



Principi in načini učvrstitve obproteznih zlomov ob deblu kolčne proteze (Vancouver B) – pregledni članek

Principles and methods of fixation of periprosthetic fractures in stem region of hip prosthesis (Vancouver B) – review article

Anže Kristan

Izvleček

Z večanjem števila vstavljenih endoprotez kolka se večja število zapletov. Obprotezni zlom v predelu stegenice po endoprotezi kolka je zaplet, ki redko nastane ob operaciji, pogosteje pa do zloma pride nekaj let po primarni operaciji. Na pogostost tega zapleta vplivajo številni dejavniki, ki so med seboj soodvisni. Glede na mesto zloma in kakovost kosti se ti zlomi delijo po Vancouverski razdelitvi. Zlomi s stabilnim deblom (B1) se praviloma operirajo z notranjo učvrstitvijo ob ohranitvi debla primarne proteze. Mnjenja glede zdravljenj zlomov, ob katerih pride do omajanja debla, ni pa prisotnih okvar na kosti (B2), so deljena. Klasična metoda je menjava debla z dodatno učvrstitvijo ali brez nje. V zadnjem času pa se pojavlja vse več študij, ki podpirajo notranjo učvrstitev z ohranitvijo izvorne proteze. Osnovno načelo ob učvrstitvi zloma v predelu debla proteze je anatomsko naravna zloma s stabilno učvrstitvijo. Na ta način ponovno vzpostavimo popolno prileganje proteze kosti. Deblo proteze predstavlja oviro za učvrstitev, le redko tudi za naravno. V članku govorimo predvsem o načinu pritrditve plošče na kost v predelu debla proteze. Najlažja je uporaba t. i. cerklaž, ki pa nudijo slabo torzijsko stabilnost. Zato je potrebno zlom še dodatno učvrstiti z vijaki. Zaradi osteopenije kosti, ki je pri starostnikih praktično vedno prisotna, je idealno uporabiti kotno stabilne plošče in zaklepne vijake, ki so v kosti učvrščeni v obeh kortikalnih (bikortikalni vijaki). Vendar pa je to možno zelo redko oziroma ob uporabi plošč, ki to dopuščajo. S ploščo je vedno treba premostiti čim večjo dolžino kosti, saj na ta način zmanjšamo obremenitev kosti na koncu plošče. Članek prikazuje serijo obproteznih zlomov v predelu debla kolčne proteze brez okvar kosti (B1 in B2), operiranih na Kliničnem oddelku za travmatologijo UKC Ljubljana v obdobju enega leta.

Abstract

An increasing number of implanted hip endoprostheses correlates with the number of complications. Periprosthetic fractures in the femur area after the hip endoprosthesis is a serious complication that can rarely occur during the insertion of the stem and more often a few years after the primary operation. The frequency of these fractures is influenced by several

Klinični oddelek za travmatologijo, Kirurška klinika, Univerzitetni klinični center Ljubljana, Ljubljana

Korespondenca / Correspondence: Anže Kristan, e: anze.kristan@siol.net

Ključne besede: obprotezni zlomi; zlomi stegenice; kolčna proteza; učvrstitev

Key words: periprosthetic fracture; femoral fracture; hip prosthesis; fixation

Prispelo / Received: 23. 6. 2020 | **Sprejeto / Accepted:** 12. 11. 2020

Citirajte kot/Cite as: Kristan A. Principi in načini učvrstitve obproteznih zlomov ob deblu kolčne proteze (Vancouver B) – pregledni članek. Zdrav Vestn. 2021;90(11–12):603–13. DOI: <https://doi.org/10.6016/ZdravVestn.3120>



Avtorske pravice (c) 2021 Zdravniški Vestnik. To delo je licencirano pod Creative Commons Priznanje avtorstva-Nekomercialno 4.0 mednarodno licenco.

factors that are interdependent. Depending on the position of the fracture and bone quality, these fractures are divided according to the Vancouver classification. The surgery of fractures with stable stem (B1) generally consists of internal fixation while maintaining the stem of primary prosthesis. Opinions on the treatment of fractures in which the stem is not stable but there are no bone defects (B2) are controversial. The classic method is to change the prosthesis with or without additional fixing of the fracture, but lately there are more studies that support osteosynthesis of the fracture with the preservation of the original prosthesis. The basic principle of the osteosynthesis in the region of the prosthesis stem is the anatomic reduction of the fracture by stable fixation. In this way, we re-establish the perfect fit of the prosthesis to the bone. The stem of the prosthesis represents an obstacle to osteosynthesis, rarely also to reduction. In this article we mainly discuss the problems of attaching the plate around the stem of the prosthesis. The simplest way to fix the plate to the bone is by using cerclage, but it offers poor torsional stability and is always required to be additionally fixed with screws. Due to the age-related osteopenia of the bone, which is practically always present, it is ideal to use angle-stable plates with locking bi-cortical screws, but this is only possible when using special plates that allow it. The plate must bridge the maximum length of the bone in order to reduce the stress raiser at the end of the plate. In the article we presented a one-year series of operated B1 and B2 periprosthetic femoral fractures after hip prosthesis performed at the Department of Traumatology of the UMC Ljubljana.

1 Uvod

Endoproteza kolka (EPK) je uspešen način zdravljenja degenerativnih boleznih kolčnega sklepa, pri starejših poškodovancih pa tudi zlomov vratu stegenice. Na splošno so zapleti po EPK redki. Mednje sodijo obprotezni zlomi v predelu stegenice (*angl.* Periprosthetic femoral fractures, PFF). Deblo proteze zmanjša prožnost kosti in s tem odpornost na zlom za približno tretjino (1,2). To je najpomembnejši razlog za revizijo v obdobju od četrtega leta dalje po vstavitvi proteze (3). Povprečni stroški zdravljenja teh zlomov v Veliki Britaniji dosežejo 23.000 angleških funtov na bolnika (4).

Do PFF lahko pride med operacijo ali po njej. Med operacijo prihaja do zlomov pri primarnih posegih v 1 % pri cementnih protezah in do 5 % pri brez cementnih, med revizijskimi posegi (menjava proteze največkrat zaradi omajanja) pa naraste pri cementnih na 4 % in pri brez cementnih na 20 % (5).

PFF po operaciji največkrat nastanejo ob nizkoenergijskih poškodbah (padec iz stojne višine). Pogostost teh poškodb je pri cementnih protezah okoli 1 %, pri brez cementnih pa med 4 % in 5 % (5). Večina poškodovancev je starejših oseb z osteoporozo, ki pa so hkrati še zelo aktivni. V literaturi je navedeno več dejavnikov, ki prispevajo k večjemu tveganju. Večina jih je med seboj povezanih: starost, osteopenija, pridružene bolezni, sekundarna (že zamenjana) proteza in spol. Pogosteje se stegenica z vstavljenimi protezo zlomi pri starejših bolnikih z osteoporozo. Ugotovljeno je bilo, da se z vsakim letom starosti možnost za zlom poveča za 1 % (6). S starostjo se veča tudi število pridruženih bolezni, ki vplivajo na večjo verjetnost padca. Večja verjetnost zlomov pri ženskah je posledica pogostejše osteoporoze in tudi večjega števila vstavljenih kolčnih protez predvsem

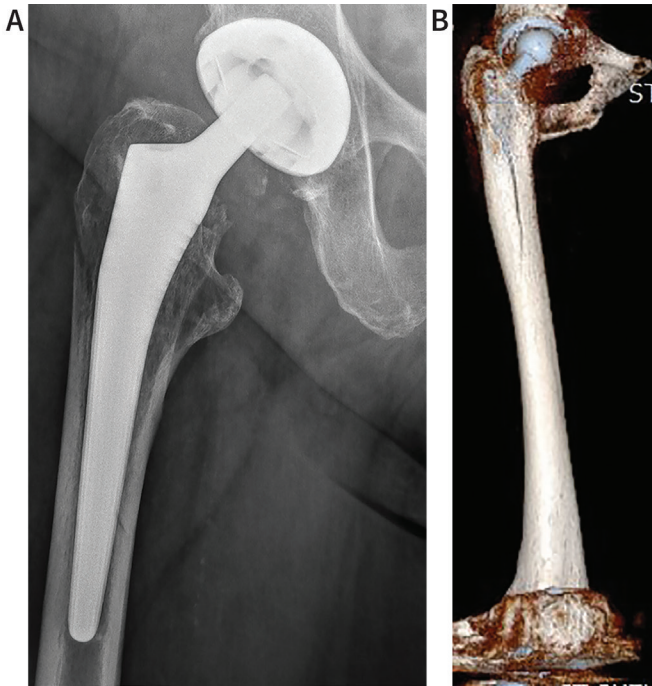
zaradi degenerativnih vzrokov. S staranjem prebivalstva narašča potreba po menjavah proteze, saj je »življenjska« doba proteze omejena in jo je potrebno zaradi omajanja zamenjati. Ob menjavi ali po njej incidenca PFF naraste (5,7).

Pri mlajših zelo aktivnih osebah je poškodba posledica visokoenergijskih nesreč ali pa zaradi intenzivnejšega življenja prej pride do omajanja, ki je večinoma posledica osteolize zaradi mikro delcev, ki se luščijo ob obremenitvah. Omajanje debela proteze povečuje verjetnost obproteznega zloma (8).

Pri brez cementnih deblih proteze so pooperativni PFF pogostejši kot pri cementnih. Incidenca teh poškodb začne naraščati po šestih mesecih od primarne operacije. Vzrok je povečana obremenitev na kost v predelu debela zaradi popolnega prileganja proteze, ki je v kost že vraščena. Pri cementnih deblih je največkrat prisoten zlom ob prehodu debela v normalno kost, do katerega pride več let po prvi operaciji in je najverjetneje posledica mikrodolcev cementa, ki nastajajo ob obremenitvah (9).

Zlom stegenice je huda poškodba, ki jo praviloma zdravimo z operacijo. Ta način zdravljenja omogoča poškodovancu zgodnjo rehabilitacijo in učinkovito vrnitev k svojim predpoškodbenim dejavnostim. Enak cilj poskušamo doseči tudi pri obproteznih zlomih v predelu stegenice. Osnovna razlika, ki PFF loči od vseh ostalih tipov zloma stegenice, je prisotnost vsadka v kosti. Poleg tega se ob primarni operaciji (vstavitvi proteze) vedno uniči prekrvitev znotraj kosti, ki je praviloma osteopenična, zlomi pa so zaradi krhkosti kosti večdelni (10).

Obprotezne zlome delimo glede na potek lomnih



Slika 1: Obprotezni zlom tip B1. (A) Nativna rentgenska slika zloma ob deblu kolčne proteze desnega kolka. (B) Računalniška tomografija s tridimenzionalno rekonstrukcijo. Pri zlomih s stabilnim deblom gre pogosto le za minimalni premik.

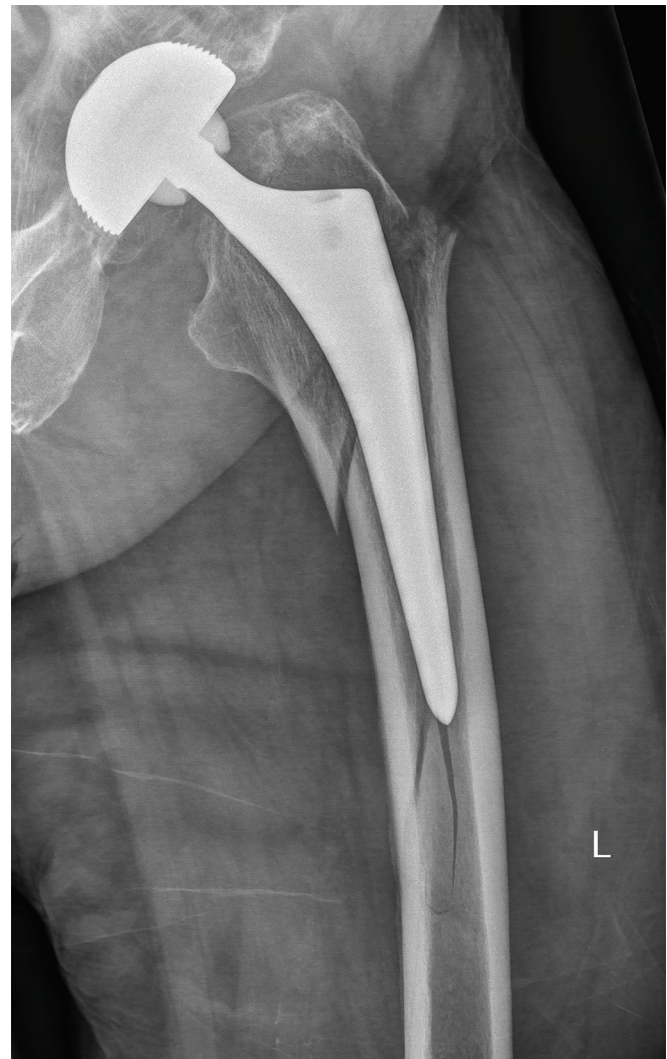
Vir: arhiv Kliničnega oddelka za travmatologijo, UKC Ljubljana.

pok ob protezi po Vancouverški klasifikaciji (VC) in iz nje izhajajoči univerzalni razdelitvi za obprotezne zlome (UCPF), ki jo je razvila Fundacija AO. Zlomi, ki zajemajo predel kosti, ki nudi protezi neposredno oporo, sodijo po VC razdelitvi v tip B. Če je proteza po zlomu stabilna, ta zlom razvrstimo v skupino B1, če je proteza nestabilna, vendar je kakovost kosti primerna in ni okvare kosti, zlom sodi v skupino B2. V primeru, da je prisoten tudi manjko kosti (največkrat posledica že omajanega debla proteze), zlom sodi v tip B3 (11,12) (Sliki 1 in 2).

PFF tipa B zdravimo z operacijo. O načinu se odločamo glede na tip zloma ter splošno stanje in pričakovana (starejšega) bolnika.

Praviloma se zlomi v predelu stabilnega debla (B1) zdravijo z notranjo učvrstitvijo (osteosintezo; OS). PFF ob omajanem deblu (B2) in ob omajanem deblu s kostnimi defekti (B3) pa z menjavo proteze z OS ali brez nje (11,12).

Zaradi prisotnosti debla proteze v stegenici gre pri učvrstitvi tega predela za biomehanski in tehnični izziv. Namen članka je prikazati načela in načine notranje učvrstitve PFF z ohranitvijo debla proteze ter prikazati enoletno serijo obprotezni zlomov v predelu debla



Slika 2: Obprotezni zlom tip B2. Zlom leve stegenice s premikom odlomkov in omajanim deblom proteze (posedanje, varusni položaj in rotacija debla).

Vir: arhiv Kliničnega oddelka za travmatologijo, UKC Ljubljana.

kolčne proteze brez okvar kosti (B1 in B2) poškodovanih, operiranih na Kliničnem oddelku za travmatologijo UKC Ljubljana.

2 Načela osteosinteze obprotezni zlomov pri endoprotezi kolka

Zlomi stegenice se zdravijo po načelih zdravljenja dolgih kosti spodnjih udov. Namen je doseči funkcionalno anatomijo stegenice, kar pomeni, da kost po zacelitvi ohrani primerno dolžino, os in torzijo (13).

Pri enostavnih (dvodelnih) zlomih je tehnično mogoča anatomska naravnava. Vendar moramo pri tem paziti, da dodatno ne poškodujemo prekrvitve odlomkov, ki je prizadeta že ob poškodbi. Primerna prehrana kosti je ključnega pomena za celjenje (14,15). Ob anatomski

naravnavi moramo narediti popolno (absolutno) stabilno učvrstitev (stisnjenje med odlomki), kar vodi v primarno celjenje zloma. Stisnjenje odlomkov dosežemo s priteznimi vijaki (redkeje s t. i. cerklažami), vedno pa moramo predel zloma razbremeniti (nevtralizirati) tudi s ploščo (16).

Pri večdelnih zlomih je anatomsko naravna odlomkov brez dodatne poškodbe prekrvitve kosti praktično nemogoča. Zato se odločamo za funkcionalno naravno. Po neanatomski naravnavi absolutna stabilnost ni mogoča, zato vedno napravimo delno (relativno) stabilno učvrstitev. Tako učvrščen zlom se zaceli s kalusom. Relativno stabilnost lahko dosežemo z intramedulano učvrstitvijo ali premostitveno ploščo. Ob ustvarjanju relativne stabilnosti obstaja nevarnost, da s premalo stabilnosti povzročimo, da se zlom zaradi prevelikih premikov ob obremenitvah ne preraste s kostjo, na drugi strani pa preveč stabilna OS ob neanatomski naravnavi prav tako privede do nezaraščanja, zaradi česar pride do ponovnega zloma (13,17,18).

PFF, ki nastanejo izven predela kosti, v katerem se nahaja proteza (tip C po Vancouveri razdelitvi), lahko učvrstimo po obeh načelih. Pri dobri kakovosti kosti (mlajši poškodovanci) in enostavnem zlomu se odločamo za anatomsko naravno in stabilno učvrstitev. Pri poškodovancih z osteopenijo ali večdelnim zlomom le-tega naravnamo funkcionalno in ga učvrstimo sorazmerno stabilno. Anatomsko naravna večdelnih zlomov je namreč zaradi velikega števila in majhne velikosti odlomkov tehnično neizvedljiva, poleg tega pa v osteopenični kosti ne moremo doseči in obdržati medsebojno stisnjenost odlomkov, ki bi zagotovila absolutno stabilnost zloma. Pri PFF zaradi prisotnosti debla proteze v zgornjem delu stegenice ne moremo uporabiti intramedularnega žeblja, zato zlom vedno premostimo s ploščo (19).

Pri PFF v predelu debla (B tip) se zlom nahaja v predelu kosti, ki nudi oporo protezi. Ležišče proteze je pri brez cementnih protezah povsem prilagojeno deblu proteze, pri cementnih pa je kost v tesnem stiku s cementom. Ob ohranitvi primarnega debla proteze moramo za zagotovitev stabilnosti debla ohraniti ali ponovno vzpostaviti popolno prileganje kosti protezi ali cementnemu plašču ob protezi. Zato je nujno treba doseči anatomsko naravno kostnih odlomkov. Ob anatomski naravnavi je cilj doseči tudi absolutno stabilnost zloma. Deblo proteze v večjem delu dolžine popolnoma zavzema medularni kanal, zato pritega med odlomki ne moremo doseči s priteznimi vijaki, ampak za to večinoma uporabimo t. i. cerklaže. Tako zagotovljeno stabilnost zaščitimo s ploščo (11,12).

3 Načini osteosinteze pri B tipu obproteznih zlomov pri endoprotezi kolka

Pri zdravljenju PFF za učvrstitev uporabljamo le ekstramedularne vsadke. Stabilnost zlomu daje konstrukt, ki je sestavljen iz ekstramedularnega vsadka (plošča, alograft), ki je na kost pričvrščen s cerklažami ali vijaki, ki so lahko navadni ali zaklepni. Vijaki so v kosti lahko pričvrščeni v oba kortikalisa (bikortikalno) ali samo v enega (monokortikalno).

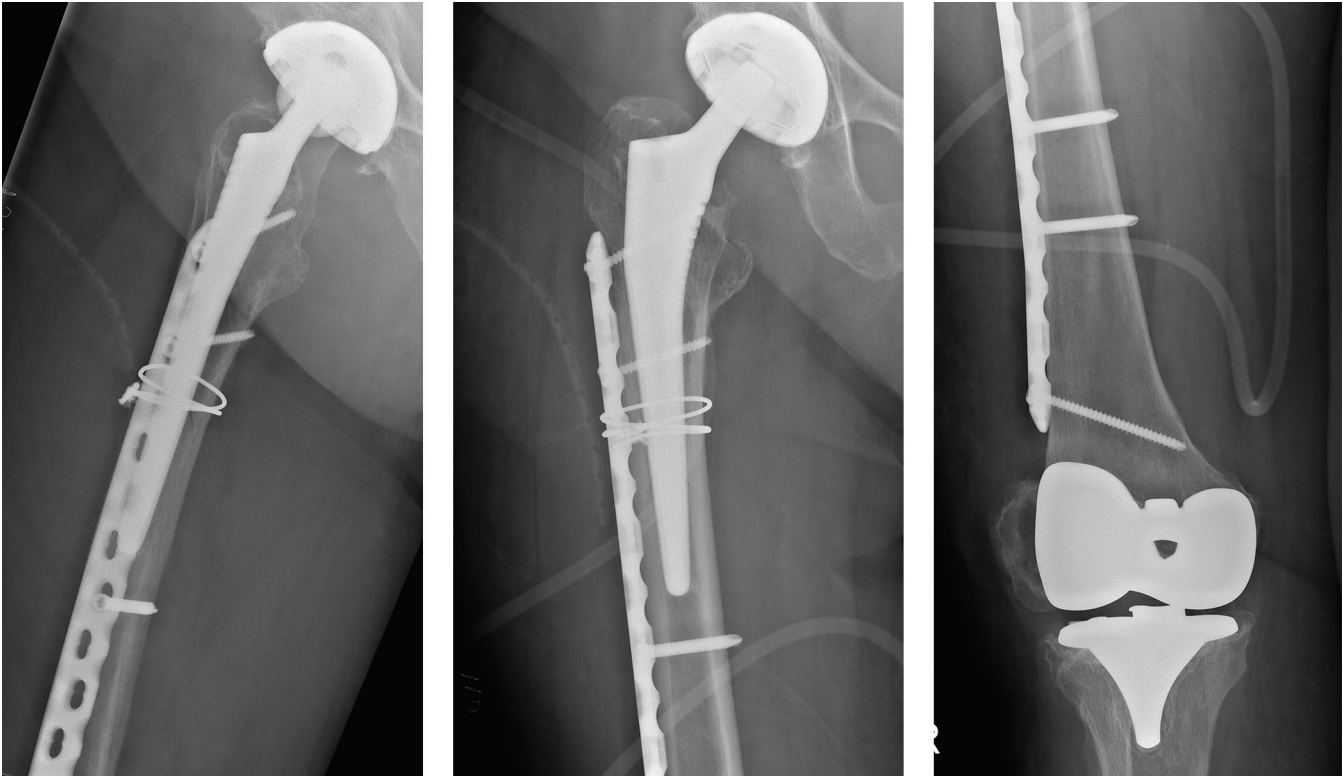
Nekatere biomehanske študije so pokazale, da je čvrstost premostitve obproteznega zloma enaka, če uporabimo alograft, ploščo ali revizijsko protezo (24,25). Na drugi strani so študije, ki dokazujejo, da je plošča bolj stabilna kot en ali celo dva alografta (25). Kombinacija plošče in alografta nudi najmočnejšo oporo (21,27-29), vendar pa je sila, ki povzroči zlom ob takih konstrukcijah, bistveno večja, kot jo lahko pričakujemo ob normalnih fizioloških obremenitvah.

Stabilnost učvrstitve obproteznega zloma ni odvisna samo od vrste vsadka, ampak tudi od načina pritrditve vsadka na kost v predelu debla proteze. Za vse proteze je značilno, da mora biti stik med deblom ali cementom, ki obdaja protezo, in kostjo popoln. Pritrditev vsadka na kost je zaradi prisotnosti debla proteze težavna zaradi pomanjkanja prostora v kosti in možnosti poškodbe cementa, ki stabilizira deblo cementne proteze, ob tem pa vijaki povzročijo povečano obremenitev na kost, kar lahko povzroči zlom. Ploščo lahko na kost pritrdimo z navadnimi vijaki, vijaki, ki nudijo kotno stabilnost ali t. i. cerklažami, medtem ko alograft lahko pričvrstimo samo s cerklažami.

Tehnično najenostavnejša metoda pritrditve so t. i. cerklaže. Osnovna biomehanska pomanjkljivost te metode je, da ne zagotavlja torzijske stabilnosti. Biološka pomanjkljivost pa je okvara prekrvitve. V zadnjih letih se za cerklažo uporabljajo kabli, ki so v primerjavi z žico mehansko stabilnejši in manj poškodujejo periostalno prekrvitev kosti (30,31).

Primerjave bikortikalnih, monokortikalnih vijakov in cerklaž za pričvrstitev vsadka v predelu debla so pokazale, da največjo stabilnost nudijo bikortikalni vijaki (32-34).

Učvrstitev z zaklepnimi bikortikalnimi vijaki v predelu debla nudi največjo stabilnost, vendar večkrat tehnično ni izvedljiva zaradi prisotnosti vsadka v kosti. Novejše zaklepne plošče za zdravljenje PFF omogočajo postavljanje zaklepnih vijakov pod različnimi koti. Poleg tega se uporabljajo tudi plošče, ki se pritrdijo na osnovno ploščo in omogočajo vstavev zaklepnih vijakov mimo debla proteze. Ob dobri kosti učvrstitev na kost lahko napravimo tudi z navadnimi vijaki (35). V primeru, da



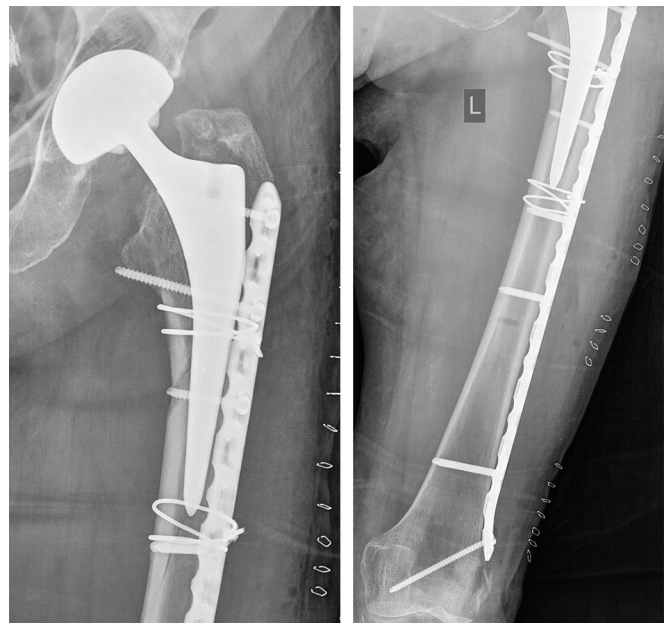
Slika 3: Osteosinteza zloma B1: dosežena je bila anatomsko naravnava zloma, v predelu debla smo ploščo na kost pritrdili s cerklažo in dvema navadnima bikortikalnima vijakoma, pod protezo smo ploščo pričvrstili na kost s tremi zaklepnimi bikortikalnimi vijaki, zadnji vijak pa je navaden.

Vir: arhiv Kliničnega oddelka za travmatologijo, UKC Ljubljana.

takih plošč nimamo, pa so biomehanske študije pokazale, da je sprejemljiv tudi konstrukt z zaklepnimi monokortikalnimi vijaki s cerklažami ali brez njih (36,37). Druge študije pa so pokazale celo boljše rezultate, če so uporabljali samo monokortikalne zaklepne vijake brez cerklaž (33).

Ob fiksiranju zlomov v predelu cementnih protez se z vijaki pogosto ne moremo izogniti dotiku vijaka s cementom. Domneva se, da vijaki v stiku s cementom povzročijo poko, ki lahko povzroči omajanje proteze, vendar so dokazi, ki podpirajo to teorijo, šibki. Dokazano pa je, da vijaki, ki samo delno prodrejo v cement, bistveno redkeje povzročijo poko, kot če so povsem vsidrani v cementu ali se celo dotikajo debla proteze (38). Hkrati pa je tudi dokazano, da z uporabo plošč, ki omogočajo, da se vijaki izognejo cementu, ne povzročamo poškodbe cementa. S tem ostaja deblo proteze stabilno (39).

Prisotnost vsadka v kosti zmanjša potrebno silo, ki povzroči zlom za približno tretjino (1). Ob učvrstitvi PFF se moramo zavedati, da z vstavitvijo novega vsadka premaknemo najbolj občutljivo mesto za zlom ob vsadku bolj distalno na stegenici. Verjetnost za zlom na koncu vsadka je približno 8 %, zato vedno premostimo čim večji del kosti (20-22). Zaradi povečanja obremenitve ob



Slika 4: Osteosinteza zloma B2 brez menjave debla proteze: dosežena je bila anatomsko naravnava zloma. V predelu debla proteze je ploščo na kost učvrščena z dvema cerklažama, enim bikortikalnim in enim monokortikalnim navadnim vijakom, pod protezo smo ploščo na kost učvrstili s tremi bikortikalnimi zaklepnimi vijaki, zadnji vijak pa je navaden monokortikalni.

Vir: arhiv Kliničnega oddelka za travmatologijo, UKC Ljubljana.

koncu plošče je izjemnega pomena način učvrstitve v tem predelu. Največjo obremenitev predstavlja bikortikalni zaklepni vijak, sledi monokortikalni zaklepni vijak, najmanjšo obremenitev pa povečata standardi vijak ali cerklaža. Razlika med obremenitvijo med bikortikalnim zaklepnim in standardnim vijakom oziroma cerklažo je 40 % (22,23). Ob premostitvi celotne kosti in ob prekrievanju vsadkov (proteze in zunajmedularnega vsadka) se sila, potrebna za zlom kosti, povrne v normalo (1).

Standardni položaj zunajmedularnih vsadkov na stegenici je na lateralni površini kosti. Po Wolfovem diagramu je normalna razporeditev sil na stegenici taka, da so na medialni površini kompresijske sile, na lateralni strani pa tenzijske (40). Do težav pri lateralni učvrstitvi pride takrat, ko je kost na medialni strani zdrobljena in z naravno zloma na tej strani ne moremo doseči stika med glavnimi odlomki. V tem primeru tenzijske sile na lateralno ležeči vsadek bistveno narastejo in lahko pride do izpuljenja vijakov ali zloma plošče, s čimer pa se podre osteosinteza. Tak zlom potrebuje več kot samo lateralno učvrstitev. Možnosti učvrstitve v dveh ravninah v zgornjem delu stegenice sta v konfiguraciji 900–900, ko je en vsadek položen na lateralnega, drugi pa se namesti na sprednjo površino stegenice ali 1800–1800, ko je en vsadek položen na lateralnega, drugi pa na medialni strani kosti. V prvem primeru sta oba vsadka lahko plošči, ki sta na kost pritrjeni z vijaki, ali plošča na lateralni strani in alograft na anteriorni strani, toda s tem, da je alograft pritrjen z cerklažami. V drugem primeru pa je laterlano položena plošča, medialno pa alograft, ki je učvrščen s cerklažami (21,25,27,28,41–43). V obeh primerih se ob postavljanju več vsadkov v različnih konfiguracijah bistveno bolj poškoduje mehko tkivo, ki kostem nudi prekrvitev.

Sodobna literatura torej predlaga anatomsko naravno zloma v predelu debela proteze. Zlom naj se poskuša učvrstiti stabilno z uporabo cerklaž, ki jih razbremenimo z dolgo ploščo, ki zajema celotno dolžino kosti. V predelu debela proteze se plošča v idealnih razmerah na kost pritrdi z bikortikalnimi zaklepnimi vijaki. Končni del plošče naj se v predelu brez vsadka na kost pritrdi manj togo, bodisi z monokortikalnimi navadnimi vijaki ali s cerklažo (Sliki 3 in 4).

4 Pregled oskrbe poškodovancev z B-tipom obproteznega zloma po kolčni protezi na Kliničnem oddelku za travmatologijo v UKC Ljubljana

V zadnjih 5 letih je število zlomov zgornjega dela stegenice, ki jih zdravimo na Kliničnem oddelku za

travmatologijo UKC Ljubljana, naraslo za približno 15 %. Med te zlome štejemo tudi obprotezne zlome stegenice. Število teh poškodb je v istem obdobju naraslo za več kot 50 %. Večina naših poškodovancev s PPF je bilo primarno operiranih zaradi obrabe kolka.

Z retrogradno analizo poškodovancev z obproteznim zlomom v zgornjem delu stegenice, operiranih v obdobju od 1. 1. 2019 do 31. 12. 2019, smo preverili, koliko smo spoštovali pravila oskrbe in kakšni so rentgenski (RTG) rezultati.

Iz oddelčnega seznama operacij smo pridobili poškodovance, ki so bili v enoletnem obdobju pri nas operirani zaradi PPF. S pomočjo RTG slik smo zlome klasificirali, pridobili podatke o načinu in vrsti učvrstitve ter analizirali RTG slike ob zaključku zdravljenja. Zaradi sorazmerno majhnega vzorca podatki niso statistično obdelani.

V letu 2019 smo na KO za travmatologijo izvedli 931 operacij zaradi zloma v predelu zgornje stegenice. Vstavili smo 299 delnih ali popolnih kolčnih protez zaradi zloma. V tem času smo operirali 35 poškodovancev z obproteznimi zlomi stegenice, 17 poškodovancev od njih je imelo PPF v predelu debela kolčne proteze (tip B). Deset poškodovanih je bilo ženskega spola. Starost naših poškodovancev je bila 56–90 let (mediana 78 let). V tem letu smo operirali tudi enega poškodovanca po ponovnem PPF.

7 poškodovancev (41 %) je imelo zlom ob stabilnem debelu proteze (B1), v 10 primerih (59 %) je zlom povzročil nestabilnost proteznega debela (B2). Pri vseh poškodovancih smo ocenili, da je kakovost kosti stegenice zadovoljiva. Tako da v naši seriji ni bilo poškodovancev s PPF po kolčni protezi in primanjkljajem kosti (B3).

Z učvrstitvijo smo v naši seriji zdravili 10 poškodovancev (7 B1 in 3 B2); srednja starost poškodovancev je bila pri tipu B1 78 let pri tipu B2 81 let. 2 poškodovanca z B2 tipom zloma, pri katerih smo napravili OS, sta imela brez cementno deblo proteze, en pa cementno, pri poškodovancih B1 je brez cementno deblo imelo 5 (71 %) poškodovancev. Pri vseh poškodovancih smo kot vsadek za učvrstitev uporabljali zaklepne plošče (LCP), ki nudijo možnost uporabe zaklepnih in navadnih vijakov. Pri tipu B1 smo napravili anatomsko naravno zlomov v 6 primerih (86 %), pri B2 pa vedno. Pri vseh poškodovancih z B2 tipom zloma se je kost zacelila brez vidnega kalusa, kar pomeni primarno celjenje in s tem absolutno stabilnost učvrstitve. Pri tipu B1 je bilo takih poškodovancev 5 (71 %).

V predelu debela smo pri tipu B1 uporabili samo navadne vijake v 2 primerih (29 %), samo zaklepne v 4 (57 %) in kombinacijo pri 1 (14 %), pri 3 poškodovancih

Tabela 1: Primerjava oskrbe obproteznega zloma z osteosintezo med tipoma B1 in B2.

		B 1	B 2
Število		7	3
Starost (mediana)		78 (56–90)	81 (80–85)
Tip proteze	brezcementna	5 (71 %)	2 (66,7 %)
	cementna	2 (29 %)	1 (33,3 %)
Naravnava	anatomska	6 (86 %)	3 (100 %)
	funkcionalna	1 (14 %)	0
Celjenje	primarno	5 (71 %)	3 (100 %)
	sekundarno	2 (29 %)	0
Vijaki	navadni	2 (29 %)	0
	zaklepi	4 (57 %)	2 (67 %)
	kombinacija	1 (14 %)	1 (33 %)
	bikortikalni	3 (42 %)	2 (67 %)
	monokortikalni	2 (29 %)	0
	kombinacija	2 (29 %)	1 (33 %)
Cerklaže		6 (86 %)	3 (100 %)
Zadnji vijak	bikortikalni	7 (100 %)	2 (67 %)
	monokortikalni	0	1 (33 %)
	zaklepni	5 (71 %)	1 (33 %)
	navadni	2 (29 %)	2 (67 %)
Zacelitev (povprečje)		4,6 mes	5 mes
Posedanje proteze		0	2
Mehanske težave		0	1 (varus)

(42 %) so bili vsi vijaki bikortikalni, pri 2 (29 %) samo monokortikalni in pri 2 (29 %) kombinacija mono- in bikortikalnih. Pri tipu B2 smo v predelu debla proteze pri 1 poškodovancu (33 %) uporabili kombinacijo vijakov, pri 2 pa samo zaklepne (67 %), a s tem, da so bili pri 2 bikortikalni (67 %) pri 1 (33 %) pa kombinacija mono- in bikortikalnih. Cerklaže smo v predelu debla uporabili pri tipu B1 v 6 primerih (86 %), pri B2 vedno. Zadnji vijak na spodnjem delu učvrstitve je bil pri B1 tipu vedno bikortikalni, od tega v 2 primerih (29 %) navaden in pri ostalih 5 (71 %) zaklepen, pri tipu B2 je bil zadnji vijak v 1 primeru (33 %) zaklepen in 2-krat (67 %) navaden, 2-krat je bil postavljen bikortikalno (67 %) in 1-krat (33 %) monokortikalno.

Do posedanja proteze ali drugih mehanskih zapletov pri B1 zlomih ni prišlo. Ti zlomi so se v povprečju zacelili

v 4,6 meseca, pri tipu B2 pa je 2-krat prišlo do posedanja proteze za pol centimetra, v enem primeru pa do varusne deformacije na mestu zloma za 10 stopinj, zlomi pa so se v povprečju zacelili v 5 mesecih (Tabela 1).

Zlome B2 smo v sedmih primerih (70 %) oskrbeli z menjavo debla, pri vseh smo zlom še dodatno učvrstili. Srednja starost teh poškodovancev je bila 75 let. V vseh primerih smo uporabili cerklaže, v enem pa tudi ploščo in vijake (Tabela 2).

5 Primerjava naših rezultatov z rezultati iz literature

Po predvidevanjih bo do leta 2030 število primarnih protez kolka naraslo za 174 % v primerjavi z letom 2005; za podoben delež bo naraslo tudi število obproteznih

Tabela 2: Primerjava oskrbe obproteznega zloma B2 med skupino z osteosintezo in menjavo proteze.

		B 2	
		osteosinteza	menjava debela
Število		3	7
Starost (mediana)		81 (80–85)	75 (64–85)
Tip proteze	brezcementna	3 (100 %)	5 (71 %)
	cementna	0	2 (29 %)
Cerklaže		3 (100 %)	7 (100 %)
Zacelitev (povprečje)		5 mes	3,7 mes
Posedanje proteze		2	0
Mehanske težave		1 (varus)	0

zlomov (44). Ker so poškodovanci s temi zlomi večinoma starejši s pridruženimi boleznimi, bo to pomenilo velik pritisk na zdravstveni sistem. Podoben trend rasti opazamo tudi pri poškodovancih, zdravljenih na Kliničnem oddelku za travmatologijo UKC Ljubljana. V zadnjih petih letih se je število obproteznih zlomov povečalo za približno polovico. V naši seriji so vsi poškodovanci, razen enega, starejši od 65 let, kar potrjuje opažanja drugih študij, ki kažejo, da je obprotezni zlom poškodba starostnikov (45). V literaturi se svetuje ohranitev debela proteze vedno, kadar je le-ta stabilen, tudi po zlomu. Že nekaj let poteka razprava, ali je menjava debela res vedno potrebna v primerih, ko po zlomu stegenice pride do nestabilnosti debela. Avtorji klasičnih študij so po definiciji vedno svetovali zamenjavo zaradi zloma omajane proteze (46–48). Novejše študije kažejo, da menjava debela ni vedno potrebna in lahko dobre rezultate dosežemo tudi z učvrstitvijo zlomov. Ob tem moramo upoštevati kakovost kosti in tip zloma, ki morata omogočati anatomske naravnost in stabilno učvrstitev, poleg tega pa tudi predpoškodbeno aktivnost in pričakovanja poškodovanca potem. Za ta način zdravljenja je pomembno, da je bila pred poškodbo proteza stabilna; če je bila že pred tem omajana, je potrebno ob operaciji PFF deblo vedno zamenjati. Pri cementnih debelih proteze se lahko odločamo za OS brez menjave debela le, če je po zlomu cementni plašč ostal nepoškodovan v predelu stika med cementom in kostjo (4,49–51).

V naši seriji so bili poškodovanci s stabilnim deblom proteze (B1) mlajši kot tisti z nestabilnim deblom po zlomu (B2), iz česar lahko posredno sklepamo na kakovost kosti, saj močnejša kost nudi deblu boljšo oporo. Pri tipu B2 zlomov so bili poškodovanci, pri katerih smo se odločili za učvrstitev zloma brez menjave debela proteze,

starejši od tistih, pri kateri smo deblo zamenjali (81 let vs. 75 let). To kaže, da smo se o načinu zdravljenja pri teh poškodovancih odločali tudi na osnovi pričakovane aktivnosti. Večina zlomov je nastala ob brezcementnem deblu proteze, kar pritrjuje študijam, ki so pokazale, da je verjetnost obproteznega zloma pri starostniku manjša, če uporabljamo cementno deblo (5). Pri 90 % naših poškodovancev smo z anatomske naravnost zloma zagotovili ponovno prileganje debela ali cementnega plašča kosti stegenice in na ta način vzpostavili oporo protezi, kar svetuje tudi literatura (4,49–51). V 80 % primerov se je zlom zacelil brez RTG znakov kalusa, kar kaže na absolutno stabilnost učvrstitve, ki je pri teh zlomih zaželeno (11,12). Ker pritezni vijaki zaradi prisotnosti debela proteze niso možni, smo absolutno stabilnost pri 90 % zlomov poskušali doseči z uporabo cerklaž. V večini primerov (razen pri enem) smo s tem zagotovili zadostno stabilnost za primarno celjenje. Vendar smo zaradi slabše odpornosti te vrste učvrstitve na torzijske sile vedno uporabili še ploščo in vijake, s čimer smo zaščitili in povečali stabilnost učvrstitve. Ploščo smo v večini primerov (80 %) uspeli učvrstiti z bikortikalnimi vijaki. Če zaradi debela nismo mogli uporabiti zaklepnih vijakov, smo uporabili navadne. Tak princip zagovarja tudi moderna literatura (32–34).

Biomehanske študije opozarjajo na možnost zloma ob vsadku, če je plošča prekratka (se konča v diafizi) ali je preveč togo pričvrščena na kost ob distalnem delu oziroma ob prehodu na ne učvrščeno kost (20–22,28). V naši seriji so vse naše plošče segale vsaj do začetka spodnje metafize stegenice. Zadnji vijak je bil v 60 % zaklepnin in v vseh primerih, razen v enem samem, bikortikalni. Kljub precej togi učvrstitvi plošče na kost v spodnjem delu stegenice nismo opazali zlomov ob vsadku pod ploščo.

Razlog za to je verjetno v dolžini plošč, ki se niso končale v diafiznem delu kosti, ampak že v bistveno širši metafizi.

Vsi obprotežni zlomi ob deblu stegenice so se zacelili. Pri tipu B1 v povprečju pol meseca hitreje kot pri tipu B2. Pri tistih poškodovancih z zlomom B2, ki smo jih zdravili z menjavo debla proteze, je bil zlom zaceljen 1,3 mesece hitreje, kot če debla nismo zamenjali.

Pri tipu B1 so se vsi zlomi zacelili brez posedanja proteze in brez deformacije na zlomu, kar potrjuje stabilnost debla pred poškodbo in tudi po njej. Ob omajanem deblu proteze (B2) smo z učvrstitvijo dosegli zacelitev, vendar je v dveh primerih brez cementne proteze prišlo do posedanja originalnega debla za pol centimetra, pri cementni protezi pa za varusni položaj za 10 stopinj. Te deformacije povzročijo manjšo prikrajšavo spodnjega uda, ki je pri funkcionalno zahtevnejših bolnikih moteča in se je treba zato izogibati.

6 Zaključek

Z naraščanjem protetične oskrbe zaradi degenerativnih bolezni kolka in zlomov v predelu vratu stegenice pričakovano narašča tudi število PFF. Pri oskrbi teh poškodb ob stabilnem deblu proteze je naš cilj vedno anatomsko naravna zloma s stabilno učvrstitvijo. Pri zlomih, ki povzročijo nestabilnost proteze, pa je ob odločitvah potrebno upoštevati kakovost kosti, obliko

zloma, stabilnost proteze pred zlomom in tudi pričakovano funkcionalnost poškodovanca. Če je možno zagotoviti stabilno deblo po anatomski naravnosti in stabilni učvrstitvi v ohranjeni kosti, je učvrstitev B 2 tipa zloma pri manj aktivnih starostnikih lahko uspešen način zdravljenja. Kadar se odločamo za tak način, moramo vedno upoštevati biomehanske zakonitosti učvrstitve ob deblu proteze. Zagotoviti je treba anatomsko naravnost in stabilno učvrstitev. Največkrat za to uporabimo cerklaže, vedno pa dodamo še ploščo, ki sega po večjem delu kosti in se zaključi v metafiznem delu spodnje stegenice, kjer ne sme biti na kost pričvrščena preveč togo. V predelu debla mora biti vedno na kost pritrjena z vijaki, ki so lahko monokortikalni, v idealnem primeru pa bikortikalni. V primeru, da se je proteza omajala že pred poškodbo, oziroma, če ima zlom tipa B2 mlajši in zelo aktiven poškodovanec, je potrebno zamenjati deblo proteze, saj le na ta način lahko zagotovimo zacelitev v ustreznem položaju.

Zdravljenje obprotežnih zlomov je zahtevno. Potrebno je prilagajanje terapije tipu zloma in značilnostim poškodovanca, zato je nujno poznavanje tehnik osteosinteze in hkrati tudi revizijske artroplastike.

Izjava o navzkrižju interesov

Avtorji nimamo navzkrižja interesov.

Literatura

- Lehmann W, Rupprecht M, Hellmers N, Sellenschloh K, Briem D, Püschel K, et al. Biomechanical evaluation of peri- and interprosthetic fractures of the femur. *J Trauma*. 2010;68(6):1459-63. DOI: [10.1097/TA.0b013e3181bb8d89](https://doi.org/10.1097/TA.0b013e3181bb8d89) PMID: 20093986
- Rupprecht M, Schlickewei C, Fensky F, Morlock M, Püschel K, Rueger JM, et al. Periprosthetic and interimplant femoral fractures: biomechanical analysis. *Unfallchirurg*. 2015;118(12):1025-32. DOI: [10.1007/s00113-014-2591-6](https://doi.org/10.1007/s00113-014-2591-6) PMID: 24893727
- Khan T, Grindlay D, Ollivere BJ, Scammell BE, Manktelow AR, Pearson RG. A systematic review of Vancouver B2 and B3 periprosthetic femoral fractures. *Bone Joint J*. 2017;99-B(4):17-25. DOI: [10.1302/0301-620X.99B4.BJJ-2016-1311.R1](https://doi.org/10.1302/0301-620X.99B4.BJJ-2016-1311.R1) PMID: 28363890
- Stoffel K, Blauth M, Joeris A, Blumenthal A, Rometsch E. Fracture fixation versus revision arthroplasty in Vancouver type B2 and B3 periprosthetic femoral fractures: a systematic review. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2020;140(10):1381-94. DOI: [10.1007/s00402-020-03332-7](https://doi.org/10.1007/s00402-020-03332-7) PMID: 32086558
- Tsiridis E, Pavlou G, Venkatesh R, Bobak P, Gie G. Periprosthetic femoral fractures around hip arthroplasty: current concepts in their management. *Hip Int*. 2009;19(2):75-86. DOI: [10.1177/112070000901900201](https://doi.org/10.1177/112070000901900201) PMID: 19462362
- Lindahl H, Malchau H, Herberts P, Garellick G. Periprosthetic femoral fractures classification and demographics of 1049 periprosthetic femoral fractures from the Swedish National Hip Arthroplasty Register. *J Arthroplasty*. 2005;20(7):857-65. DOI: [10.1016/j.arth.2005.02.001](https://doi.org/10.1016/j.arth.2005.02.001) PMID: 16230235
- Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry Annual Report. Adelaide: AOA; 2013.
- Lindahl H, Garellick G, Regné H, Herberts P, Malchau H. Three hundred and twenty-one periprosthetic femoral fractures. *J Bone Joint Surg Am*. 2006;88(6):1215-22. DOI: [10.2106/JBJS.E.00457](https://doi.org/10.2106/JBJS.E.00457) PMID: 16757753
- Beals RK, Tower SS. Periprosthetic fractures of the femur. An analysis of 93 fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 1996;327:238-46. DOI: [10.1097/00003086-199606000-00029](https://doi.org/10.1097/00003086-199606000-00029) PMID: 8641069
- Quah C, Porteous M, Stephen A. Principles of managing Vancouver type B periprosthetic fractures around cemented polished tapered femoral stems. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2017;27(4):477-82. DOI: [10.1007/s00590-016-1883-7](https://doi.org/10.1007/s00590-016-1883-7) PMID: 27889849
- Holzappel BM, Prodinger PM, Hoberg M, Meffert R, Rudert M, Grading R. Periprosthetic fractures after total hip arthroplasty: classification, diagnosis and therapy strategies. *Orthopade*. 2010;39(5):519-35. DOI: [10.1007/s00132-010-1612-6](https://doi.org/10.1007/s00132-010-1612-6) PMID: 20405105
- Gaski GE, Scully SP. In brief: classifications in brief: Vancouver classification of postoperative periprosthetic femur fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 2011;469(5):1507-10. DOI: [10.1007/s11999-010-1532-0](https://doi.org/10.1007/s11999-010-1532-0) PMID: 20809166
- de Boer P. Diaphyseal fractures: principles. In: Rüedi TP, Murphy WM. *Principles of Fracture Management*. Stuttgart: Thieme; 2010. pp. 93-104.
- Farouk O, Krettek C, Miclau T, Schandelmaier P, Tscherne H. The topography of the perforating vessels of the deep femoral artery. *Clin Orthop Relat Res*. 1999;368:255-9. DOI: [10.1097/00003086-199911000-00031](https://doi.org/10.1097/00003086-199911000-00031) PMID: 10613176

15. Gautier E, Cordey J. Porosity and remodeling of plated bone after internal fixation: Result of stress shielding or vascular damage? Amsterdam: Elsevier Science Publishers; 1984. pp. 195-200.
16. Wittner B, Holz U. Plates. In: Rüedi TP, Murphy WM. Principles of Fracture Management. Stuttgart: Thieme; 2010. pp. 169-84.
17. Marongiu G, Dolci A, Verona M, Capone A. The biology and treatment of acute long-bones diaphyseal fractures: overview of the current options for bone healing enhancement. *Bone Rep.* 2020;12:100249. DOI: [10.1016/j.bonr.2020.100249](https://doi.org/10.1016/j.bonr.2020.100249) PMID: [32025538](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32025538/)
18. Hollensteiner M, Sandriesser S, Bliven E, von Räden C, Augat P. Biomechanics of Osteoporotic Fracture Fixation. *Curr Osteoporos Rep.* 2019;17(6):363-74. DOI: [10.1007/s11914-019-00535-9](https://doi.org/10.1007/s11914-019-00535-9) PMID: [31755030](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31755030/)
19. Ganji R. Challenges of Plate Fixation for Vancouver Type-C fractures after a Well-fixed Hip Arthroplasty Femoral Stem. *Arch Bone Jt Surg.* 2019;7(6):571-2. PMID: [31970264](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31970264/)
20. Bottlang M, Doornink J, Byrd GD, Fitzpatrick DC, Madey SM. A nonlocking end screw can decrease fracture risk caused by locked plating in the osteoporotic diaphysis. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(3):620-7. DOI: [10.2106/JBJS.H.00408](https://doi.org/10.2106/JBJS.H.00408) PMID: [19255222](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19255222/)
21. O'Connell RS, Owen JR, Hansen EJ, Bashir AS, Wayne JS, Satpathy J, et al. Biomechanical Evaluation of Osteoporotic Proximal Periprosthetic Femur Fractures With Proximal Bicortical Fixation and Allograft Struts. *J Orthop Trauma.* 2018;32(10):508-14. DOI: [10.1097/BOT.0000000000001261](https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000001261) PMID: [30247278](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30247278/)
22. Alexander J, Morris RP, Kaimrajh D, Milne E, Latta L, Flink A, et al. Biomechanical evaluation of periprosthetic refractures following distal femur locking plate fixation. *Injury.* 2015;46(12):2368-73. DOI: [10.1016/j.injury.2015.09.033](https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.09.033) PMID: [26553428](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26553428/)
23. Bottlang M, Doornink J, Byrd GD, Fitzpatrick DC, Madey SM. A nonlocking end screw can decrease fracture risk caused by locked plating in the osteoporotic diaphysis. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(3):620-7. DOI: [10.2106/JBJS.H.00408](https://doi.org/10.2106/JBJS.H.00408) PMID: [19255222](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19255222/)
24. Mihalko WM, Beaudoin AJ, Cardea JA, Krause WR. Finite-element modelling of femoral shaft fracture fixation techniques post total hip arthroplasty. *J Biomech.* 1992;25(5):469-76. DOI: [10.1016/0021-9290\(92\)90087-H](https://doi.org/10.1016/0021-9290(92)90087-H) PMID: [1592852](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1592852/)
25. Haddad FS, Duncan CP, Berry DJ, Lewallen DG, Gross AE, Chandler HP. Periprosthetic femoral fractures around well-fixed implants: use of cortical onlay allografts with or without a plate. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84(6):945-50. DOI: [10.2106/00004623-200206000-00008](https://doi.org/10.2106/00004623-200206000-00008) PMID: [12063328](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12063328/)
26. Dennis MG, Simon JA, Kummer FJ, Koval KJ, Di Cesare PE. Fixation of periprosthetic femoral shaft fractures: a biomechanical comparison of two techniques. *J Orthop Trauma.* 2001;15(3):177-80. DOI: [10.1097/00005131-200103000-00005](https://doi.org/10.1097/00005131-200103000-00005) PMID: [11265007](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11265007/)
27. Zdero R, Walker R, Waddell JP, Schemitsch EH. Biomechanical evaluation of periprosthetic femoral fracture fixation. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(5):1068-77. DOI: [10.2106/JBJS.F.01561](https://doi.org/10.2106/JBJS.F.01561) PMID: [18451400](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18451400/)
28. Wilson D, Frei H, Masri BA, Oxland TR, Duncan CP. A biomechanical study comparing cortical onlay allograft struts and plates in the treatment of periprosthetic femoral fractures. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2005;20(1):70-6. DOI: [10.1016/j.clinbiomech.2004.08.008](https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2004.08.008) PMID: [15567539](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15567539/)
29. Lochab J, Carrothers A, Wong E, McLachlin S, Aldebeyan W, Jenkinson R, et al. Do Transcortical Screws in a Locking Plate Construct Improve the Stiffness in the Fixation of Vancouver B1 Periprosthetic Femur Fractures? A Biomechanical Analysis of 2 Different Plating Constructs. *J Orthop Trauma.* 2017;31(1):15-20. DOI: [10.1097/BOT.0000000000000704](https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000704) PMID: [28002219](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28002219/)
30. Schmotzer H, Tchejeyan GH, Dall DM. Surgical management of intra- and postoperative fractures of the femur about the tip of the stem in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 1996;11(6):709-17. DOI: [10.1016/S0883-5403\(96\)80010-6](https://doi.org/10.1016/S0883-5403(96)80010-6) PMID: [8884447](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8884447/)
31. Fulkerson E, Koval K, Preston CF, Ilesaka K, Kummer FJ, Egol KA. Fixation of periprosthetic femoral shaft fractures associated with cemented femoral stems: a biomechanical comparison of locked plating and conventional cable plates. *J Orthop Trauma.* 2006;20(2):89-93. DOI: [10.1097/01.bot.0000199119.38359.96](https://doi.org/10.1097/01.bot.0000199119.38359.96) PMID: [16462560](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16462560/)
32. Hoffmann MF, Burgers TA, Mason JJ, Williams BO, Sietsema DL, Jones CB. Biomechanical evaluation of fracture fixation constructs using a variable-angle locked periprosthetic femur plate system. *Injury.* 2014;45(7):1035-41. DOI: [10.1016/j.injury.2014.02.038](https://doi.org/10.1016/j.injury.2014.02.038) PMID: [24680467](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24680467/)
33. Lewis GS, Caroom CT, Wee H, Jurgensmeier D, Rothermel SD, Bramer MA, et al. Tangential Bicortical Locked Fixation Improves Stability in Vancouver B1 Periprosthetic Femur Fractures: A Biomechanical Study. *J Orthop Trauma.* 2015;29(10):e364-70. DOI: [10.1097/BOT.0000000000000365](https://doi.org/10.1097/BOT.0000000000000365) PMID: [26053467](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26053467/)
34. Konstantinidis L, Hauschild O, Beckmann NA, Hirschmüller A, Südkamp NP, Helwig P. Treatment of periprosthetic femoral fractures with two different minimal invasive angle-stable plates: biomechanical comparison studies on cadaveric bones. *Injury.* 2010;41(12):1256-61. DOI: [10.1016/j.injury.2010.05.007](https://doi.org/10.1016/j.injury.2010.05.007) PMID: [21288467](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21288467/)
35. Wähner D, Schröder R, Schulze M, Westerhoff P, Raschke M, Stange R. Biomechanical comparison of two angular stable plate constructions for periprosthetic femur fracture fixation. *Int Orthop.* 2014;38(1):47-53. DOI: [10.1007/s00264-013-2113-0](https://doi.org/10.1007/s00264-013-2113-0) PMID: [24114243](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24114243/)
36. Dennis MG, Simon JA, Kummer FJ, Koval KJ, DiCesare PE. Fixation of periprosthetic femoral shaft fractures occurring at the tip of the stem: a biomechanical study of 5 techniques. *J Arthroplasty.* 2000;15(4):523-8. DOI: [10.1054/arth.2000.4339](https://doi.org/10.1054/arth.2000.4339) PMID: [10884215](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10884215/)
37. Lenz M, Perren SM, Gueorguiev B, Richards RG, Hofmann GO, Fernandez dell'Oca A, et al. A biomechanical study on proximal plate fixation techniques in periprosthetic femur fractures. *Injury.* 2014;45:S71-5. DOI: [10.1016/j.injury.2013.10.027](https://doi.org/10.1016/j.injury.2013.10.027) PMID: [24252576](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24252576/)
38. Konstantinidis L, Schmidt B, Bernstein A, Hirschmüller A, Schröder S, Südkamp NP, et al. Plate fixation of periprosthetic femur fractures: what happens to the cement mantle? *Proc Inst Mech Eng H.* 2017;231(2):138-42. DOI: [10.1177/0954411916682769](https://doi.org/10.1177/0954411916682769) PMID: [28013577](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28013577/)
39. Bibiano L, Stamboltsyan G, Touloupakis G, Ghirardelli S, Biancardi E, Longo GE, et al. Plate fixation in periprosthetic femur fractures Vancouver type B1: preliminary report of macroscopic evaluation of the cement mantle and short literature review. *Acta Biomed.* 2019;90(1):31-6. PMID: [30889152](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30889152/)
40. Wolff J. The law of bone remodelling. Berlin: SpringerVerlag; 1986. pp. 3-22. DOI: [10.1007/978-3-642-71031-5_2](https://doi.org/10.1007/978-3-642-71031-5_2)
41. Leonidou A, Moazen M, Lepetsos P, Graham SM, Macheras GA, Tsiroidis E. The biomechanical effect of bone quality and fracture topography on locking plate fixation in periprosthetic femoral fractures. *Injury.* 2015;46(2):213-7. DOI: [10.1016/j.injury.2014.10.060](https://doi.org/10.1016/j.injury.2014.10.060) PMID: [25467710](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25467710/)
42. Dehghan N, McKee MD, Nauth A, Ristevski B, Schemitsch EH. Surgical fixation of Vancouver type B1 periprosthetic femur fractures: a systematic review. *J Orthop Trauma.* 2014;28(12):721-7. DOI: [10.1097/BOT.000000000000126](https://doi.org/10.1097/BOT.000000000000126) PMID: [24736696](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24736696/)
43. Muizelaar A, Winemaker MJ, Quenneville CE, Wohl GR. Preliminary testing of a novel bilateral plating technique for treating periprosthetic fractures of the distal femur. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2015;30(9):921-6. DOI: [10.1016/j.clinbiomech.2015.07.008](https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2015.07.008) PMID: [26233532](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26233532/)
44. Kurtz S, Ong K, Lau E, Mowat F, Halpern M. Projections of primary and revision hip and knee arthroplasty in the United States from 2005 to 2030. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89(4):780-5. DOI: [10.2106/00004623-200704000-00012](https://doi.org/10.2106/00004623-200704000-00012) PMID: [17403800](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17403800/)
45. Abdel MP, Watts CD, Houdek MT, Lewallen DG, Berry DJ. Epidemiology of periprosthetic fracture of the femur in 32 644 primary total hip arthroplasties: a 40-year experience. *Bone Joint J.* 2016;98-B(4):461-7. DOI: [10.1302/0301-620X.98B4.37201](https://doi.org/10.1302/0301-620X.98B4.37201) PMID: [27037427](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27037427/)

46. Morrey BF, Kavanagh BF. Complications with revision of the femoral component of total hip arthroplasty. Comparison between cemented and uncemented techniques. *J Arthroplasty*. 1992;7(1):71-9. DOI: [10.1016/0883-5403\(92\)90035-O](https://doi.org/10.1016/0883-5403(92)90035-O) PMID: 1564469
47. Stuchin SA. Femoral shaft fracture in porous and press-fit total hip arthroplasty. *Orthop Rev*. 1990;19(2):153-9. PMID: 2181387
48. Larson JE, Chao EY, Fitzgerald RH. Bypassing femoral cortical defects with cemented intramedullary stems. *J Orthop Res*. 1991;9(3):414-21. DOI: [10.1002/jor.1100090314](https://doi.org/10.1002/jor.1100090314) PMID: 2010846
49. Antoniadis A, Camenzind R, Schelling G, Helmy N. Is primary osteosynthesis the better treatment of periprosthetic femur fractures Vancouver type B2? *Br J Surg*. 2017;104:17.
50. Joestl J, Hofbauer M, Lang N, Tiefenboeck T, Hajdu S. Locking compression plate versus revision-prosthesis for Vancouver type B2 periprosthetic femoral fractures after total hip arthroplasty. *Injury*. 2016;47(4):939-43. DOI: [10.1016/j.injury.2016.01.036](https://doi.org/10.1016/j.injury.2016.01.036) PMID: 26872997
51. Lunebourg A, Mouhsine E, Cherix S, Ollivier M, Chevalley F, Wettstein M. Treatment of type B periprosthetic femur fractures with curved non-locking plate with eccentric holes: retrospective study of 43 patients with minimum 1-year follow-up. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2015;101(3):277-82. DOI: [10.1016/j.otsr.2015.01.015](https://doi.org/10.1016/j.otsr.2015.01.015) PMID: 25817903