

# Osnovni principi operativnog liječenja prijeloma

---

**Jerbić, Ivan**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, School of Medicine / Sveučilište u Zagrebu, Medicinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:105:823757>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-04-19**



*Repository / Repozitorij:*

[Dr Med - University of Zagreb School of Medicine  
Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
MEDICINSKI FAKULTET**

**Ivan Jerbić**

# **Osnovni principi operativnog liječenja prijeloma**

**DIPLOMSKI RAD**



**Zagreb, 2016**

Ovaj diplomski rad izrađen je u Klinici za ortopediju Kliničkog bolničkog centra Zagreb pod vodstvom mentora prof.dr.sc. Domagoja Delimara i predan je na ocjenu u akademskoj godini 2015/2016.

# Sadržaj

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| Sažetak .....                                | I  |
| Summary .....                                | II |
| Uvod .....                                   | 1  |
| 1. Mehanizmi nastanka prijeloma.....         | 2  |
| 2. Klasifikacije prijeloma .....             | 3  |
| 3. Mehanizmi cijeljenja .....                | 6  |
| 4. Osnovni principi unutarnje fiksacije..... | 7  |
| 4.1 Vijak.....                               | 8  |
| 4.2 Pločica .....                            | 10 |
| 4.3 Intramedularna fiksacija .....           | 13 |
| 5. Osnovni principi vanjske fiksacije .....  | 15 |
| 6. Diskusija .....                           | 18 |
| 7. Zaključak.....                            | 19 |
| Zahvale .....                                | 20 |
| Literatura .....                             | 21 |
| Životopis.....                               | 23 |

# Sažetak

## OSNOVNI PRINCIPI OPERATIVNOG LIJEČENJA PRIJELOMA

Ivan Jerbić

Sveučilište u Zagrebu

Medicinski fakultet

Prijelomi kostiju česta su i svakodnevna medicinska problematika. Nepravilno inicijalno liječenje prijeloma može voditi do značajnog i dugotrajnog obolijevanja te potencijalno i do smrti. Trauma je uzrok preko 140,000 smrti godišnje u Sjedinjenim Američkim Državama, vodeći je uzrok smrti populacije od 1-34 godine te uzrokuje gubitak više godina produktivnosti u populaciji do 65 godina negoli koronarna bolest, moždani udar i maligne bolesti zajedno. Prema procjenama WHO-a ozljede zauzimaju udio od 12% svih godina života prilagođenih na onesposobljenost i godina izgubljenih zbog prerane smrti (DALY), u što je uključen i znatan broj prijeloma. Svrha ovog preglednog rada je sumiranje znanja i principa patofiziologije prijeloma te operativnog liječenja prijeloma.

U prvom se dijelu opisuju mehanika prijeloma kosti, klasifikacije prijeloma koje su u uporabi i na kraju fiziološko cijeljenje kostiju. Drugi dio je podijeljen na dva dijela. U prvom se opisuju osnovni principi unutarnje fiksacije kosti. Unutarnja fiksacija podrazumijeva fiksaciju vijcima, pločicama i intramedularnim čavlima te omogućava i pospješuje cijeljenje. Drugi dio opisuje osnovne principe vanjske fiksacije. Treći dio se sastoji od diskusije i zaključaka o tome koji operativni princip daje najbolji rezultat u odnosu na tip frakture te koja je kost zahvaćena.

Ključne riječi: prijelom, unutarnja fiksacija, vijak, pločica, intramedularna fiksacija, vanjska fiksacija, vanjski fiksator

# Summary

## **BASIC PRINCIPLES OF OPERATIVE FRACTURE TREATMENT**

Ivan Jerbić

University of Zagreb

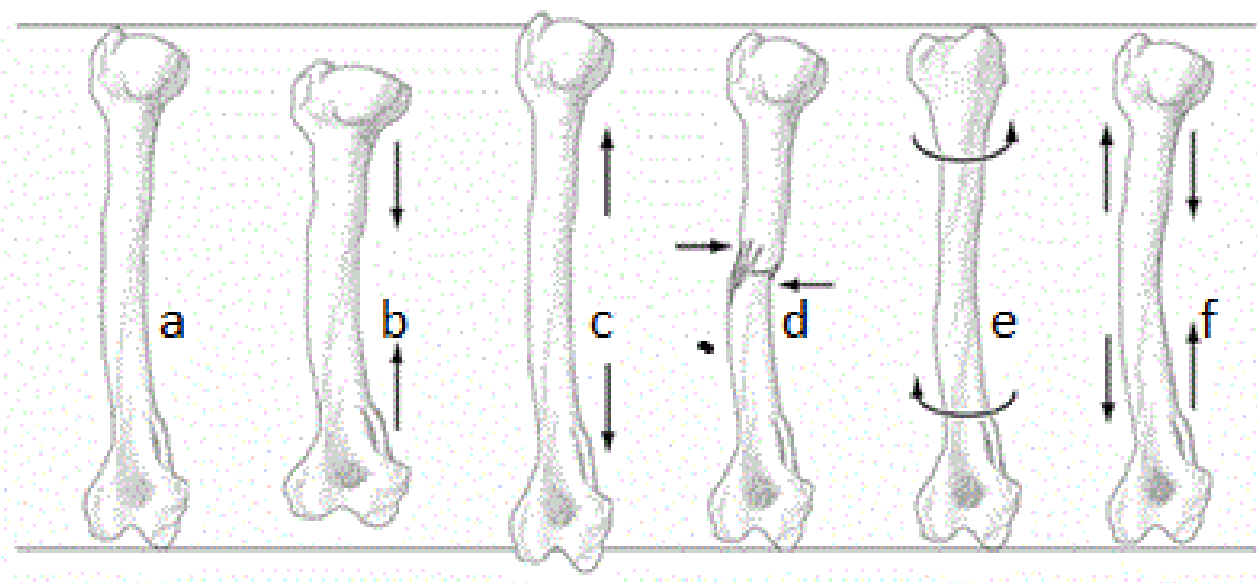
School of Medicine

Orthopedic fractures are a common daily acute health issue. Improper initial management of fractures can lead to significant long-term morbidity and, potentially, mortality. Trauma causes more than 140,000 deaths per year in the United States, is the leading cause of death for those aged 1-34 years, and causes more years of lost productivity before age 65 years than coronary artery disease, cancer, and stroke combined. The WHO estimated that injuries account for 12% of all disability-adjusted life years (DALYs) lost, which includes a significant number of fractures. The main purpose of the paper is to sum up the knowledge and principles of fracture pathophysiology and fracture operative treatment. The first part describes bone fracture mechanics, classifications of fractures that are in use and finally physiological fracture healing. The second part is subdivided into two parts. Part one explains basic principles of internal bone fixation. Internal fixation refers to fixation of screws and/or plates, intramedullary bone nails to enable or facilitate healing. Second part explains basic principles of external bone fixation. The third part consists of discussion and draws conclusions which operative principle gives best results in relation to the type of fracture and the bone that is fractured.

Key words: fracture, internal fixation, lag screw, bone plate, intramedullary fixation, external fixation, external fixator

# Uvod

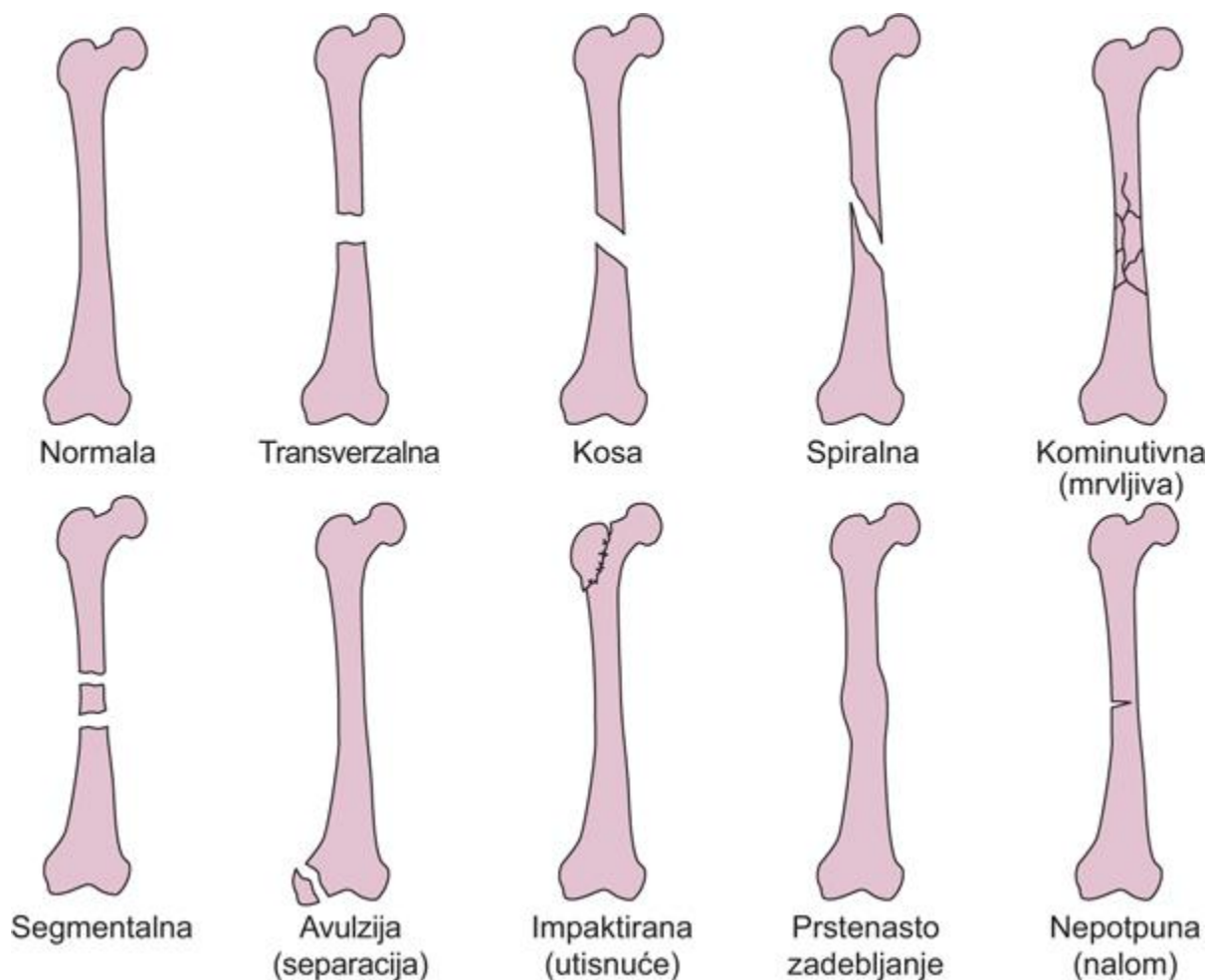
Osnovna funkcija kosti je potpora i zaštita mekih tkiva te omogućavanje lokomocije. Kostij tijela skupa čine okvir za koji su vezani mišići, tetive, ligamenti i zglobovi preko kojih se stvara i prenosi sila te time omogućava kretanje u prostoru. Kost prenosi opterećenje te je pod utjecajem sila tlaka (kompresije), vlaka (tenzije) i sila uvijanja (okretnog momenta). Značajno je da na kost pod opterećenjem može u istom trenutku djelovati kompresija s jedne strane, tenzije s druge strane te dodatno sile uvijanja. Kost je najotpornija na sile kompresije, dok je najslabija na sile tenzije. Dovoljna je manja deformacija da bi došlo do loma kosti. Prijelom kosti je gubitak strukturnog kontinuiteta kosti. Dijeli se na otvoreni i zatvoreni prijelom, ovisno dolazi li do prekida kontinuiteta kože ili tjelesnih šupljina.



Slika 1. Prikaz djelovanja sila na kost: a) kost na koju ne djeluje sila, b) djelovanje sila tlaka, c) djelovanje sila vlaka, d) smicanje kosti, e) djelovanje sila uvijanja, f) kombinacija djelovanja sila tlaka s jedne strane, te sila vlaka s druge strane kosti. Preuzeto sa: <http://www.gustrength.com/kinesiology:tension-compression-shear-torsion>.

# 1. Mehanizmi nastanka prijeloma

Budući da je kost viskoelastičan materijal, prijelomi nisu povezani samo s veličinom sile koja djeluje na kost već i na frekvenciju, tj. brzinu kojom ona djeluje na istu. Kost bolje podnosi veću silu koja djeluje u kratkom razdoblju, no ako sila ne popušta, dolazi do eksplozivne frakture koja znatno oštećuje okolno tkivo. Ukoliko sila djeluje sporo i kroz dulje vrijeme, potrebna je manja sila da bi došlo do prijeloma sa manjim ozljedama mekih tkiva (Schatzker et Tile, 2005).



Slika 2. Vrste prijeloma prema morfologiji. Prema: <http://www.msd-prirucnici.placebo.hr/msd-prirucnik/ozljede-i-trovanja/prijelomi-iscasenja-uganuca/posebni-prijelomi>.

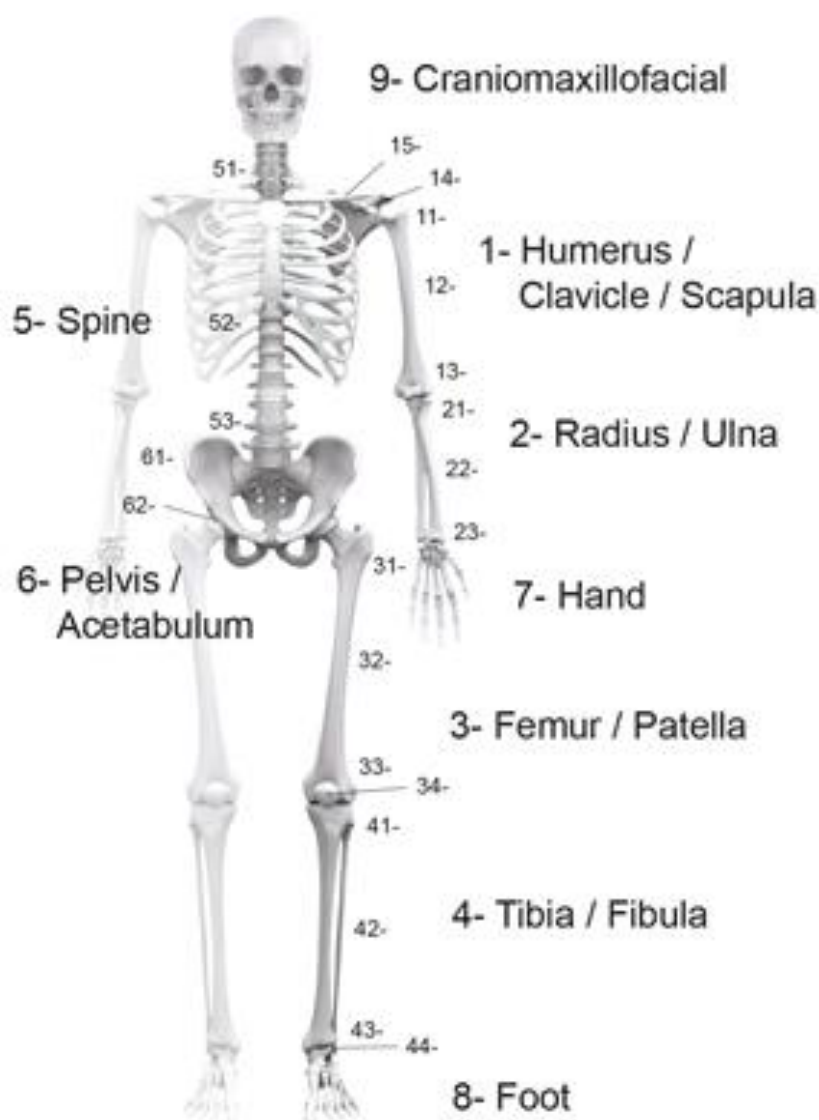


Prijelomi se najčešće dijele etiološki na traumatske, stres i patološke prijelome. Traumatski prijelomi su najčešći i uzrokovani su snažnom i naglom vanjskom silom koja može biti izravna ili neizravna. Kod prijeloma izravnom silom kost puca na mjestu djelovanja same sile te dolazi do oštećenja kože i drugih mekih tkiva. Kost se savija oko točke djelovanja sile te dolazi do trasverzalnog loma kosti sa stvaranjem fragmenta poput leptira. Kod prijeloma neizravnom silom kost puca na udaljenom mjestu od djelovanja sile. Ozljeda mekih tkiva ne mora biti. Iako do prijeloma kosti dolazi djelovanjem više sile, na dugim kostima pomoću rendgenskog nalaza možemo odrediti dominantnu silu. Sile uvijanja uzrokuju spiralnu frakturu, sila kompresije kratku kosu frakturu, sile tenzije transverzalnu frakturu s avulzijom manjih fragmenata hvatišta ligamenata i tetiva te direktna sila koja savija kost uzrokovat će frakturu s trokutastim fragmentom poput leptira. Stres frakture javljaju se kod osoba čije kosti su učestalo pod velikim opterećenjem poput atletičara, plesača te vojnika. Velika opterećenja dovode do minimalnih deformacija kosti koje uzrokuju remodelaciju istih. Kada se opterećenje stalno ponavlja, kost se počne brže resorbirati nego što se može formirati nova kost te je to područje kosti sklonije prijelomima. Također, stres frakture javljaju se kod osoba na farmakoterapiji koja mijenja usklađenost resorpcije i formiranja nove kosti poput metotreksata (Ragab et al, 1970). Patološki prijelomi javljaju se kod normalnog opterećenja kostiju, no kada je kost oslabljena. Najčešće se javljaju kod bolesnika s osteoporozom, metastazama karcinoma u kosti te kod postojanja koštanih cista (Nayagam, 2010).

## 2. Klasifikacije prijeloma

Univerzalna, anatomske bazirana klasifikacija olakšava razmjenu i obradu podataka te time doprinosi napretku istraživanja i terapije. Prihvaćena je alfanumerička AO klasifikacija koja je razumljiva te se iz nje može lako odrediti težina prijeloma, način liječenja te ishod liječenja (Müller et al, 1990). U ovoj klasifikaciji prvi broj označava o

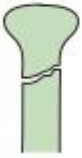
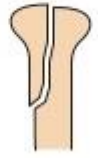
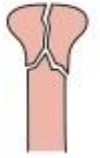
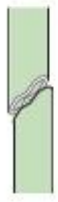
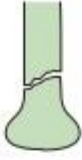
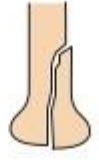
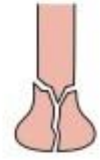
kojoj se kosti radi, a dalje se svaki prijelom klasificira u tri grupe: A, B i C po tipu prijeloma. Svaki tip prijeloma ima tri grupe A1, A2 i A3, B1, B2 i B3, C1, C2, C3, i svaka grupa ima tri podgrupe, A1.1, A1.2, itd. (Schatzker et Tile, 2005).



Slika 3. Označavanje kostiju prema AO klasifikaciji. Prema: <https://www.aofoundation.org/Structure/resource/AO-OTA-Fracture-Dislocation-Classification/Pages/fracture-classification.aspx>.

Prijelome dugih kosti klasifikacija dijeli na prijelome dijafize i dva krajnja segmenta zbog često teško razlučive anatomske granice metafize i dijafize. Prijelomi dijafize dugih

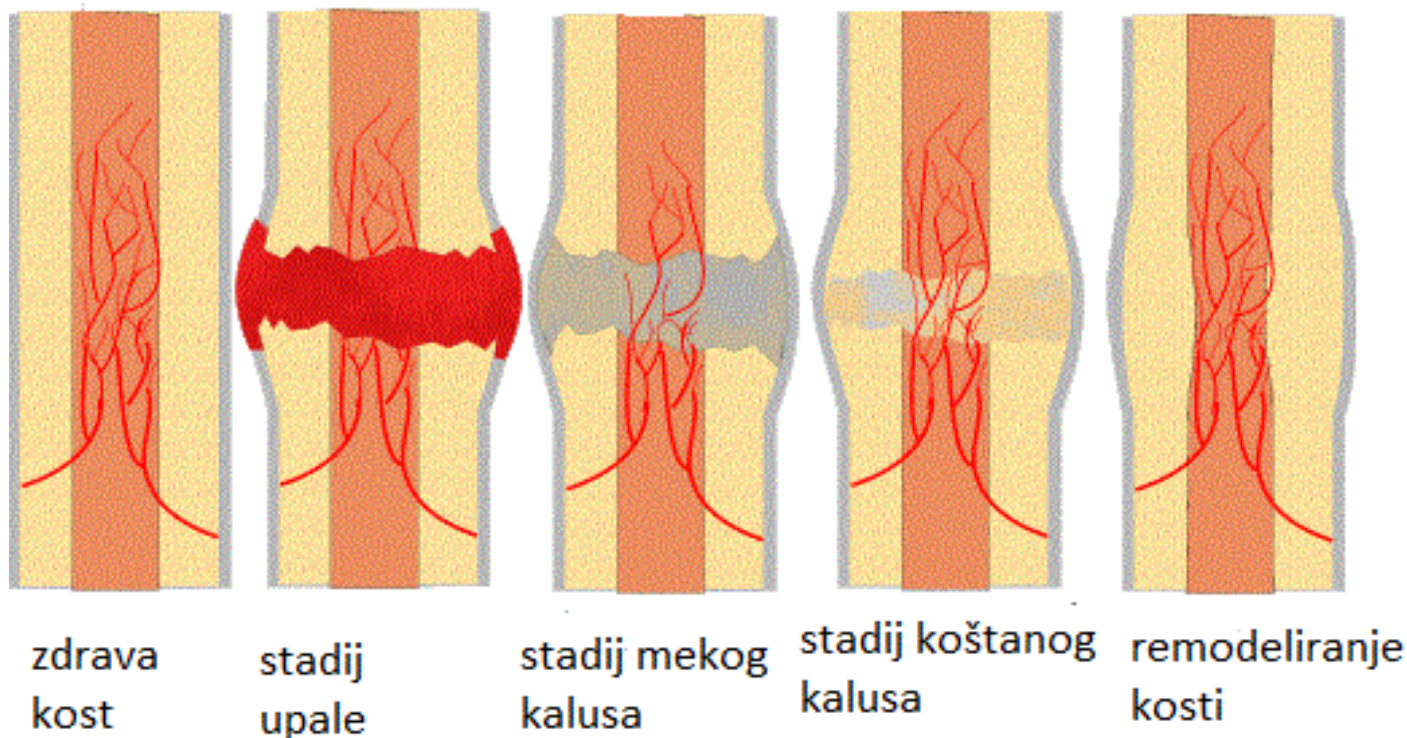
kostiju dijele se na jednostavne, klinaste i kompleksne prijelome. Prijelomi metafize najčešće se dijele na ekstraartikularne, djelomične artikularne i kompletne artikularne prijelome (Nayagam, 2010).

| Segment      | Type                                                                                |                                                                                     |                                                                                       |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|              | A                                                                                   | B                                                                                   | C                                                                                     |
| 1 Proximal   |    |    |    |
|              | ekstraartikularni                                                                   | djelomični artikularni                                                              | kompletni artikularni                                                                 |
| 2 Diaphyseal |   |   |   |
|              | jednostavni                                                                         | klinasti                                                                            | kompleksni                                                                            |
| 3 Distal     |  |  |  |
|              | ekstraartikularni                                                                   | djelomični artikularni                                                              | kompletni artikularni                                                                 |

Slika 4. Podjela prijeloma prema AO klasifikaciji. Prema: AO/OTA Classification of Fractures and Dislocations leaflet.

### 3. Mehanizmi cijeljenja

Prijelomi kostiju najčešće uzrokuju potpunu nestabilnost tog dijela lokomotornog sustava. Iznimke su prijelomi bez pomaka s neoštećenim periostom, frakture tipa zelene grančice, impaktne frakture metafiza te abdukcijske frakture proksimalnog dijela femura. U izostanku bilo kakve medicinske intervencije, nestabilni fragmenti stabiliziraju se kontrakcijom okolnih mišića koju inducira bolni podražaj. Također, nastali hematoma i otekline imaju kratkotrajni stabilizirajući učinak (Perren et Claes, 2000). Kao odgovor na kretanje fragmenata fiziološki se stvara kalus koji imobilizira ulomke (McKibbin, 1978). Većina prijeloma imobilizira se udlagama da bi se osigurala ispravna pozicija ulomaka, otklonila bol i ubrzao oporavak. Koštano cijeljenje kalusom je prirodan način cijeljenja dugih kostiju u izostanku čvrste i rigidne fiksacije. U prvoj fazi dolazi do razaranja krvnih žila oko prijeloma te formiranja hematoma. Na površini oko prijeloma, zbog izostanka cirkulacije, kost odumire i ulekne se za 1-2 milimetra. Otprilike osam sati nakon prijeloma dolazi do akutne upalne reakcije koja uključuje migraciju upalnih stanica te proliferaciju i diferencijaciju mezenhimalnih matičnih stanica iz periosta, probijenog medularnog kanala i okolnih mišića. Hematom se sporo resorbira te nove kapilare urastaju u područje prijeloma kojima dolaze osteoklasti i uništavaju mrtvo koštano tkivo. Matične stanice se diferenciraju u hondrogene i osteogene stanice koje počinju formirati novu kost i hrskavicu. Kalus se formira od guste stanične mase te otoka nezrele kosti i hrskavice. Otprilike 4 tjedna nakon prijeloma kost se dovoljno gusto mineralizira da onemogući kretanje među koštanim ulomcima te se oni spoje. Daljnjom aktivnošću osteoblasta i osteoklasta, kost se transformira u normalnu lamelarnu strukturu. To je dug proces koji traje nekoliko mjeseci. Ukoliko je prijelom u potpunosti imobiliziran, nema stimulusa za stvaranje kalusa (Sarmiento et al, 1980). Tada osteoblasti formiraju novu kost direktno između odlomljenih fragmenata. U pukotine između fragmenata urastaju žile i osteoprogenitorne stanice koje rastu s ruba kosti (gap healing). Ukoliko su fragmenti rigidni i u kontaktu, kost izravno prerasta i zacjeljuje (contact healing) (Nayagam, 2010).



Slika 5. Stadiji cijeljenja kosti. Prema: <http://orthotips.com/198-fracture-healing>.

## 4. Osnovni principi unutarnje fiksacije

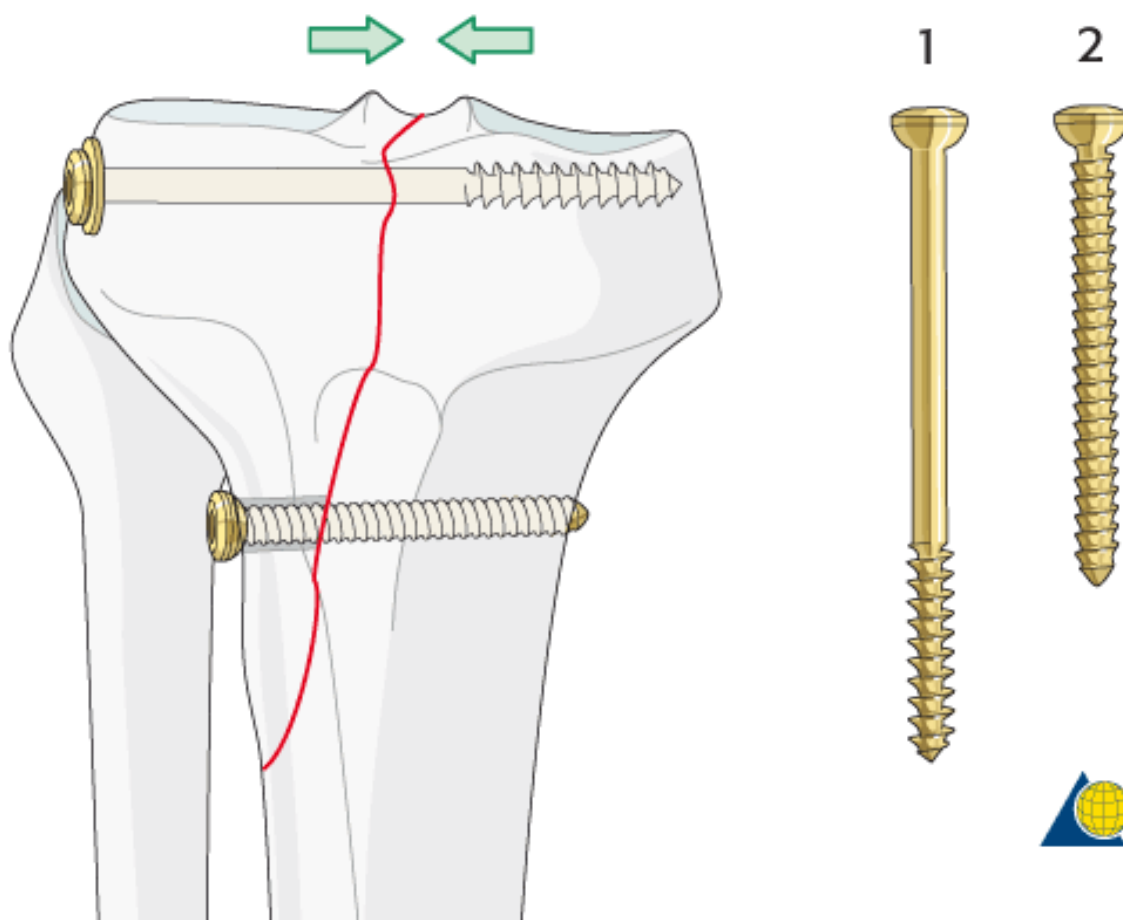
Koštani fragmenti mogu biti učvršćeni i stabilizirani vijcima, metalnim pločicama, intramedularnim čavlima, cirkumferentnim trakama ili kombinacijom ovih metoda. Ispravno postavljena unutarnja fiksacija osigurava prijelom te omogućava stabilnost i kretanje. Ranim kretanjama i opterećenjem mjesta prijeloma izbjegava se tzv. prijelomna bolest koja uključuje nastanak edema i ukočenosti. Najveći rizik ove metode je nastanak sepse. Za izbjegavanje ove komplikacije važno je napraviti temeljitu nekrektomiju rane, ukloniti sve nečistoće iz rane te osigurati sterilizirane implantate i aseptičke uvjete u samoj kirurškoj sali i među osobljem koje je u kontaktu s bolesnikom. Indikacije za liječenje prijeloma unutarnjom fiksacijom su prijelomi koji se mogu reducirati samo

operacijom, nestabilni prijelomi kod kojih dolazi do pomaka nakon redukcije, prijelomi koji sporo i slabo zarastaju (vrat glave femura), patološki prijelomi koji teško zarastaju uslijed neke druge patologije i multipli prijelomi kod kojih rana unutarnja fiksacija sprječava opće komplikacije (Pape et al, 2005). Komplikacije unutarnje fiksacije uključuju nastanak infekcije, nezarastanje prijeloma ukoliko je oštećena cirkulacija ili je ostavljen prostor između fragmenata, lom implantata te refraktura ukoliko se metalni implantati prerano izvade.

## 4.1 Vijak

Najjednostavniji i najefikasniji način stvaranja kompresije među fragmentima je pomoću vijaka. Postignutom kompresijom stvara se apsolutna stabilnost među fragmentima i kost zarasta kontaktnim načinom. Također, apsolutna stabilnost je potrebna da bi došlo do regeneracije i cijeljenja hrskavice (Mitchell et Shepard, 1980). Stabilnost se postiže pomoću kompresije i kontakta među kostima, a ne čvrstoćom implantata te se sila prenosi izravno s fragmenta na fragment što je najbolji način obnavljanja funkcionalnog i strukturnog kontinuiteta kosti. Ugradnja vijka uzrokuje lokalno oštećenje kostiju što aktivira mehanizme popravka. Nova kost se formira uz navoje vijka te se snaga vijka povećava. Da bi se postigla najučinkovitija kompresija, vijci se moraju implantirati kroz sredinu fragmenata i pod pravim kutom na ravninu prijeloma. Jedan vijak nije dovoljan da osigura stabilnost fragmenata dijafizarnog prijeloma, već su potrebna minimalno dva do tri. Samo se dugi kosi i spiralni prijelomi kratkih cjevastih kosti mogu stabilizirati samim vijcima. Iz ovog se razloga oni najčešće koriste u kombinacijama s drugim metodama unutarnje fiksacije. Postoje dvije osnovne vrste vijaka: kortikalni i spongiozni. Spongiozni vijci imaju veći vanjski promjer, dublje navoje te veći nagib negoli kortikalni vijci. Spongiozni vijci se koriste za metafize i epifize, dok se kortikalni koriste za dijafize. Vijci se dalje dijele na one s navojem po cijeloj duljini i one s navojem samo na distalnom dijelu (usidreni vijci). Usidreni vijci usidruju se u distalni (trans) korteks dok proksimalni (cis) korteks stabilizira glavica vijka te se najčešće koriste za epifize i metafize. Za implantaciju vijaka s navojem po cijeloj duljini potrebno je izbušiti klizeću

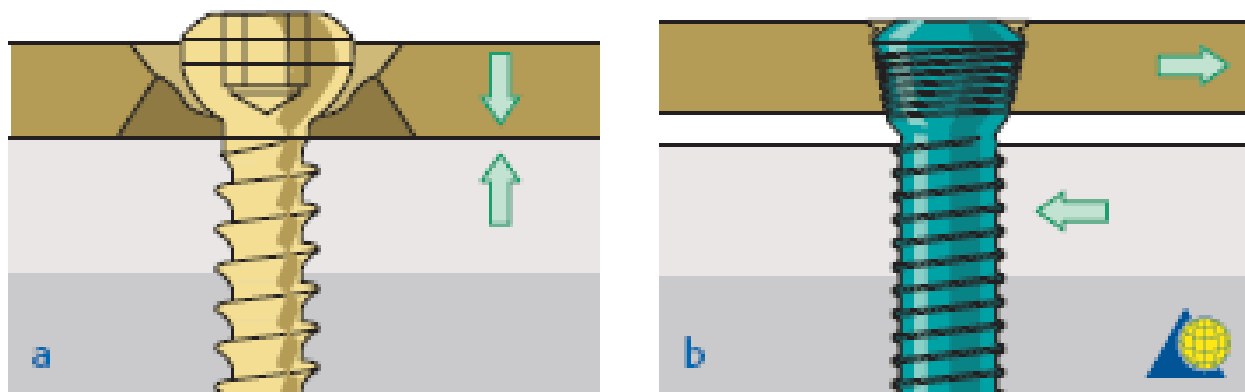
rupu na cis korteksu, koja je većeg promjera nego navoji vijka, te manju rupu za navoj s trans strane korteksa. Oni se najčešće koriste za dijafize i najveća im je prednost olakšano vađenje takvih vijaka u odnosu na usidrene (Perren et al, 2000).



Slika 6. Prikaz unutarnje fiksacije vijcima proksimalog dijela tibije: 1- vijak sa navojem na distalnom dijelu, 2- vijak s navojem po cijeloj duljini. Prema: Colton et al, AO surgery reference 2016.

Najnoviji trend u aplikaciji vijaka predstavljaju unutarnji fiksatori s vijcima koji se zaključavaju. To su mali kortikalni vijci čija se glava zaključava u vanjski fiksator, tj. pločicu. Prijašnji sistemi koristili su konvencionalne pločice koje su prislonjene uz periost te konvencionalne vijke koji su pločicu stabilizirali. Takvi sistemi osiguravali su stabilnost stvarajući trenje između pločice stegnute vijcima te periosti. Zbog toga je periost bila oštećena te su nastajale avaskularne zone kosti (Uthoff et al, 2006). Novi sistemi poput

PC-fix ili LISS sastoje se od pločica u koje se zaključavaju glavice vijaka te ostaje prostor između same pločice i periosta. Na taj se način čuvaju periost i dotok krvi. Oni osiguravaju stabilnost na principu vanjskog fiksatora, no cijeli sistem je pokriven mekim tkivom i kožom te se na taj način smanjuje rizik od infekcija.



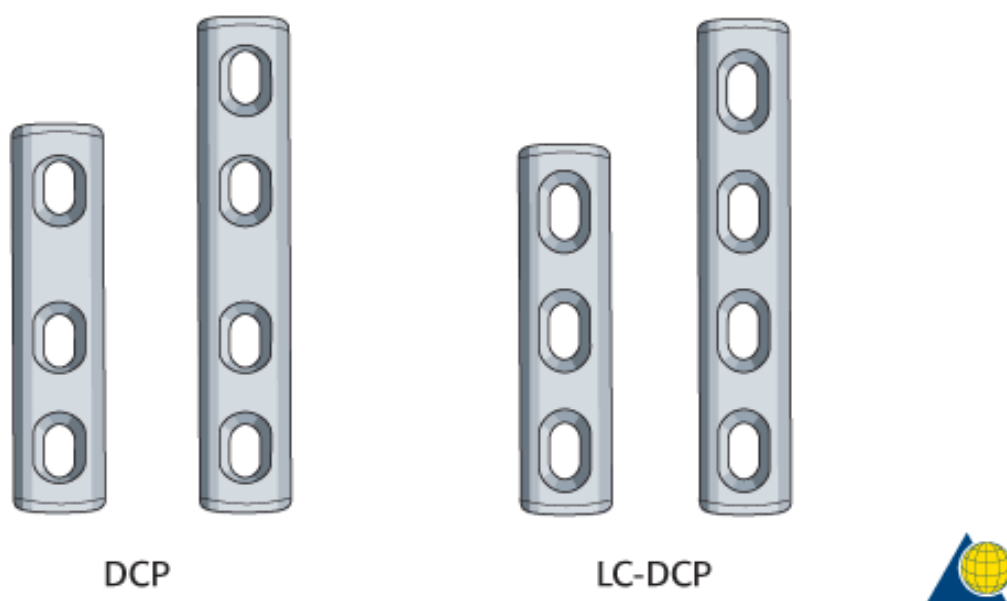
Slika 7. a) Konvencionalni pločica i vijak: vijak pritišće pločicu te oštećuje periost i cirkulaciju, b) pločica i vijak koji se zaključava: zaključana glavica vijka stabilizira pločicu, no nema pritiska na kost te su periost i cirkulacija sačuvani. Prema: Rüedi et al, AO Principles of Fracture Management, Thieme, Stuttgart, 2007.

## 4.2 Pločica

Osteosinteza pločicom pruža čvrstu stabilizaciju i fiksaciju fragmenata. Ta metoda idealna je za artikularne i djelomično artikularne prijelome budući da je kod njih ključna anatomska redukcija jer je stvaranje kalusa nepoželjno. Neutralizacijske ili zaštitne pločice koriste se kako bi se zaštitila fiksacija vijcima, prenosila sila s jednog fragmenta na drugi te štitila od sila rotacije i savijanja. Potporne pločice koriste se za metafize gdje je korteks tanak te puca pod opterećenjem što dovodi do deformiteta i opterećenja zglobova. U ovim se slučajevima koriste u kombinaciji sa intramedularnom fiksacijom tako što podupiru korteks kosti izvana. Transverzalni ili kosi prijelomi dijafiza, sa ili bez uključenja metafiza dugih kostiju koji nisu kandidati za intramedularnu fiksaciju, fiksiraju

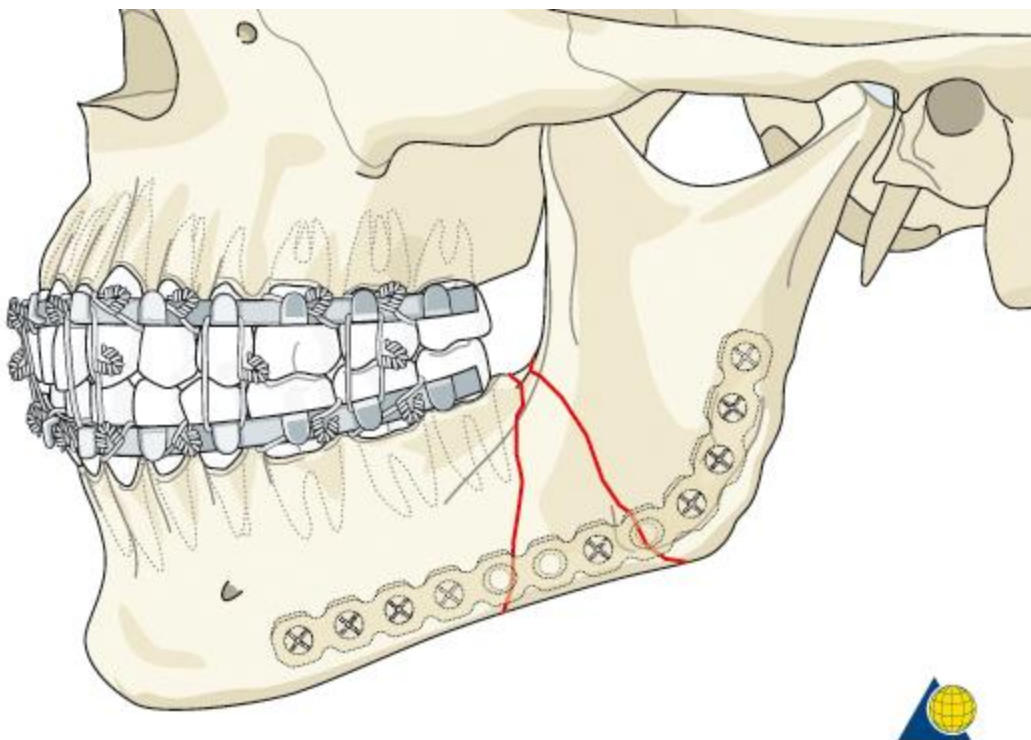


se tzv. 'tension band' pločicama. Takvi se prijelomi moraju stabilizirati kompresijom, no ona mora biti na dugoj osi kosti, što se može postići jedino pločicom. Pojedine kosti poput femura pod nepravilnim su opterećenjem te je korteks s jedne strane pod utjecajem sile kompresije, a s druge sile tenzije (Müller et al, 1979). Tension band pločica aplicira se sa strane kosti na koju djeluje sila tenzije što dovodi do kompresije kosti ispod. Takva pločica osigurava stabilnost pomoću nastale kompresije, koja se još i povećava na tenzijskoj strani kosti pod opterećenjem. Nedostatak unutarnje fiksacije pločicom je oštećenje priležećeg periosta i cirkulacije. To dovodi do usporenog cijeljenja kosti ispod pločice jer je proces revaskularizacije i remodeliranja kosti spor. Navedena se oštećenja mogu znatno smanjiti korištenjem pločica koje čuvaju cirkulaciju te minimalnim skidanjem periosta pri aplikaciji pločice. Postoje različito konstruirane pločice. Najčešće korištena je dinamička kompresijska pločica (DCP). Ona ima različite funkcije ovisno o aplikaciji kao kompresijska, neutralizacijska, tension band ili potporna pločica. Ova pločica ima specifičan dizajn rupa koja omogućuje ekscentričnu inserciju vijaka te se time stvara osna kompresija. Prilikom aplikacije i stezanja vijaka, dolazi do micanja koštanih fragmenata u odnosu na pločicu i posljedično do kompresije prijelomnih fragmenata. Nedostatak dinamičke kompresijske pločice je velika površina kojom ona pritišće i oštećuje priležecu periost i cirkulaciju istog. Da bi se smanjio ovaj nepoželjan učinak, razvijena je dinamička kompresijska pločica ograničenog kontakta (LC-DCP). Promjena dizajna u odnosu na dinamičku kompresijsku pločicu uvelike smanjuje površinu kontakta između pločice i kosti. Također, jednako je čvrsta po cijeloj dužini te se lako modificira i savija za aplikaciju, za razliku od obične dinamičke kompresijske pločice koja je manje čvrsta na mjestima gdje su rupe za vijke te se ne može pravilno modificirati.



Slika 8. Usporedba dizajna dinamičke kompresijske pločice (DCP) i dinamičke kompresijske pločice s ograničenim kontaktom (LC-DCP). Prema: Colton et al, AO surgery reference 2016.

Tubularne pločice formiraju trećinu promjera cilindra te su debele samo 1 milimetar što ograničava njihovu mogućnost stabilizacije fragmenata. Koriste se za mjesta gdje je kost prekrivena minimalnom količinom mekog tkiva kao što su olecranon, distalni dio ulne te lateralni gležanj. Svaka je rupa na tubularnoj pločici ojačana da spriječi lomljenje i pucanje pločice od strane glava vijaka. Rekonstrukcijske ploče karakterizirane su dubokim urezima između rupa koji omogućavaju precizno konturiranje i savijanje. One su slabije od kompresijskih ploča te se mogu još dodatno oslabiti savijanjem. One se koriste kod prijeloma kostiju s kompleksnom trodimenzionalnom geometrijom kao što su zdjelica, distalni humerus, klavikula ili mandibula (Wittner et Holz, 2000).



Slika 9. Prikaz unutarnje fiksacije mandibule rekonstrukcijskom pločicom. Prema: Colton et al, AO surgery reference 2016.

### 4.3 Intramedularna fiksacija

Intramedularna fiksacija najpogodnija je metoda za liječenje prijeloma dugih cjevastih kostiju. Dugački čavao ili šipka se implantira u medularni kanal slomljene kosti te je stabilizira i pruža potporu. Otpornost na sile savijanja ovisi o duljini kontakta između čavla i kortikalne kosti te trenja među njima. Rotacijsku stabilnost daju blokirajući vijci koji učvršćuju korteks kosti i intramedularni čavao. Bušenjem intramedularnog kanala povećava se površina kontakta između kosti i čavla. Bušenjem se također povećava intramedularni kanal za inserciju čavla dovoljno velikog za pružanje stabilnosti kosti i preuzimanja funkcije kosti. Biološki odgovor na nestabilnu fiksaciju prijelomnih fragmenata je formacija vanjskog kalusa. Razina nestabilnosti intramedularne fiksacije

očituje se količinom formiranog kalusa. Veliki intramedularni čavao, ukoliko je čvrsto uglavljen, može pružiti dovoljnu stabilnost da kost cijeli kontaktnim cijeljenjem. U praksi se najčešće ipak formira određena količina kalusa. Kao metoda fiksacije, intramedularna fiksacija kostiju pod opterećenjem ima prednosti. Intramedularni čavao nosi teret i puno je snažniji od pločice te se slomljena kost može brže staviti pod opterećenje negoli kod bilo koje druge metode fiksacije (Schatzker et Tile, 2005). Postoje različite metode intramedularne fiksacije. Klasični Küntscherov čavao koristi se za jednostavne frakture dijafiza dugih kostiju. Za implantaciju se buši intramedularni kanal što dovodi i do najčešćih nepovoljnih učinaka budući da se bušenjem uništava intramedularna cirkulacija, povećava intramedularni tlak, što dovodi do devitalizacije slojeva korteksa i nekroze kosti. Na životinjskim modelima dokazano je da bušenje intramedularnog kanala oštećuje unutarnju kortikalnu cirkulaciju koja je reverzibilna unutar 8-12 tjedana (Schemitsch et al, 1994). Za Küntscherov se čavao ne koriste blokirajući vijci te je kost fiksirana njime podložnija oštećenjima silom rotacije. Univerzalni čavao ima poboljšana mehanička svojstva budući da se dodatno fiksira blokirajućim vijcima. Zbog toga ima proširene indikacije za liječenje proksimalnih, distalnih i kompleksnih prijeloma dijafiza dugih kostiju. Postoje intramedularni čavli koji se implantiraju bez bušenja medularnog kanala i bez korištenja blokirajućih vijaka. Takva fiksacija manje je sklona infekcijama i ne uništava intramedularnu fiksaciju, no ima loša mehanička svojstva i često su potrebne dodatne metode vanjske stabilizacije. Istraživanja na životinjskim modelima pokazuju veću sklonost infekcijama pri aplikaciji šupljih čavala u odnosu na solidne (Melcher et al, 1997). Također, postoje intramedularni čavli koji se blokiraju vijcima, no ne buši se intramedularni kanal. Takva fiksacija koristi čavle manjeg promjera pa stoga ima i slabija mehanička svojstva. Postoje značajne kontraindikacije za intramedularnu fiksaciju koje uključuju sepsu, infekciju medularnog kanala ili okolnog tkiva, frakture femura kod politraumatiziranog pacijenta s traumom pluća te prijelomi metafiza za koju ova metoda ne pruža dovoljno dobru stabilizaciju fragmenata (Krettek, 2000).

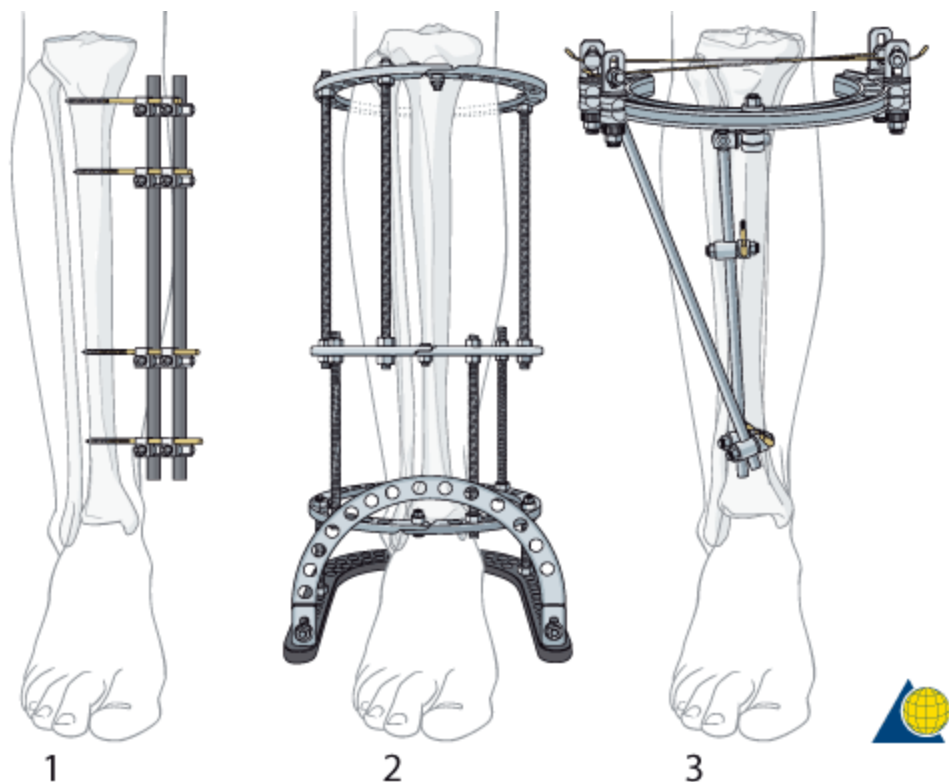


Slika 9. Intramedularna fiksacija s blokirajućim vijcima. Prema: Colton et al, AO surgery reference 2016.

## 5. Osnovni principi vanjske fiksacije

Prijelom se može stabilizirati i vijcima i/ili žicom koja drži kost na mjestima iznad i ispod prijeloma te je povezana s vanjskim okvirom. Ovakav način fiksacije od velike je koristi kod prijeloma tibije i zdjelice, ali i prijeloma femura, humerusa, distalnog radijusa i kostiju šake. Indikacije za vanjsku fiksaciju su prijelomi povezani s opsežnim oštećenjem mekog tkiva (otvoreni prijelomi), prijelomi kod kojih dolazi do kontaminacije te je unutarnja fiksacija riskantna, prijelomi kod kojih dolazi do velikog oteknuća mekog tkiva

što je kontraindikacija za operaciju, pacijenti sa višestrukim ozljedama (obostrani prijelomi femura, prijelomi zdjelice s krvarenjem), prijelomi gdje nedostaju fragmenti te inficirani prijelomi. Vanjski fiksator je uređaj koji se nalazi izvan kože i stabilizira koštane fragmente pomoću žica ili igala s kojima je povezan. Ukoliko se koriste žice, potreban je polukružni ili kružni obruč koji će ih držati napetima. Svaki fragment prijeloma osiguran je iglama ili omotan žicom. Igle i žice moraju se pažljivo umetnuti da ne dođe do oštećenja žila i živaca. Pri inserciji igala najvažnije je izbjeći toplinsko oštećenje kosti korištenjem oštrog bušilice i oštrog implantata. Toplinsko oštećenje kosti može dovesti do nekroze i formiranja sekvestara te posljedično do labavljenja fiksacije. Igle je potrebno implantirati kroz cis korteks, medularni kanal i uglaviti u trans korteks bez njegovog probijanja. Ukoliko igla nije dosegla trans korteks, fiksacija neće biti kvalitetna. Na metafizama se izbjegava ugradnja igala u zglobne prostore zbog velikog rizika od nastanka infekcije. Fraktura se stabilizira i reducira vezanjem igala ili žice za metalne šipke koje čine vanjski fiksator. Pojedini fiksatori imaju teleskopsku jedinicu koja dopušta zatezanje što dovodi do malih kretnji na mjestu prijeloma što potiče formaciju kalusa i ubrzava cijeljenje kosti (Kenwright et al, 1991). Prednosti vanjske fiksacije su očuvanje cirkulacije kosti i minimalno oštećivanje periosta (Burny, 1979). Idealno je za otvorene prijelome te postoji mogućnost mijenjanja čvrstoće fiksacije bez dodatne operacije (Candell et Forriol, 1993). Komplikacije vanjske fiksacije su oštećenje mekih tkiva, prevelika distrakcija među fragmentima i infekcije. Osim vanjskih fiksatora povezanih s iglama ili žicama za kost, postoji i hibridni vanjski fiksator. On se koristi za prijelome u blizini zglobova te kombinira fiksaciju žicama i iglama. Prednosti su mu minimalno invazivno poravnanje fragmenata artikularnih prijeloma, bolje držanje žica u odnosu na igle za spongioznu kost epifiza, slobodna kretanja zgloba nakon operacije te mogućnost kombinacije s unutarnjom fiksacijom vijcima. Nedostaci su komplicirano i dugotrajno postavljanje samog fiksatora.



Slika 10. Različite vrste vanjskih fiksatora: 1- vanjski fiksator sa iglama i tubularnim okvirom, 2- vanjski fiksator sa žicama i obručem koji ih drži napetim, 3- hibridni vanjski fiksator koji kombinira fiksaciju iglama i žicom. Prema: Colton et al, AO surgery reference 2016.

Fiksator bez igala dizajniran je tako da se izbjegne penetracija medularnog kanala iglama te time smanji rizik od nastanka infekcija. Kost je pričvršćena za fiksator oštrim hvataljkama nalik na forceps koje penetriraju samo površno korteks. Hibridni i fiksator bez igala najčešće se koriste za privremenu stabilizaciju fragmenata u slučaju opsežnijeg oštećenja mekih tkiva (Fernandez Dell'oca A, 2000).

## 6. Diskusija

Trauma je uzrok preko 140,000 smrti godišnje u Sjedinjenim Američkim državama, vodeći je uzrok smrti populacije od 1-34 godine te uzrokuje gubitak više godina produktivnosti u populaciji do 65 godina negoli koronarna bolest, moždani udar i maligne bolesti zajedno. (Corso et al, 2006.) Prema procjenama WHO-a ozljede zauzimaju udio od 12% svih godina života prilagođenih na onesposobljenost i godina izgubljenih zbog prerane smrti (DALY), u što je uključen i znatan broj prijeloma (Beveridge et Howard, 2004). Prvotni principi liječenja prijeloma zasnovani na tzv. AO principima su uključivali anatomsku restoraciju, apsolutnu stabilizaciju s očuvanjem cirkulacije, s ranom mobilizacijom udova i pacijenta. Najvažnija odlika ovog principa je adekvatno liječenje prijeloma u danom okruženju pacijenta. Potrebno je odrediti svojstva prijeloma i ozljede te nakon toga krenuti s adekvatnim liječenjem. S napretkom medicine i istraživanja mehanizama cijeljenja prijeloma, uloge mekih tkiva te razumijevanja interakcija između kosti i implantata, ovi principi su se djelomično mijenjali. Važno je bilo i shvaćanje kako dijafizarni i artikularni prijelomi imaju dosta različite biološke potrebe te s time i potrebu za različitim metodama liječenja. Također, sada je kod izbora metode liječenja važno odrediti i težinu oštećenja mekih tkiva kao i druge fiziološke potrebe pacijenta. Potreba za apsolutnom stabilnošću, koja se prvotno smatrala ključnom za liječenje svih prijeloma, sada je obvezna samo za artikularne i djelomično artikularne prijelome i to samo kada se može postići bez oštećivanja cirkulacije i mekih tkiva. Artikularni prijelomi zahtijevaju anatomsku redukciju i apsolutnu stabilnost kako bi došlo do cijeljenja hrskavice i omogućivanja ranih kretnji u zglobu što je važno za obnovu funkcije. Kod prijeloma dijafize obavezno se mora postići prava duljina kosti, poravnanje fragmenata i paziti da ne dođe do rotacije fragmenata. Kada je potrebna fiksacija ulomaka dijafizarnog prijeloma, najčešće se koristi intramedularni čavao. Ukoliko klinička slika govori više u korist fiksacije pločicom ili vijkom, potrebno je koristiti nove tehnologije minimalno invazivne operacije i fiksacije koja će minimalno oštećivati cirkulaciju i meka tkiva. Očuvanje mekih tkiva mora se provoditi kroz sve faze liječenja prijeloma, od inicijalnog planiranja zahvata do same operacije ukoliko je potrebna.



## 7. Zaključak

Prijašnji AO principi su korišteni za liječenje svih prijeloma te su imali dogmatski status. Liječenje prijeloma je otada postalo strukturirani proces temeljen na novim spoznajama i tehnologijama, s uporištem u istraživanjima i studijama. Moderni, izmijenjeni AO principi govore da je za liječenje prijeloma potrebno reducirati prijelom i fiksirati fragmente kako bi se obnovili anatomske odnose, stabilizirati prijelome fiksacijom ili udlagama ovisno o karakteru prijeloma i drugih ozljeda, očuvati cirkulacije mekih tkiva i kosti te rano i sigurno mobilizirati pacijenta.

# Zahvale

Zahvaljujem svom mentoru prof.dr.sc. Domagoju Delimaru, prim. dr. med. te članovima komisije za ocjenu mog diplomskog rada, doc.dr.sc. Goranu Bičaniću, dr.med. i doc.dr.sc.Mislavu Jeliću, dr.med.

Hvala Ivoni i Inu za pomoć.

Hvala mojim roditeljima na podršci i povjerenju.

# Literatura

1. AO/OTA Classification of Fractures and Dislocations leaflet
2. Beveridge M, Howard A. The burden of orthopaedic disease in developing countries.(2004) J Bone Joint Surg Am.. 86-A(8):1819-22
3. Burny F (1979) Elastic external fixation of tibia fractures: a study of 1421 cases, Brooker Edwards C, External Fixation: The Current State of the Art. London: Williams & Wilkins: str 55–73.
4. Canadell J, Forriol F (1993) Fijacion, Externa Monolateral. Pamplona: Eurograf
5. Colton et al, AO surgery reference 2016
6. Corso P, Finkelstein E, Miller T, Fiebelkorn I, Zaloshnja E. (2006) Incidence and lifetime costs of injuries in the United States. Inj Prev. 12(4):212-8.
7. Fernandez Dell'oca A (2000), External fixation, Rüedi T, Murphy W, AO principles of fracture management, Stuttgart, New York, Thieme
8. Hans K. Uthoff et al (2006) Internal plate fixation of fractures: short history and recent developments, J Orthop Sci.; 11(2): 118–126.
9. <http://orthotips.com/198-fracture-healing>
10. <http://www.gustrength.com/kinesiology:tension-compression-shear-torsion>
11. <https://www.aofoundation.org/Structure/resource/AO-OTA-Fracture-Dislocation-Classification/Pages/fracture-classification.aspx>
12. Kenwright J1, Richardson JB, Cunningham JL, White SH, Goodship AE, Adams MA, Magnussen PA, Newman JH (1991) Axial movement and tibial fractures. A controlled randomised trial of treatment. J Bone Joint Surg; 73(4):654-9.
13. Krettek C (2000), Intramedullary nailing, Rüedi T, Murphy W, AO principles of fracture management, Stuttgart, New York, Thieme
14. McKibbin B (1978) The biology of fracture healing in long bones, J Bone Joint Surgb; 60-B(2):150-62

15. Melcher GA, Claudi B, Schlegel U, et al. (1994) Influence of type of medullary nail on the development of local infection. An experimental study of solid and slotted nails in rabbits. J Bone Joint Surg [Br]; 76 (6):955–959
16. Mitchell N, Shepard N. (1980) Healing of articular cartilage in intra-articular fractures in rabbits. J Bone Joint Surg Am.;62(4):628-34
17. Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, et al (1979) Osteotomies. Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, et al (eds), Manual of Internal Fixation
18. Müller ME, Nazarian S, Koch P, et al. (1990). The Comprehensive Classification of Fractures of Long Bones. New York: Springer-Verlag.
19. Nayagam S. (2010) Principles of fractures, Solomon L, Warwick D, Nayagam S, Apley's System of Orthopaedics and Fractures, Bristol, Hodder Arnold
20. Pape HC, Giannoudis PV, Krettek C, Trentz O (2005) Timing of fixation of major fractures in blunt polytrauma: role of conventional indicators in clinical decision making, J Orthop Trauma; 19(8):551-62
21. Perren S et al (2000) Lag screw, Rüedi T, Murphy W, AO principles of fracture management, Stuttgart, New York, Thieme
22. Perren S, Claes L (2000) Biology and biomechanics in fracture management, Rüedi T, Murphy W, AO principles of fracture management, Stuttgart, New York, Thieme
23. Ragab AH, Frech RS, Vietti TJ (1970) Osteoporotic fractures secondary to methotrexate therapy of acute leukemia in remission, Cancer; 25(3):580-5
24. Sarmiento A, Mullis DL, Latta LL, Tarr RR, Alvarez R.(1980) A quantitative comparative analysis of fracture healing under the influence of compression plating vs. closed weight-bearing treatment. Clin Orthop Relat Res.;(149):232-9
25. Schatzker J, Tile M.(2005) The Rationale of Operative Fracture Care, Berlin, Springer: 3-31
26. Schemitsch EH, Kowalski MJ, Swiontkowski MF, et al. (1994) Cortical bone blood flow in reamed and unreamed locked intramedullary nailing: a fractured tibia model in sheep. J Orthop Trauma; 8 (5):373–382
27. Wittner B, Holz U (2000) Plates, Rüedi T, Murphy W, AO principles of fracture management, Stuttgart, New York, Thieme

# Životopis

## OSOBNİ PODACI

Ime i prezime: Ivan Jerbić

Adresa: Kninski trg 12

Država: Hrvatska

E-mail: ijerbic1@gmail.com

Mjesto i datum rođenja: 14.3.1991. Zagreb

## OBRAZOVANJE

2010. završio prirodoslovnu gimnaziju Vladimira Preloga s odličnim uspjehom

Dosadašnji prosjek na Medicinskom fakultetu: 3,89

Područja koja me zanimaju: ortopedija, maksilofacijalna kirurgija, ORL

1999.-2012. intenzivno trenirao plivanje u HAPK Mladost, nastupao na brojnim međunarodnim i državnim natjecanjima (najveći uspjeh 3. mjesto na Apsolutnom prvenstvu Hrvatske 2009.)

## STRANI JEZICI

Engleski (aktivno)

