¹⁰. Kasni funkcionalni rezultati kliničkih studija ne pokazuju statistički značajnu razliku između MIPO-a i otvorene osteosinteze³³⁻³⁵.

Rezultati liječenja prijeloma u području prijelaza metafize u dijafizu humerusa, ovisno o metodi i implantatu za stabilizaciju, različiti su i imaju relativno visoku učestalost sekundarnog pomaka s gubitkom stabilnosti i posljedičnim nesraštavanjem prijeloma³⁶. Korištenje principa BUF i mo-



Slika 4. Pristup na proksimalni humerus
Incizija nakon minimalno invazivnog pristupa na proksimalni humerus.
Figure 4 Approach to proximal humerus
Incision after minimally invasive approach to proximal humerus.

gućnost rane poslijeoperacijske mobilizacije popularizirali su tehniku MIPO u liječenju ovih prijeloma. Koristeći topografsku anatomiju Henryjeva pristupa na humerus^{19,37} kombiniran je minimalni anterolateralni pristup kroz deltoideus s distalnim pristupom na lateralni humerus³⁸. Distalna incizija uz lateralni rub bicepsa iznosi 5 do 7 cm i uključuje preparaciju radijalnog živca između brahijalnog i brahioradijalnog mišića i protekciju istog prilikom postavljanja i fiksiranja ploče. Proksimalno, ploča se postavlja pod aksilarni živac koji se tijekom tuneliranja i postavljanja ploče štiti prstom operatera, a prilikom fiksacije ploče koriste se samo proksimalni vijci, izvan zone aksilarnog živca. Rezultat studije na 29 bolesnika pokazao je dobre kliničke rezultate, bez intraoperacijskih komplikacija i bez lezije živaca, uz niski postotak reoperacija i potpuno obnovljenu kvalitetu života prema upitniku SF-36³⁸.

Za jednostavne prijelome dijafize humerusa preferira se osteosinteza priteznom vijkom po principu apsolutne stabilnosti uz široku neutralizacijsku ploču, kako bi se savladale jake rotacijske sile. Incizije udaljene od mjesta prijeloma, bez izravne ekspozicije područja prijeloma, uz indirektnu repoziciju trebale bi teoretski osigurati veći postotak saniranih prijeloma, manju učestalost infekcija i izostanak potrebe za spongioplastikom, uz ranu mobilizaciju i funkcionalnost ekstremiteta³⁹⁻⁴³. Tehnika MIPO primarno je indicirana za kominutivne prijelome i duge spiralne prijelome dijafize sa slobodnim ulomkom (B i C tip prijeloma po AO klasifikaciji), iako danas nije prihvaćena kao standardna metoda^{10,42,43}.

Nakon opisa tehnike MIPO za pristup na dijafizu humerusa^{38,44}, metoda je pokazala i dobre rezultate u kliničkim studijama, što je utjecalo na veći interes za njenu primjenu. U prvim studijama korištena je konvencionalna ploča sa standardnim vijcima^{44,39}, a u kasnijim studijama i tehnikama koriste se kutno stabilne ploče sa zaključanim vijcima^{40-43,45}. Prednji pristup na dijafizu planira se kroz proksimalnu inciziju u deltopektoralnoj brazdi i distalnu ravnu inciziju na sredini nadlaktice, 3 do 4 cm proksimalno od kožne brazde lakta. Kroz distalnu inciziju biceps se retrahira medijalno, a na prednju površinu pristupa se uzdužnom disekcijom u sredini mišića brahialisa. Radijalni živac zaštićen je lateralnim dijelom brahialisa i punom supinacijom i fleksijom podlaktice kada se *n. radialis* odmiče od pozicije ploče na prednjoj strani⁴⁰⁻⁴². Prilikom distalnog pristupa treba obratiti pozornost na *n. musculokutaneus* koji od antero-medijalne strane brahijalnog mišića prolazi lateralno i distalno, na udaljenosti od oko 12 do 15 cm od velikog tuberkula⁴¹.

Repozicija je lakša nakon fiksacije proksimalnog dijela ploče na glavni proksimalni fragment. Manipulacijom s podlakticom u fleksiji, pod kontrolom RTG pojačivača, potrebno je ploču fiksirati u sredinu prednje plohe distalnog fragmenta humerusa. Budući da je prednja ploha humerusa ravna, ploču nije potrebno modelirati⁴⁰. Prilikom aplikacije vijaka treba izbjegavati bikortikalnu aplikaciju vijaka u rasponu od 12 do 16 cm proksimalno od lateralnog epikondila humerusa. Na anatomskim studijama utvrđeno je da na toj uda-

ljenosti radijalni živac prolazi uz stražnju plohu humerusa, te se može ozlijediti prilikom boranja ili postavljanja vijka u antero-posteriornom smjeru⁴⁵. Kako bi se izbjegla jatrogena ozljeda muskulokutaneusa, distalne vijke potrebno je postavljati pod vizualnom kontrolom uz retrakciju živca prema medijalno, zajedno s medijalnim dijelom brahijalnog mišića^{42,45}. Prevelika distenzija mekih tkiva zbog kratke incizije može uzrokovati prolaznu disfunkciju živca te se preporučuje učiniti inciziju adekvatne veličine, koja bi osigurala vizualnu kontrolu živca tijekom repozicije i fiksacije vijaka⁴². Pravilna rotacija mora se intraoperacijski provjeriti radiološki na temelju pravilne pozicije proksimalnog humerusa i fose olekrani distalno, kao i na temelju kongruencije kortikalne kosti na mjestu prijeloma. Prije operacije treba klinički kontrolirati rotaciju na zdravoj ruci i komparirati je s kretanjama na operiranoj ruci prije završetka operacije⁴⁰.

Korištenjem ove tehnike postignuti su dobri klinički i funkcionalni rezultati, bez trajne intraoperacijske ozljede živaca^{42,43}, uz 10 % konverzija u otvorenu osteosintezu zbog nemogućnosti adekvatne repozicije⁴⁰. Većina autora u zaključku naglašava da je MIPO humerusa zahtjevna kirurška tehnika s dugom krivuljom učenja^{39-42,45,46}. Poslijeoperacijska ultrazvučna evaluacija položaja implantata i radijalnog živca ukazuje na bliski odnos implantata i radijalnog živca koji su međusobno udaljeni od 1,0 do 19,6 mm, te je potrebno precizno slijediti kiruršku tehniku i poznavati anatomske odnose⁴⁶.

Iako je operacijski zahvat tehnički složen, prosječno vrijeme zračenja od 160,3 s⁴² ne razlikuje se značajno od dužine zračenja tijekom intramedularne osteosinteze humerusa (140,0 s)⁴⁷.

Prijelomi distalnog humerusa, kao i prijelomi podlaktice, zahtijevaju prema osnovnim principima anatomske repoziciju i apsolutnu stabilnost i dodatno, zbog složenih anatomske odnosa, prema dosadašnjim iskustvima nisu pogodni za tehniku MIO.

Prijelomi distalnog radijusa

Mali je broj članaka koji opisuju minimalno invazivni pristup na distalni radijus⁴⁸⁻⁵¹. Minimalno invazivna tehnika pri volarnom pristupu naglašava važ-

nost očuvanja periosta i pronator kvadratusa. Pristup na distalni radijus je kroz poprečnu distalnu inciziju uz palmarni nabor ručnog zgloba, a ploča se nakon repozicije i privremene fiksacije ulomaka Kirschnerovim žicama uvodi subperiostalno ispod pronator kvadratusa. Kroz manju proksimalnu inciziju ploče pomoću vodilica fiksira se na proksimalni fragment^{48,49}. MIPO je zahtjevna tehnika kojom se mogu postići rezultati koji odgovaraju otvorenoj operacijskoj tehnici, uz naglasak da je zahvat potrebno učiniti što ranije nakon ozljede, kako bi se mogla učiniti zatvorena repozicija⁴⁸.

Prijelomi femura

Ekstraartikularni prijelomi proksimalnog femura, odnosno prijelomi u trohanternoj regiji danas se u pravilu liječe zatvorenom repozicijom i intramedularnom osteosintezi. U literaturi je opisana uporaba sustava LISS za MIPO osteosintezi kompleksnih prijeloma proksimalnog femura sa zahvaćenom subtrohanternom regijom, indicirana kod bolesnika s jakom zakrivljenosti bedrene kosti, uskim femoralnim kanalom, deformitetom ili otvorenim epifiznim hrskavicama. Za MIPO treba koristiti ploču na reverzini način, za prijelome desne strane, treba upotrijebiti LISS ploču za lijevi (distalni) femur, uz postavljenje metafiznog kraja ploče proksimalno⁵².

Za stabilizaciju prijelome dijafize bedrene kosti danas je kao *zlatni standard* prihvaćena intramedularna osteosinteza, iako se stručnjaci vični uporabi ploče tehnikom MIPO u potpunosti ne slažu s ovom tvrdnjom⁵³. Prvi opis operacijske tehnike potječe iz 1997.⁵⁴, a 2009. publicirani su dobri rezultati liječenja uz korištenje stare DCP ploče i konvencionalnih vijaka⁵³. Danas se uz LCP ploču, s izvrsnim mehaničkim karakteristikama može postići dobar rezultat s minimumom materijala (slika 3A). MIPO kod prijeloma dijafize femura indiciran je prvenstveno kod bolesnika s uskim i deformiranim medularnim kanalom, otvorenim epifiznim hrskavicama, kao i kod politraumatiziranih bolesnika i bolesnika s multiplim prijelomima dugih kostiju⁵³.

Uporaba tehnike MIPO u liječenju prijeloma distalnog dijela bedrene kosti pokazala je dobre rezultate, a tehnički razvoj LISS i anatomske LCP ploče dodatno su utjecali na popularizaciju meto-

de i širu primjenu⁵⁵⁻⁶⁰. Kompleksni prijelomi s artikularnom i metafizno-dijafiznom komponentom predstavljaju idealnu indikaciju za upotrebu anatomske LCP ploče (slika 5 i 6). Princip osteosinteze uključuje repoziciju fiksaciju artikularnih fragmenata po principu apsolutne stabilnosti kroz artrotomiju (čija veličina ovisi o tipu prijeloma) i nakon fiksacije artikularnog bloka s pločom nastavlja se sa zatvorenom repozicijom i fiksacijom ploče kroz proksimalnu inciziju izvan zone prijeloma^{11,58,60,61}. Na anatomskim studijama dokazano

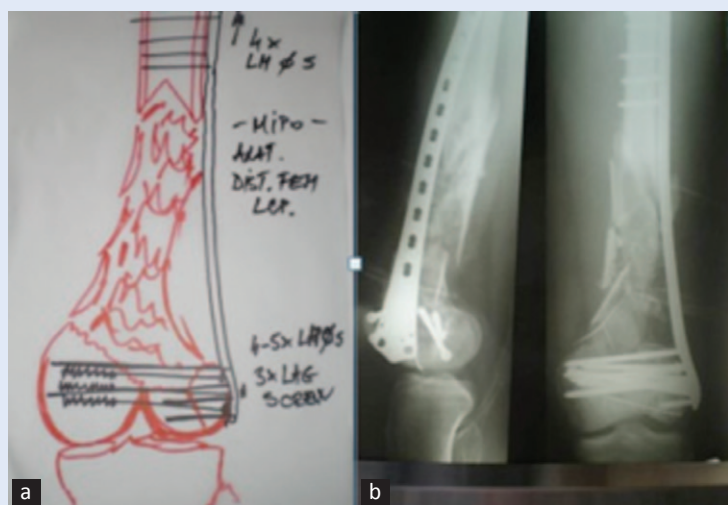


Slika 5. Otvoreni kominutivni intraartikularni prijelom distalnog femura a) Otvoreni kominutivni prijelom distalnog femura, tip IIIA po Gustilo-Andersonovoj klasifikaciji; b) RTG snimka i prijeoperacijska analiza tipa prijeloma; c) Distalna incizija nakon debridmana inicijalne rane s prikazom intraartikularnih fragmenata radi anatomske repozicije i fiksacije zglobnih tijela.

Figure 5 Open comminuted intraarticular fracture of distal femur a) Open distal femoral fracture with severe bone comminution, Gustilo-Anderson type IIIA fracture; b) X-ray and preoperative fracture analysis; c) Distal incision after debridement of the wound for anatomical reduction and fixation of the joint fragments.

je da, za razliku od otvorene tehnike⁶², submuskularno postavljanje ploče ne oštećuje perforantne krvne žile.

Problemi u repoziciji ulomaka i nepravilnoj rotaciji česta su komplikacija u liječenju ovih prijeloma.



Slika 6. Preoperativno planiranje i radiogram nakon operacije. Isti bolesnik sa slike 5.

a) Prijeoperacijski plan i fiksacija zglobnih ulomaka po principu apsolutne stabilnosti i premoštavanje kominucijske zone *bridging* tehnikom pomoću anatomske LCP ploče za distalni femur; b) Poslijeoperacijska RTG snimka za usporedbu s prijeoperacijskim planom.

Figure 6 Preoperative planning and postoperative X-ray control. The same patient from figure 5.

a) Preoperative plan and fixation of joint fragments using principles of absolute stability. Bridging of comminution zone with anatomical LCP for distal femur; b) Postoperative X ray for comparison with preoperative plan.

Precizna poslijeoperacijska evaluacija ukazala je na visoku učestalost rotacijske pogreške za prosječno 11,5° kod 38,5 % bolesnika s prijelomom distalnog femura liječenih tehnikom MIPO⁵⁵. Naglašena je važnost precizne radiološke i kliničke intraoperacijske evaluacije rotacije ulomaka i potreba za preciznijim tehničkim pomagalicama koja bi mogla kontrolirati pravilan položaj ulomaka⁵⁵. U recentnom članku Collinge i sur. dali su pregled tehnika i metoda kojima se može kontrolirati pozicija ulomaka prilikom repozicije i fiksacije prijeloma distalnog femura²⁰. Nekorektna repozicija i stabilizacija ulomaka može rezultirati s valgus deformitetom, rotacijskom pogreškom, skraćanjem ili produženjem, lošim položajem ploče sprijeda ili straga te prevelikim razmakom između ploče i lateralne površine kondila. Da bi se izbjegli navedeni problemi potrebno je precizno prijeoperacijsko planiranje uz CT analizu prijeloma, dobro poznavanje anatomije i njezine radiološke prezentacije, poznavanje svojstava implantata i tehnike rada, kvalitetna radiološka intraoperacijska dijagnostika i interpretacija slika, kvalitetna repozicija, pravilno pozicioniranje ploče i vijaka, klinička kontrola rota-

cije, stabilna definitivna fiksacija i precizna radiološka kontrola prije samog završetka operacijskog zahvata. Pogreške pri upotrebi tehnike MIPO pomoću anatomske LCP ploče nisu česte, ali specifične probleme kod prijeloma distalnog femura treba izbjeći detaljnim poznavanjem kirurške tehnike, kako bi se smanjile komplikacije i unaprijedili rezultati liječenja²⁰.

Prijelomi tibije

Prijelomi proksimalnog dijela tibije relativno su rijetki, ali klinički vrlo zahtjevni za liječenje. Prijelomi nastali prijenosom visoke energije kod mladih i osteoporotični prijelomi kod bolesnika starije dobi pokazuju bimodalnu raspodjelu i karakterizirani su višekomadnim tipom prijeloma sa značajnom dislokacijom i impakcijom ulomaka te pratećom ozljedom zglobne hrskavice⁶³. Ovi prijelomi nerijetko su povezani s oštećenjem mekih tkiva, kompartment sindromom, rupturom ligamenata i posljedičnom nestabilnosti, kao i postoperativnim infekcijama, kontrakturama i posttraumatskim artritismom⁶³. Rezultati liječenja prijeloma tibijalnog platoa ovise o ozljedi mekih tkiva, postignutoj repoziciji zglobnih fragmenata i mehaničkoj stabilnosti koja mora osigurati ranu mobilizaciju koljena⁶³.

Danas je MIPO široko prihvaćena metoda liječenja, prvenstveno zahvaljujući kutno stabilnim implantatima (LISS i LCP) niskog profila i anatomske oblike, koji osiguravaju dobru stabilnost uz minimalnu oštećenje vaskularizacije kosti i mekih tkiva⁶³. Za sve prijelome s ugroženom vitalnosti mekih tkiva indicirana je hitna stabilizacija s vanjskim fiksatorom, uz definitivnu stabilizaciju tehnikom MIPO nakon oporavka lokalnog statusa mekih tkiva (slika 7).

Neki autori preporučuju artroskopski asistiranu repoziciju impaktiranih zglobnih fragmenata (tip prijeloma: 41B.2 prema Müllerovoj AO klasifikaciji, tip III prema Schatzkerovoj klasifikaciji). Tehnika nije u širokoj primjeni jer je postupak tehnički zahtjevan, potrebna je artroskopska oprema, a vrijeme operativnog zahvata produženo je uz rizik od pojave kompartment sindroma zbog drenaže tekućine za ispiranje u meka tkiva potkoljenice^{63,64}.

Prijelomi područja dijafize tibije danas se prvenstveno liječe intramedularnom osteosinteza²⁵,

a tehnika MIPO je, kao i kod prijeloma femura, indicirana kod deformiranog intramedularnog kanala (slika 8), otvorenih epifiznih hrskavica ili postojanja višestrukih prijeloma dugih kostiju.

Prijelomi distalnog dijela tibije, gdje su repozicija i fiksacija IM implantatima tehnički zahtjevnije²⁵, a kožni pokrov oskudan i opterećen komplikacijama u cijeljenju rane, danas se relativno često zbrinjavaju tehnikom MIPO (slika 9) koja je opisana krajem 20 stoljeća⁶⁵. Tehnika MIPO može osigurati dobar ishod liječenja s niskom učestalosti infekcija i odgođenog cijeljenja^{14,25,66} uz dobre funkcionalne rezultate⁶⁶. Postotak infekcija u literaturi varira od 4 %⁶⁷ do 19 %¹⁴, ovisno o tipu prijeloma. Iako u eksperimentalnom modelu prijeloma distalne tibije IM implantati pokazuju veću čvrstoću od LCP ploče, konstrukcija postignuta LCP pločom dovoljno je stabilna da osigura koštano cijeljenje⁶⁸.



Slika 7. MIPO nakon vanjske fiksacije prijeloma proksimalne tibije
Definitivna fiksacija prijeloma proksimalne tibije tehnikom MIPO nakon inicijalne stabilizacije prijeloma privremenim vanjskim fiksatorom.

Figure 7 MIPO after external fixation of proximal tibial fracture
Final stabilization of proximal tibial fracture with MIPO after initial stabilization with spanning external fixator.



Slika 8. Prijelom dijafize tibije
Prijelom dijafize tibije liječen tehnikom MIPO. Distalno je vidljiv deformitet kanala nakon ranijeg prijeloma dijafize.

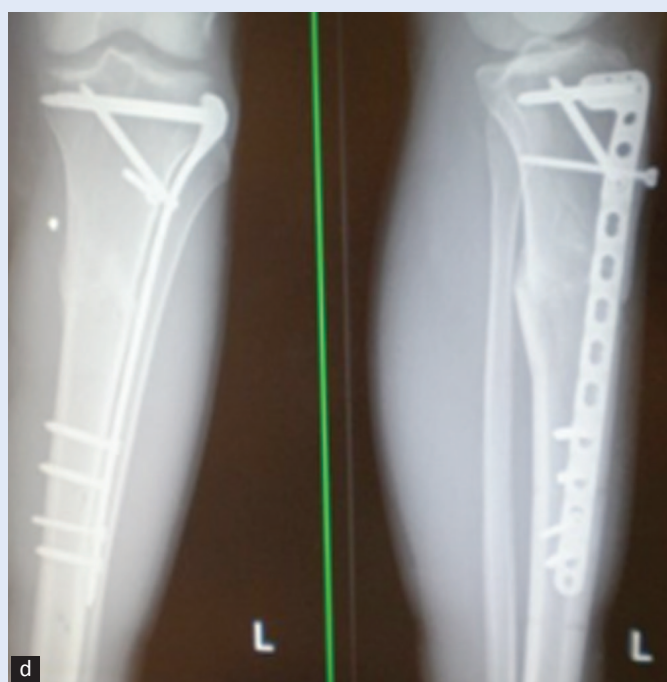
Figure 8 Tibial shaft fracture
Tibial shaft fracture treated with MIPO. Deformation of medullary canal in distal part of the tibia after previous fracture.

Široka upotreba u kliničkoj praksi i relativno velik broj objavljenih radova rezultirali su proširenjem indikacija i korištenjem tehnike u stabilizaciji prijeloma potkoljenice nastalih velikom količinom kinetičke energije, uključujući i otvorene prijelome^{14-16,66,67}. Kod stabilizacije otvorenih prijeloma tibije neophodno je poštovati *staged protocol* s inicijalnom vanjskom fiksacijom uz debridman i tretman rane (slika 10), kako bi se osigurao vitalan mekotkivni pokrov¹⁴⁻¹⁶. U recentnom članku korejskih autora opisan je lateralni pristup za MIPO tibije kod otvorenih prijeloma II do III B stupnja po Gustilo-Andersonovoj klasifikaciji (slika 11). Uz postignute dobre kliničke rezultate evi-



Slika 9. Cijeljenje operacijske rane
Operacijska rana nakon dva dana od stabilizacije prijeloma distalne tibije tehnikom MIPO.

Figure 9 Postoperative wound healing
Postoperative wound two days after treatment of distal tibial fracture with MIPO technique.



Slika 10. Otvoreni metafizni prijelom tibije. Liječenje u „dvije faze” kod istog bolesnika

a) Stanje po inicijalnoj vanjskoj fiksaciji i debridmanu otvorenog prijeloma proksimalne tibije. Zatvorena repozicija i fiksacija „oštrim” stezaljkama tijekom unutarnje fiksacija tehnikom MIPO. b) Rotacijski kožni režanj za rekonstrukciju defekta mekih tkiva. c) Sanacija mekotkivnog pokrova nakon rekonstrukcije kožnom rešnjem i slobodnim autotransplantatom nepotpune debljine kože. d) Sanacija otvorenog metafiznog prijeloma stabiliziranog tehnikom MIPO kroz lateralni pristup.

Figure 10 Open metaphyseal tibial fracture. „Two stage” procedure in the same patient.

a) Stage after initial external fixation of open proximal tibial fracture. b) Rotational skin flap for skin defect reconstruction. c) Wound healing after rotational flap and split skin grafting. d) Uneventful bone healing of fracture treated with MIPO technique trough lateral approach.



Slika 11. Lateralni pristup na tibiju. Staged protokol i incizija za definitivnu stabilizaciju otvorenog prijeloma distalne tibije tehnikom MIPO kroz lateralni pristup.

Figure 11 Lateral approach to tibia. Staged protokol and incision for definitive stabilization of open tibial fracture with MIPO trough lateral approach.

dentiran je razvoj površnih infekcija kod 2 od 10 bolesnika, koje su sanirane lokalnom terapijom i primjenom antibiotika, bez pojave dubokih infekcija i osteomijelitisa¹⁶.

Položaj implantata na medijalnoj plohi tibije može rezultirati pritiskom na kožu s posljedičnim *impingementom* u čak do 52 % bolesnika⁶⁹. Posebno treba naglasiti problem repozicije i važnost kontrole rotacije potkoljenice, jer je korištenjem CT-a nakon operacije evidentirana pogreška rotacije potkoljenice u 50 % bolesnika s prosječnom vrijednosti od čak 16,2°⁵⁵. Pomoć prilikom repozicije tibije može osigurati anatomska repozicija i osteosinteza prijeloma fibule, čime se tibija indirektno dovodi u gotovo anatomski položaj^{14,66}.

Prijelomi tibijalnog platoa (pilon frakture) predstavljaju jednu od najzahtjevnijih skupina prijeloma za operacijsko liječenje prvenstveno zbog tehnički komplicirane repozicije i restoracije zglobne plohe, otežane mogućnosti stabilizacije ulomaka i problema s oštećenim mekim tkivima. Tehnika MIPO, u dva akta, pokazala je bolje rezultate u liječenju složenih tipova pilon prijeloma u odnosu na otvorenu operacijsku tehniku ili minimalno invazivnu perkutanu fiksaciju i dodatnu stabilizaciju vanjskim fiksatorom²⁶. U metaanalizi liječenja ovih prijeloma tehnika MIPO nakon privremene vanjske fiksacije (engl. *staged protocol*) pokazala je najbolje rezultate s čak 92 % dobrih ishoda, uz smanjenu potrebu za kasnijom artrodezom, smanjenu incidenciju postraumatskog artritisa, *non-uniona* i infekcija¹³. Uz tip prijeloma, stupanj oštećenje mekih tkiva, vrijeme od ozljede do stabilizacije prijeloma, udružene bolesti i ozljede, na ishod liječenja utječu i sposobnost i iskustvo kirurga¹³.

U literaturi se mogu naći i pojedini recentni članci koji opisuju upotrebu tehnike MIPO i na ostalim dijelovima koštanog sustava, poput prijeloma fibule⁷⁰ ili složenih prijeloma zdjeličnog prstena⁷¹.

ZAKLJUČAK

Minimalno invazivne tehnike u kirurgiji razvile su se sa željom da se smanji oštećenje tkiva prilikom kirurškog zahvata i očuva biološki potencijal za cijeljenje prijeloma. Uz brži poslijeoperacijski boravak i manji bol moguće je ubrzati poslijeoperacijsku mobilizaciju, fizikalnu terapiju, a time i skratiti boravak bolesnika u bolnici.

Tehnika MIPO najčešće se koristi kod kompleksnih prijeloma i nerijetko je praćena komplikacijama vezanim uz kiruršku tehniku ili krivu upotrebu implantata. Većina ovih komplikacija može se izbjeći pravilnim prijeoperacijskim planiranjem¹⁰, a zadatak svakog kirurga koji se bavi liječenjem prijeloma je poštovanje i primjena principa osteosinteze, pravilna ocjena vrste prijeloma i stanja bolesnika, poznavanje specifične anatomije, kirurških tehnika i karakteristika implantata u svrhu postizanja što boljih rezultata u liječenju bolesnika.

Principi i metode unutrašnje fiksacije prijeloma nisu završno definirani, već se razvijaju sukladno novim znanstvenim i kliničkim rezultatima i tehničkim unaprjeđenjima². Razvoj MIO-a u traumatologiji omogućen je tehnološkim razvojem implantata, korištenjem posebnih instrumenata i upotrebom RTG pojačivača tijekom operacijskog zahvata. Daljnji razvoj tehnike MIPO baziran je na proučavanju anatomije i radiološke anatomije, razvoju i korištenju navigacije i instrumenata za zatvorenu repoziciju (prvenstveno za artikularne prijelome), kao i na razvoju i upotrebi novih, bioresorptivnih materijala⁷², stimulatora koštanog rasta i koštanih supstituta.

Za postizanje optimalnih rezultata uz poznavanje tipa prijeloma i poznavanje bolesnika, potrebno je i objektivno procijeniti osobna, tehnička i biološka ograničenja. Nove tehnologije ne mogu pružiti zaštitu od loše dijagnoze, krive indikacije, nepridržavanja principa i nepoznavanja anatomije¹⁰.

LITERATURA

1. Müller ME, Allgöever M, Willenegger H. *Technique of Internal Fixation of Fractures*. Berlin Heidelberg, New York: Springer-Verlag 1965.
2. Schatzker J. Changes in the AO/ASIF principles and methods. *Injury* 1995;26 (Suppl 2):B51-6.
3. Khong KS, Kotlanka R, Ghista DN. *Mechanobiology*. In: Tong GO, Bavonratanevech S (eds). *AO Manual of Fracture Management – Minimally Invasive Plate Osteosynthesis (MIPO)*, Stuttgart: Thieme, 2007;9-21.
4. Marsell R, Einhorn TA. The biology of fracture healing. *Injury* 2011;42:551-5.
5. Perren SM. Evolution of the internal fixation of long bone fractures. The scientific basis of biological internal fixation: choosing a new balance between stability and biology. *J Bone Joint Surg Br* 2002;84:1093-110.
6. Perren SM, Buchannan JS. Basic concepts relevant to the design and development of the Point Contact Fixator (Pc-Fix). *Injury* 1995;26 (Suppl 2);B1-4.

7. Chow SP. Introduction to the Point Contact Fixator. *Injury* 2001;32 (Suppl 2):B1-2.
8. Tepic S, Perren SM. The biomechanics of the PC-Fix Internal fixator. *Injury* 1995;26 (Suppl 2):B5-10.
9. Fernandez DE, Masliah GA. Osteosynthesis of diaphyseal fractures of the radius and ulna using an internal fixator (PC-Fix). A prospective study. *Injury* 2001;32 (Suppl 2):B44-50.
10. Tan SLE, Balogh ZJ. Indications and limitations of locked plating. *Injury* 2009;40:683-91.
11. Kregor PJ, Stannard JP, Cole PA, Zlodowski M, Alonso JA. Prospective clinical trial of less invasive stabilization system (LISS) for supracondylar femur fractures. Proceedings of Orthopedic Trauma Association Annual Meeting. *J Orth Trauma* 2000;14:133-4.
12. Frigg R. Locking Compression Plate (LCP). An osteosynthesis plate based on Dynamic Compression Plate and Point Contact Fixator (PC-Fix). *Injury* 2001;32 (Suppl 2):B63-6.
13. Calori GM, Tagliabue L, Mazza E, de Bellis U, Pierannunzii L, Marelli BM et al. Tibial pilon fractures: which method of treatment? *Injury* 2010;41:1183-90.
14. Collinge C, Kuper M, Larson K, Protzman R. Minimally invasive plating of high-energy metaphyseal distal tibia fractures. *J Orthop Trauma* 2007;21:355-61.
15. Borens O, Kloen P, Richmond J, Roederer G, Levine DS, Helfet DL. Minimally invasive treatment of pilon fractures with a low profile plate: preliminary results in 17 cases. *Arch Orthop Trauma Surg* 2009;129:649-59.
16. Sohn OJ, Kang DH. Staged protocol in treatment of open distal tibia fracture: using lateral MIPO. *Clin Orthop Surg* 2011;3:69-76.
17. Tong GO, Bavonratanavech S. AO Manual of Fracture Management – Minimally Invasive Plate Osteosynthesis (MIPO). Stuttgart: Thieme, 2007.
18. D. Gautier E, Perren SM. Die Limited Contact Dynamic Compression Plate (LC-DCP): Biomechanische Forschung als Grundlage des neuen Plattendesign. *Orthopaede* 1992;21:11-23.
19. Hoppenfeld S, deBoer P, Buckley R. Surgical Exposures in Orthopaedics. The Anatomic Approach, 4th ed, Philadelphia: Lippincot Williams & Wilkins, 2009.
20. Collinge CA, Gardner MJ, Crist BD. Pitfalls in the application of distal femur plates for fractures. *J Orthop Trauma* 2011;25:695-706.
21. Weinstein DM, Bratton DR, Ciccone WJ, Elias JJ. Locking plate improves torsional resistance in the stabilization of three part proximal humeral fracture. *J Shoulder Elbow Surg* 2006;15:239-43.
22. Fulkerson E, Egol KA, Kubiak EN, Liporace F, Kummer FJ, Koval KJ. Fixation of diaphyseal fractures with segmental defect: a biomechanical comparison of locked and conventional plating techniques. *J Trauma* 2006;60:830-5.
23. Gautier E, Sommer C. Guidelines for the clinical application of LCP. *Injury* 2003;34 (Suppl 2):B63-76.
24. Stoffel, Dieter U, Stachowiak G, Gächter A, Kuster MS. Biomechanical testing of the LCP – how can stability in locked internal fixators can be controlled?. *Injury* 2003;34 (Suppl 2):B11-9.
25. Newman SDS, Mauffrey CPC, Krikler S. Distal metadiaphyseal tibial fractures. *Injury* 2011;42:957-84.
26. Blauth M, Bastian L, Krettek C, Knop C, Evans S. Surgical options for the treatment of severe tibial pilon fractures: a study of three techniques. *J Orthop Trauma* 2001;15:153-60.
27. Rosbruch SR, Müller U, Gautier E, Ganz R. The evolution of femoral shaft plating technique. *Clin Orth* 1988;354:195-208.
28. Andermahr J, Faymonville C, Rehm KE, Jubel A. Percutaneous plate osteosynthesis for clavicular fractures. Initial description. *Unfallchirurg* 2008;111:43-5.
29. Sohn HS, Shin SJ, Kim BY. Minimally invasive plate osteosynthesis using anterior-inferior plating of clavicular midshaft fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 2012;132:239-44.
30. Sohn HS, Shin SJ, Kim BY. A surgical technique for minimally invasive plate osteosynthesis of clavicular midshaft fractures. *J Orthop Trauma* 2012; In press.
31. Gardner MJ, Voos JE, Wanich T, Helfet DL, Lorich DG. Vascular implications of Minimally Invasive Plating of Proximal Humerus Fractures. *J Orth Trauma* 2006;20:602-7.
32. Gardner MJ, Boraiah S, Helfet DL, Lorich DG. The Anterolateral Acromial Approach for Fractures of Proximal Humerus. *J Orth Trauma* 2008;22:132-7.
33. Laflamme GY, Rouleau DM, Berry GK, Beaumont PH, Reindl R, Harvey EJ. Percutaneous humeral plating of fractures of the proximal humerus: results of prospective multicenter clinical trial. *J Orthop Trauma* 2008;22:153-8.
34. Hepp P, Theopold J, Voigt C, Engel T, Josten C, Lill H. The surgical approach for locking plate osteosynthesis of displaced proximal humeral fractures influences the functional outcome. *J Shoulder Elbow Surg* 2008;17:21-8.
35. Röderer G, Erdhart J, Kuster M, Vegt P, Bahars C, Kinzl L et al. Second generation locked plating of proximal humerus fractures-A prospective multicentre observational study. *Int Orthop* 2011;35:425-32.
36. Blum J, Engelmann R, Kuchle R, Hansen M, Rommens PM. Intramedullary nailing of humeral head and humeral shaft fractures. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2007;33:149-58.
37. King A, Johnston GH. A modification of Henry's anterior approach to the humerus. *J Shoulder Elbow Surg* 1998;7:210-2.
38. Rancan M, Dietrich M, Lamdark T, Can U, Platz A. Minimal invasive long PHILOS®-plate osteosynthesis in metadiaphyseal fractures of the proximal humerus. *Injury* 2010;41:1277-83.
39. Zhiquan A, Bingfang Z, Yeming W, Chi Z, Peiyan H. Minimally invasive plating osteosynthesis (MIPO) of middle and distal third humeral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2007;21:628-33.
40. Shin SJ, Sohn HS, Do NH. Minimally Invasive Plate Osteosynthesis of Humeral Shaft Fractures: A Technique to Aid Fracture Reduction and Minimize Complications. *J Orthop Trauma* 2012; In press.
41. Gardner MJ, Griffith MH, Lorich DG. Helical plating of the proximal humerus. *Injury* 2005;36:1197-200.
42. Shetty MS, Kumar MA, Sujay KT, Kini AR, Kanthi MG. Minimally invasive plate osteosynthesis for humerus diaphyseal fractures. *Indian J Orthop* 2011;45:520-6.

43. Kobayashi M, Watanabe Y, Matsushita T. Early full range of shoulder and elbow motion is possible after minimally invasive plate osteosynthesis for humeral shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2010;24:212-6.
44. Liviani B, Belangero WD. Bridging plate osteosynthesis of humeral shaft fractures. *Injury* 2004;35:587-95.
45. Apivatthakakul T, Patiyasikan S, Luevitonvechkit S. Danger zone for locking screw placement in minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) of humeral shaft fractures: a cadaveric study. *Injury* 2010;41:169-72.
46. Liviani B, Belangero WD, Andrede K, Zuiani G, Pratali R. Is MIPO in humeral shaft really safe? Postoperative ultrasonographic evaluation. *Int Orthop* 2009;33:1719-23.
47. Santori FS, Santori N. The Exp Nail for the treatment of diaphyseal humeral fractures. *J Bone Joint Surg Br* 2002;84(Suppl 3):280.
48. Zenke Y, Sakai A, Oshige T, Moritani S, Fuse Y, Maehara T et al. Clinical results of volar locking plate for distal radius fractures: conventional versus minimally invasive plate osteosynthesis. *J Orthop Trauma* 2011;25:425-31.
49. Imatani J, Noda T, Morito Y, Sato T, Hashizume H, Inoue H. Minimally invasive plate osteosynthesis for comminuted fractures of the metaphysis of the radius. *J Hand Surg Br* 2005;30:220-5.
50. Sen MK, Strauss N, Harvey EJ. Minimally invasive plate osteosynthesis of distal radius fractures using a pronator sparing approach. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2008;12:2-6.
51. Orbay JL, Touhami A, Orbay C. Fixed angle fixation of distal radius fractures through a minimally invasive approach. *Tech Hand Up Extrem Surg* 2005;9:142-8.
52. Ma CH, Tu YK, Yu SW, Yen CY, Yeh JH, Wu CH. Reverse LISS plates for unstable proximal femoral fractures. *Injury* 2010;41:827-33.
53. Apivatthakakul T, Chiewcharntanakit S. Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) in the treatment of the femoral shaft fracture where intramedullary nailing is not indicated. *Int Orthop* 2009;33:1119-26.
54. Wenda K, Runkel M, Degreif J, Rudig L. Minimally invasive plate fixation in femoral shaft fractures. *Injury* 1997;28 (Suppl 1):A13-9.
55. Buckley R, Mohanty K, Malish D. Lower limb malrotation following MIPO technique of distal femoral and proximal tibial fractures. *Injury* 2011;42:194-9.
56. Frigg R, Appenzeller A, Christensen R, Frenk A, Gilbert S, Schavan R. The development of the distal femur Less Invasive Stabilization System (LISS). *Injury* 2001;32 (Suppl 3):C24-31.
57. Goesling T, Frenk A, Appenzeller A, Garapati R, Marti A, Krettek C. LISS PLT: design, mechanical and biomechanical characteristics. *Injury* 2003;34 (Suppl 1):A11-5.
58. Markmiller M, Konrad G, Südkamp N. Femur-LISS and distal femoral nail for fixation of distal femoral fractures: are there differences in outcome and complications? *Clin Orthop Relat Res* 2004;426:252-7.
59. Schütz M, Müller M, Regazzoni P, Höntzsch D, Krettek C, Van der Werken C et al. Use of the less invasive stabilization system (LISS) in patients with distal femoral (AO33) fractures: a prospective multicenter study. *Arch Orthop Trauma Surg* 2005;125:102-8.
60. Nayak RM, Koichade MR, Umre AN, Ingle MV. Minimally invasive plate osteosynthesis using a locking compression plate for distal femoral fractures. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2011;19:185-90.
61. D Kregor PJ, Stannard JA, Zlowodzki M, Cole PA. Treatment of distal femur fractures using the less invasive stabilization system: surgical experience and early clinical results in 103 fractures. *J Orthop Trauma* 2004;18:509-20.
62. Farouk O, Krettek C, Miclau T, Schandelmaier P, Guy P, Tscherne H. Minimally invasive plate osteosynthesis and vascularity: preliminary results of a cadaver injection study. *Injury* 1997;28 (Suppl 1):A7-12.
63. Biggi F, Di Fabio S, D'Antimo C, Trevisani S. Tibial plateau fractures: Internal fixation with locking plates and the MIPO technique. *Injury* 2010;41:1178-82.
64. Musahl V, Tarkin I, Kobbe P, Tzioupis C, Siska PA, Pape HC. New trends and techniques in open reduction and internal fixation of fractures of the tibial plateau. *J Bone Joint Surg Br* 2009;91:426-33.
65. Helfet DL, Shonnard PY, Levine D, Borrelli J Jr. Minimally invasive plate osteosynthesis of distal fractures of the tibia. *Injury* 1997;28 (Suppl 1):A42-7; discussion A47-8.
66. Collinge C, Protzman R. Outcomes of minimally invasive plate osteosynthesis for metaphyseal distal tibia fractures. *J Orthop Trauma* 2010;24:24-9.
67. Krackhardt T, Dilger J, Fleisch I, Höntzsch D, Eingartner C, Weise K. Fractures of the distal tibia treated with closed reduction and minimally invasive plating. *Arch Orthop Trauma Surg* 2005;125:87-94.
68. Hoenic M, Gao F, Kinder J, Zhang LQ, Collinge C, Merk BR. Extra-articular distal tibia fractures: a mechanical evaluation of 4 different treatment methods. *J Orthop Trauma* 2010;24:30-5.
69. Lau TW, Leung F, Chan CF, Chow SP. Wound complication of minimally invasive plate osteosynthesis in distal tibia fractures. *Int Orthop* 2008;32:697-703.
70. Hess F, Sommer C. Minimally invasive plate osteosynthesis of the distal fibula with the locking compression plate: first experience of 20 cases. *J Orthop Trauma* 2011;25:110-5.
71. Ruchholtz S, Buecking B, Delschen A, Lewan U, Taeger G, Kuehne C et al. The two-incision, minimally invasive approach in the treatment of acetabular fractures. *J Orthop Trauma* 2012; In Press.
72. Klos K, Rausch S, Löffler M, Fröber R, Hofmeier K, Lenz M et al. A biomechanical comparison of a biodegradable volar locked plate with two titanium volar locked plates in a distal radius fracture model. *J Trauma* 2010;68:984-91.