



Distal Tibia Meatafizer ve Diyafizer Kırıklarının Biyolojik Fiksasyonunun Radyolojik ve Klinik Sonuçları

The Radiological and Clinical Results of Biological Fixation of Distal Tibia Metaphyseal and Diaphyseal Fractures

Asaf BOZKAYA,¹ Deniz GÜLABİ,² Halil İbrahim BEKLER,²
Gültekin Sıtkı ÇEÇEN,² Güven BULUT,² Fevzi SAĞLAM²

¹Hatay Devlet Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Hatay

²Dr. Lütfi Kırdar Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

Özet

Amaç: Bu çalışmada distal tibia metafizer ve diyafizer kırıklarının minimal invazif perkütan kilitli plakla osteosentez (MİPPO) tekniği uygulanarak tedavisinin klinik ve radyolojik sonuçlarının araştırılıp literatürle kıyaslanması amaçlandı.

Gereç ve Yöntem: Distal tibia diyafizer ve metafizer kırık nedeniyle ameliyat edilen ve çalışma kriterlerine uyan 30 hasta geriye dönük olarak analiz edildi. Ortalama yaşı 39.1 (18-62) olan hastaların 20'si (%66.6) erkek, 10'u (%33.3) kadın idi. Hastaların 25'inde (%83) kapalı, 5'inde (%17) açık kırık vardı. AO sınıflamasına göre kırıkların 15'i A1, 9'u A2, 5'i A3 ve 1'i C1 idi. Radyolojik olarak malunion, nonunion ve kaynama süresi; klinik olarak AOFAS (Amerikan Ortopedik Ayak ve Ayak Bileği Derneği) skoru, enfeksiyon ve ek cerrahi işlemler analiz edildi.

Bulgular: İki hastamızda enfeksiyon görüldü. Kaynama ortalama 16.6 (8-20) haftada gerçekleşti. İki hastada kaynama geçikmesi, iki hastada da malunion gelişti. Hastaların ortalama takip süresi 15.3 ay (8-32) olup, ortalama AOFAS skoru 84 (60-92) idi.

Sonuç: Distal tibia metafiz ve diyafiz kırıklarının tedavisinde MİPPO tekniği düşük komplikasyon oranıyla başarılı bir yöntemdir.

Anahtar sözcükler: Distal tibia kırığı; kilitli plak; MİPPO.

Summary

Background: In this study our aim is to evaluate the radiological and clinical results of MIPPO (minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis) of distal tibia fractures localized at metaphysis or diaphysis.

Methods: Thirty tibia fractures of 30 patients operated with MIPPO for distal tibia fractures who have regular follow-up and who meet the study criteria are included in the study. The mean age of the patients is 39.1 (18-62), including 20 males (66.6%) and 10 females (33.3%). Twenty-five (83%) patients have closed and 5 (17%) have open fractures. Fracture types according to AO classification are 15 A1, 9 A2, 5 A3, and 1 C1. Radiological union time/duration, malunion, and nonunion, clinical infection rate, additional surgical procedures and AOFAS (American Orthopaedic Foot and Ankle Society) scores were evaluated.

Results: In 2 cases infection was observed. The mean union duration was 16.6 (8-20) weeks. Delayed union was observed in 2 patients. Malunion was seen in 2 patients. The mean follow-up period of our cases was 15.3 months (8-32); mean AOFAS score was 84 (60-92).

Conclusion: In treatment of distal metaphyseal and diaphyseal fractures of tibia MIPPO technique is a successful procedure with low complication rates.

Key words: Distal tibia fracture; locked plates; MIPPO.

İletişim: Dr. Deniz Gülabi.
Caferağa Mah., Hacı Şükrü Sok., Hür Apt.,
No: 38/10 Kadıköy, 34710 İstanbul
Tel: 0216 - 675 07 00

Başvuru tarihi: 09.10.2013
Kabul tarihi: 04.12.2013
Online baskı: 17.03.2014
e-posta: dgulabi@yahoo.com



Giriş

Distal tibia kırıkları sık görülen alt ekstremitte travmalardan biridir. Enfeksiyon ve kaynamama en sık gözlenen komplikasyonlarıdır.^[1] Distal tibia kırıklarının tedavisinde kapalı redüksiyon-sirküler alçı, plak-vida ile osteosentez, intramedüller (İM) çivi uygulaması, eksternal fiksatör, minimal invaziv perkütan plakla osteosentez (MİPPO) gibi çok çeşitli yöntemler bildirilmiştir.^[2-6] MİPPO tekniği kırık hattı açılmadan, dolaylı yerleştirmeyi takiben biyolojik tespit kurallarına dayanan bir osteosentez seçeneğidir.^[7]

Bu çalışmada, distal tibia metafizer ve diyafizer bölge kırıklarında plakla biyolojik tespitinin radyolojik ve klinik değerlendirmesi yapıldı.

Hastalar ve Yöntem

Hastanemiz Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği'nde, Ağustos 2009-Kasım 2011 tarihleri arasında distal tibia kırığı nedeniyle ameliyat edilen 42 hastadan, düzenli takipleri olan ve çalışmaya katılma ölçütlerine uyan 30 hastanın 30 tibia kırığı çalışmaya alındı. Olgunun çalışmaya katılma ölçütleri distal tibia metafiz veya diyafiz kırığı olması, patolojik kırık olmaması, düzenli takiplerinin olması, minimal invaziv biyolojik plaklama yapılmış olması, pilona uzanan kırık varsa bunun kaymamış veya az kaymış olması idi.

Açık kırığı olan hastalara müracaat anında acil şartlarda debridman, irrigasyon ve ikili antibiyoterapi (Sefalosporin 3x1 gr, Gentamisin 1x160 mg) uygulandı. Enfeksiyon komitesinin önerisiyle Gentamisin tedavisi iki gün, Sefalosporin tedavisi ise beş gün sürdürüldü. Müracaat anındaki aşırı yumuşak doku hasarı nedeniyle ilk aşamada MİPPO uygulanamayan olgulara kalkaneustan 3 mm'lik Kirschner (K) teli ile iskelet traksiyonu uygulanarak cerrahi girişimleri yumuşak doku hasarı düzelene dek ertelendi.

Tüm hastalar ışın geçiren masada, sırt üstü pozisyonda yatarılarak ameliyat edildi. Ameliyattan yaklaşık 30 da-

kika önce 1 gr iv sefazolin ile enfeksiyon profilaksisi uygulandı. Kırık skopi kontrolünde dolaylı olarak redükte edildi. Traksiyon veya rotasyonla redüksiyonda zorlanılan olgularda Weber klempleri kullanılarak redüksiyon işlemi gerçekleştirildi. Tibia distalinde, medial maleolün üzerinden yapılan 3 cm'lik uzunlamasına kesi ile cilt geçildi. Yapılan künt diseksiyon ile cilt altı dokusu ve tibianın periostu arasından medial uyumlu 3.5 mm LCP medial distal tibia plağı kılavuzu ile beraber ilerletildi. Skopi kontrolü ile plağın sagittal planda tibianın orta hattında ve tibiaya paralel olması sağlandı. Plak üzerinde var olan kılavuz delikler kullanılarak, distal kesi hattından ve proksimalde yapılan mini kesiden kemiğe K telleri ile tutturuldu. Yeterli sayıda vida ile plak kemiğe tespit edildi. Perren'in önerdiği metodlarla dizilim kontrol edildi. Skopi kontrolünde dizilimin uygun olduğu görüldükten sonra işlem sonlandırıldı.^[10]

Antibiyoterapi bir gün devam ettirildi. Tüm hastalara dikişlerin alınmasına dek 15 gün diz altı alçı atel uygulandı. Hastalar çift koltuk değneği ile yük verilmeden mobilize edildi. Tüm hastalara komşu ayak bileği ve diz eklemine yönelik pasif ve aktif rezistif fizik tedavi başlandı. Hastalar ikinci, altıncı, onuncu haftalarda ve sonrasında altı haftada bir poliklinik kontrolüne çağrılarak taburcu edildi. Radyolojik ve klinik kaynama saptandıktan sonra tam yük ile basmaya izin verildi (Şekil 1a-f).

Herhangi bir düzlemde beş dereceden fazla açılma ya da 5 mm'den fazla translasyon ya da kısalık kötü kaynama olarak adlandırıldı. 20-26 hafta içinde radyolojik olarak iyileşme bulgusunun olmaması kaynama gecikmesi,^[8] dokuz aylık süreçte radyolojik olarak kaynama bulgusu olmaması da kaynamama olarak değerlendirildi.^[9]

Bulgular

Hastaların ortalama yaşı 39.1 (18-62) olup, 20'si (%66.6) erkek, 10'u (%33.3) kadın idi. Olguların kırık tipleri AO sınıflamasına göre 15'i A1, 9'u A2, 5'i A3 ve 1'i C1 idi (Tablo 1). Olguların 4'ü tip 1, 1'i tip 3 açık kırık idi. Has-

Tablo 1. Çalışmadaki hastaların demografik bilgileri

Ortalama yaş	Sayı	Cinsiyet	Taraf	Oluş mekanizması	Kırık tipi (AO)
39.1	19	Erkek	20 Sağ	15 yüksek enerji	15 A1
(18-62)	11	Kadın	10 Sol	15 düşük enerji	9 A2 5 A3 1 C1

caların ilk başvurusundan ameliyata kadar geçen süre ortalama 5.95 (1-18) gün idi.

Hastaların yapılan takiplerinde, iki olguda (%6.6) enfeksiyon gözlemlendi. Bu olgulardan biri Gustilo-Anderson (G-A) tip 3 açık ve AO A3 tipi kırık idi. Enfekte psödoartroz gelişen bu olguda İlizarov segment rezeksiyonu ve bifokal uzatma-kaydırma yöntemi uygulanarak 60 haftada kaynama sağlandı (Şekil 2a-e). Diğer olgu AO A2 tipi kırık olup, gelişen yüzeysel enfeksiyon yara bakımı ve pansumanla iyileşti.

Üç (%10) hastada dizilim kusuru, kötü kaynama saptandı. Bu olgulardan biri AO A3 tipi kırık olup, 10 derece öne açılanması ve ayrıca kaynama gecikmesi vardı. Dokuzuncu ayda kaynama gecikmesi tanısıyla oymalı İM çivi (Trigen, Smith-Nephew, Memphis, TN, USA) uygulandı, dördüncü ayda kaynama sağlandı. G-A tip 1 ve AO A3 tipi kırığı olan bir hastada 10 derece rekurvatum ve kaynamama saptandı, bu hasta önerilen ek

cerrahi girişimi reddetti ve takipten çıktı. Üçüncü G-A tip 1 açık AO A1 tipi kırıklı olguda ise 5 derece rekurvatum gözlemlendi.

Olguların %60'ında çeşitli seviyelerde fibula kırığı vardı. Ancak fibula kırığı ayak bileği instabilitesine neden olan sadece üç hastanın fibulasına açık redüksiyon ve cerrahi tespit uygulandı.

Ek cerrahi işlem gerektirmeyen olguların ortalama kaynama süresi 16.6 (8-20) hafta idi. Kaynama gecikmesi iki olguda gözlemlendi. Bunlardan birine ilk ameliyattan sonra beşinci ayda PRP (Plazmadan zenginleştirilmiş protein) uygulaması yapıldı ve sekizinci ayda kaynama sağlandı. Kaynama gecikmesi olan diğer hastaya ise İM oymalı çivi uygulandı, 13. ayda kaynama sağlandı.

Kaynamama iki olguda gözlemlendi. Kaynamama saptanan olgulardan biri enfekte psödoartroz olup, İlizarov segment rezeksiyonu ve bifokal uzatma kaydırma yöntemi ile tedavi edilerek 60 haftada kaynama sağ-



Şekil 1. Otuz dokuz yaşında kadın hasta, AO A3, sağ distal tibia kırığı. (a) AP görüntüsü, (b) lateral görüntüsü. (c) Ameliyat sonrası AP görüntüsü, (d) lateral görüntüsü, (e) 21. hafta kaynamış AP görüntüsü ve (f) 21. hafta kaynamış lateral görüntüsü.



Şekil 2. Yirmi beş yaşında erkek hasta, AO A3, G-A tip 3 distal tibia fx ameliyat öncesi (a) AP görüntüsü, (b) lateral görüntüsü. Ameliyat sonrası (c) AP görüntüsü, (d) lateral görüntüleri. (e) Ameliyattan sonra 12. hafta enfekte psödoartrozun rezeksiyonu ve antibiyotikli boncuk konulması sonrası AP görüntüsü, (f) yine 12. hafta enfekte psödoartrozun rezeksiyonu ve antibiyotikli boncuk konulması sonrası Lat görüntüsü. (g) Ameliyat sonrası 60. haftada kaynamış AP ve (h) kaynamış Lat görüntüsü.

landı. Diğer kaynamama olgusu ise önerilen cerrahi girişimi red edip takipten çıktı. Bir olguya da cilt lezyonu nedeniyle sural flep uygulandı.

Hastaların ortalama takip süresi 15.3 (8-32) ay olup, son kontrollerinde ortalama AOFAS (Amerikan Ortopedik Ayak ve Ayak Bileği Derneği) skoru 84 (60-92) idi.

Tartışma

Distal tibia kırıklarının tedavisinde kapalı redüksiyon-sirküler açılama, açık redüksiyon-internal fiksasyon, tek taraflı eksternal fiksasyon, sirküler eksternal fiksasyon, İM oymalı ya da oymasız çivileme, MİPPO ile biyolojik fiksasyon gibi çok çeşitli tedavi yöntemleri tarif edilmiştir.^[2-6] Tüm bu tedavi yöntemlerinde yetersiz dizilim, kötü kaynama, gecikmiş kaynama, kaynamama, enfeksiyon gibi çeşitli komplikasyonlar birçok yayında farklı oranlarda bildirilmiştir.^[2,11,12]

Distal tibia kırıklarında cerrahi tedavi sonrası %0-50 arası enfeksiyon oranları bildirilmiş olup, bu oran MİPPO yapılanlarda daha düşüktür.^[11,13,14] Bizim çalışmamızda iki (%6.6) hastada enfeksiyon görüldü. MİPPO uygulanan hastalarda enfeksiyonun düşük olması, cerrahi teknik olarak daha az yumuşak doku diseksiyonu ile yapılabilmesi ve böylece çevre dokuların kan dolaşımını bozmamasına bağlanmıştır.^[15] Hastalardan biri G-A tip 3 kırık idi. Bu hastada enfekte psödoartroz gelişti. Hastaya plak çıkarılması ve antibiyotikli boncuk uygulaması sonrası, İlizarov eksternal fiksatorü ile bifokal yöntemle kaynamama tedavisi ve uzatma yapıldı. Diğer hastada ise yüzeysel enfeksiyon gelişti ve yara bakımı ile tam iyileşme sağlandı. Açık kırığı olan beş (%20) hastadan sadece birinde (%20) enfeksiyon gelişti. Bu hastada G-A tip 3 açık kırık olmasının yanı sıra ayrıca sigara kullanıcısıydı. Sigaranın da enfeksiyona zemin hazırlayan faktörlerden biri olduğu bilinmektedir.

Tablo 2. Çalışmamızın dizilim kusuru açısından literatürle kıyaslanması

Çalışma grubu	Malunion oranı (%)	Olgu sayısı
Vallier ve ark. ^[11]	5.4	37
Vallier ve ark. ^[15]	12.9	85
Collinge ve ark. ^[3]	7	26
Guo ve ark. ^[18]	9	41
Collinge ve Protzman ^[6]	3	38
Bizim çalışmamız	10	30

Tablo 3. Çalışmamızın kaynama süresi açısından literatürle kıyaslanması

Çalışma grubu	Kaynama süresi (Hafta)	Olgu sayısı
Akseki ve ark. ^[2]	15.6	35
Vallier ve ark. ^[11]	18.8	37
Collinge ve ark. ^[4]	35	26
Collinge ve ark. ^[6]	21	38
Guo ve ark. ^[18]	17.6	41
Bizim çalışmamız	18.4	30

Tablo 4. Çalışmamızın kaynama süresi açısından literatürle kıyaslanması

Çalışma grubu	AOFAS Skoru	Olgu sayısı	Takip süresi (Ay)
Guo ve ark. ^[18]	83.9	41	12
Collinge ve Protzman ^[6]	85	38	32
Collinge ve ark. ^[4]	83	26	37
Ortalama	84 (83-85)	35 (26-41)	27 (12-37)
Bizim çalışmamız	84 (60-92)	30	15.3

Distal tibia kırıklarının diziliminin çivi ile kontrolü oldukça zordur. %5-58 oranında kötü dizilim bildirilmiştir.^[6,11] Collinge ve ark. çalışmalarında %3 oranında kötü dizilim bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda üç (%10) hastada dizilim kusuru tespit edildi. Dizilim kusuru olan hastaların takip röntgenleri ve klinik notları geriye dönük olarak incelendiğinde, bu hastaların dizilim kusurunun ameliyat sırasındaki teknik hatalardan kaynaklandığını gözlemledik. Hastalardan biri AO A3 kırık olup, 10 derece öne açılma malunionu saptandı. Bu hastada ayrıca kaynama gecikmesi de vardı ve dokuzuncu ayda oymalı İM çivi (Trigen, Smith-Nephew, Memphis, TN, USA) uygulanarak dört ayda ek cerrahi gerektirmeden kaynama sağlandı. Diğer hasta

ise G-A tip 1 ve AO A3 kırık olup, 10 derece rekurvatum ve kaynamama saptandı. Bu hasta ek cerrahi girişimi reddettiğinden takipten çıktı. Üçüncü hasta ise AO A1, G-A tip 1 açık kırık olup 5 derece varus ve 10 derece rekurvatum deformitesi oluştu. Malunion saptanan hastalarda ameliyat sonrası erken dönemde dizilim kusuru olduğu ve bunun daha sonra gelişmediğini gözlemledik. Bundan dolayı ameliyat sırasında dizilimin sağlanması ve Perren'in^[10] önerdiği yöntemlerle bunun muhafazası dizilim kusurunun önlenmesinde anahtar rol oynar.^[6,11] Biz de kendi çalışmamızda dolayı yerine yerleştirmede Weber klemleri kullandık. Literatürle çalışmamızın malunionun açısından karşılaştırılması Tablo 2'de özetlenmiştir. Çalışmamızdaki ma-

Union oranı literatürle paralellik göstermektedir.

Çalışmamızdaki olguların %60'ında çeşitli seviyelerde fibula kırığı tespit edildi. Her ne kadar fibula kırığının açık anatomik redüksiyonu tibianın redüksiyonuna yardımcı olsa da, tibiada da kırık üzerindeki stresi azalttığından kaynama gecikmesi ya da kaynamama riskini artırabilir.^[16-18] Bundan dolayı fibula kırığı olan olgulardan ayak bileği instabilitesi olan sadece üçünde fibulaya açık redüksiyon ve internal tespit yapıldı. Bu hastaların kaynama süresi de ortalama kaynama süresine yakındı.

Literatüre bakıldığı zaman MİPPO tekniği kullanılarak yapılan distal tibia kırık ameliyatlarında ortalama kaynama süresi 21.6 (15.6-35) hafta idi. Bizim çalışmamızda ise ek cerrahi işlem gerektirmeyen olgularda kaynama ortalama 16.6 (8-20) haftada gerçekleşti (Tablo 3).

İki (%6.6) hastada kaynama gecikmesi gerçekleşti. Bu hastaların kırıkları G-A tip 1, AO A3 idi. Distal tibia kırıklarının MİPPO tekniği ile tespiti sonrası %2-20 hastada kaynama gecikmesi için ek cerrahi işlem uygulanır.^[14,19] Açık kırıklarda plakla biyolojik fiksasyon sonrası kaynama gecikmesi ve kaynamama oranının daha yüksek olduğu bildirilmiştir.^[6,15,20,21] Bizim çalışmamızda da kaynama gecikmesi ve kaynamama gözlenen olguların dördü (%13.3) de açık kırık idi. Açık kırıkların yüksek enerjili travma sonucu oluşmuş ve sıklıkla parçalı kırık olmaları ve kırık hematomunun korunmamış olmasının kaynama gecikmesi ve kaynamama da etkisi olduğunu düşünmekteyiz. MİPPO yöntemi ise kırık hematomunun korunarak kemiğin yerine yerleştirilmesi prensibine dayanan bir yöntemdir.

Distal tibia metafizer bölgesi ve diyafizin distalinin yumuşak doku örtümü zayıftır. Bu bölge kırıkları genellikle yüksek enerjili travmalar sonucu oluştuğundan, bu kırıklarda ciddi yumuşak doku hasarlanması ile birlikte kemikte parçalı kırıklar oluşur ve komplikasyon oranı yüksektir. Bu olgularda da kaynamanın sağlanması için %20-35 oranında ek cerrahi girişim gerekir.^[6] Bizim çalışmamızda da dört (%13.3) hastaya ek cerrahi işlem uygulandı. Bir olguya kaynama gecikmesi nedeniyle PRP uygulaması, bir olguya enfekte psödoartroz nedeniyle bifokal kompresyon-distraksiyon, bir olguya kaynama gecikmesi nedeniyle İM çivileme, diğer bir olguya da cilt lezyonu nedeniyle sural flep uygulandı. Kaynama gecikmesi ve kaynamama gelişen hastalar yüksek enerjili travma sonucu oluşan AO A3 tipi açık kırıklardı. Olgu sayımızın az olmasına rağmen, yüksek enerjili travma ile oluşmuş açık ve parçalı distal tibia

kırıklarında kaynamama ve kaynama gecikmesinin göz önünde bulundurulması ve bu hastaların yakın takip edilmesinin faydalı olacağı kanaatindeyiz.

Guo ve ark.^[18] %14.6 oranında tamamı geçikmiş yara iyileşmesi şeklinde yara sorunu bildirmişlerdir. Lau ve ark.^[22] MİPPO sonrası %15 oranında geç enfeksiyon bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda bir (%3.3) hastada medial malleol üzerinde cilt kaybı oluştu, bu hastaya sural flep uygulandı.

Hastaların ortalama AOFAS skoru 84 (60-92) olup, literatürdeki diğer çalışmalarda elde edilen AOFAS skorları ile kıyaslandığında benzer sonuçlar elde edilmiştir (Tablo 4).

Sonuç olarak, distal tibia metafiz ve diyafiz kırıklarının tedavisinde MİPPO tekniği başarılı bir yöntemdir. Bu teknikte yumuşak doku sorunları daha az gözlenir, kırığın dolaylı redüksiyonunu takiben medial uyumlu kilitli plakla tespiti kırık hematomunu koruyup, kemiğin kanlanmasını bozmadığından kaynamama sorunu nadir gözlenir. Bundan dolayı distal tibia kırıklarında MİPPO tekniğinin ilk tercihler arasında olması gerektiği kanaatindeyiz.

Çıkar Çatışması

Yazar(lar) çıkar çatışması olmadığını bildirmişlerdir.

Kaynaklar

1. Obrebskey WT, Medina M. Comparison of intramedullary nailing of distal third tibial shaft fractures: before and after traumatologists. *Orthopedics* 2004;27(11):1180-4.
2. Aksekili MA, Celik I, Arslan AK, Kalkan T, Uğurlu M. The results of minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) in distal and diaphyseal tibial fractures. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2012;46(3):161-7. [CrossRef](#)
3. Collinge C, Kuper M, Larson K, Protzman R. Minimally invasive plating of high-energy metaphyseal distal tibia fractures. *J Orthop Trauma* 2007;21(6):355-61. [CrossRef](#)
4. Hoenig 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(1):30-5. [CrossRef](#)
5. Ozsoy MH. Percutaneous plating of the distal tibia and fibula: risk of injury to the saphenous and superficial peroneal nerves. *J Orthop Trauma* 2011;25(9):e95. [CrossRef](#)
6. Collinge C, Protzman R. Outcomes of minimally invasive plate osteosynthesis for metaphyseal distal tibia fractures. *J Orthop Trauma* 2010;24(1):24-9. [CrossRef](#)
7. Field JR, Hearn TC, Caldwell CB. Bone plate fixation: an evaluation of interface contact area and force of the dy-

- dynamic compression plate (DCP) and the limited contact-dynamic compression plate (LC-DCP) applied to cadaveric bone. *J Orthop Trauma* 1997;11(5):368-73. [CrossRef](#)
8. Phieffer LS, Goulet JA. Delayed unions of the tibia. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88(1):206-16.
 9. Goulet JA, Templeman D. Delayed union and nonunion of tibial shaft fractures. *Instr Course Lect* 1997;46:281-91.
 10. 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(8):1093-110. [CrossRef](#)
 11. Vallier HA, Le TT, Bedi A. Radiographic and clinical comparisons of distal tibia shaft fractures (4 to 11 cm proximal to the plafond): plating versus intramedullary nailing. *J Orthop Trauma* 2008;22(5):307-11. [CrossRef](#)
 12. Nork SE, Schwartz AK, Agel J, Holt SK, Schrick JL, Winquist RA. Intramedullary nailing of distal metaphyseal tibial fractures. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87(6):1213-21. [CrossRef](#)
 13. Helfet DL, Shonnard PY, Levine D, Borrelli J Jr. Minimally invasive plate osteosynthesis of distal fractures of the tibia. *Injury* 1997;28 Suppl 1:A42-8. [CrossRef](#)
 14. Borg T, Larsson S, Lindsjö U. Percutaneous plating of distal tibial fractures. Preliminary results in 21 patients. *Injury* 2004;35(6):608-14. [CrossRef](#)
 15. Vallier HA, Cureton BA, Patterson BM. Randomized, prospective comparison of plate versus intramedullary nail fixation for distal tibia shaft fractures. *J Orthop Trauma* 2011;25(12):736-41. [CrossRef](#)
 16. Kai H, Yokoyama K, Shindo M, Itoman M. Problems of various fixation methods for open tibia fractures: experience in a Japanese level I trauma center. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)* 1998;27(9):631-6.
 17. Bahari S, Lenehan B, Khan H, McElwain JP. Minimally invasive percutaneous plate fixation of distal tibia fractures. *Acta Orthop Belg* 2007;73(5):635-40.
 18. Guo JJ, Tang N, Yang HL, Tang TS. A prospective, randomised trial comparing closed intramedullary nailing with percutaneous plating in the treatment of distal metaphyseal fractures of the tibia. *J Bone Joint Surg Br* 2010;92(7):984-8. [CrossRef](#)
 19. Pai V, Coulter G, Pai V. Minimally invasive plate fixation of the tibia. *Int Orthop* 2007;31(4):491-6. [CrossRef](#)
 20. Bhandari M, Guyatt GH, Swiontkowski MF, Schemitsch EH. Treatment of open fractures of the shaft of the tibia. *J Bone Joint Surg Br* 2001;83(1):62-8. [CrossRef](#)
 21. Whorton AM, Henley MB. The role of fixation of the fibula in open fractures of the tibial shaft with fractures of the ipsilateral fibula: indications and outcomes. *Orthopedics* 1998;21(10):1101-5.
 22. Lau TW, Leung F, Chan CF, Chow SP. Wound complication of minimally invasive plate osteosynthesis in distal tibia fractures. *Int Orthop* 2008;32(5):697-703. [CrossRef](#)