



Minimal invaziv kırık tedavisi

Minimally invasive fracture treatment

Melih Bağır, Buğra Kundakçı

Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Balcı Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı, Adana

Küçük cilt insizyonları kullanarak yapılan ve yumuşak dokuların cerrahi travmasını sınırlayacak şekilde tasarlanmış kırık tespit yöntemleri minimal invaziv girişimler olarak adlandırılırken, bu tespitlerin plakla yapıldığı yöntemler minimal invaziv plak osteosentezi olarak adlandırılmaktadır. Tarihsel süreçte kemik tespit yöntemlerinde büyük değişim ve gelişim yaşanmıştır. Kemik iyileşmesi için primer-sekonder kaynama kavramları, kırık tespitindeyse mutlak-göreceli tespit kavramları tanımlanmıştır ve biyolojik tespit yöntemlerinin önemi anlaşılmıştır. Plakla yapılan minimal invaziv kırık tespitinde kırık hattı açılmadığı için kırık kemik bölgesinin kanlanması bozulmamakta, böylece enfeksiyon ve kaynamama gibi komplikasyonların azaltılması amaçlanmaktadır. Üst ve alt ekstremiteler için tanımlanmış minimal invaziv plak osteosentez yöntemleri bulunmaktadır. Özellikle humerus ve kalkaneus kırıkları olmak üzere, bu yöntemle başarılı sonuçlar bildiren çalışmalar bulunmaktadır. Başarılı minimal invaziv kırık cerrahisi için her kırığı kendi özelinde değerlendirmek gereklidir. Ayrıca basit kırık ve kompleks kırıklarda hangi tespit yöntemlerinin uygulanması gerektiğini ve dolayısıyla hangi tip kemik iyileşmesi olacağını bilmek, yumuşak dokuya saygı gösterirken redüksiyon ve temel kırık tespit prensiplerine azami özen göstermek gerekmektedir.

Anahtar sözcükler: minimal invaziv cerrahi; osteosentez; kırık iyileşmesi

Fracture fixation methods made using small skin incisions and designed to reduce surgical trauma of soft tissues are called minimally invasive fracture fixation, and methods where these fixations are made with plates, are called minimally invasive plate osteosynthesis. In the historical process, significant changes and developments have been experienced in bone fixation methods, primary-secondary union concepts for bone healing, absolute-relative fixation concepts in fracture fixation have been defined, and the importance of biological fixation methods has been understood. Since the fracture site is not opened in minimally invasive fracture fixation, the blood supply to the fracture is not impaired, thus reducing the complication rates such as infection and nonunion. There are minimally invasive plate osteosynthesis methods defined for the upper and lower extremities. There are studies reporting successful results, especially on the humerus and calcaneus. For successful minimally invasive fracture surgery, it is necessary to evaluate each fracture individually, to know which fixation methods should be applied in simple fractures and complex fractures and what type of bone healing will occur, and to pay maximum attention to reduction and basic fracture fixation principles while respecting soft tissue.

Key words: minimally invasive surgery; osteosynthesis; fracture healing

Arkeolojik kanıtlar, kırık tespitinin ilkel biçimlerinin neolitik çağdan itibaren kullanıldığını göstermektedir. Eski Yunanlar ve Romalılar, şaşırtıcı bir şekilde modern osteosentez yöntemine benzer şekilde aletler kullandılar.^[1] Terim olarak osteosentez ise ilk olarak 1907'de Lambotte ve ark. tarafından stabil kemik fiksasyonunu tanımlamak için kullanılmıştır.^[2] Rijit kırık tespitini ve dolayısıyla birincil kemik iyileşmesini sağlayabilen bir plak geliştiren ilk kişi Robert

Danis modern osteosentezin babası olarak kabul edilmektedir.^[3]

Bir grup İsviçreli ortopedist, 1958 yılında kırıklarda çağdaş tedavi prosedürlerini oluşturmak için *Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen* (AO) Vakfını kurdu.^[4] Mevcut plaklar AO tarafından 1969'da daha da geliştirildi ve şimdi dinamik kompresyon plağı (DCP) olarak bildiğimiz plak tasarlandı. Kırık bölgesinde kompresyona izin veren bu plağı uygulamak için

İletişim / Contact: Doç. Dr. Melih Bağır • E-posta / E-mail: melihbagir@yahoo.com

ORCID iD: Melih Bağır, 0000-0002-3761-8774 • Buğra Kundakçı, 0000-0002-8343-5506

Geliş / Received: 17 Mart 2023 • **Revizyon / Revised:** 23 Nisan 2023, 17 Mayıs 2023 • **Kabul / Accepted:** 19 Mayıs 2023

açık bir yaklaşım gerekmektedir.^[5] Diyafizel ve metafizel kırıklar için 1970'lerde AO Vakfının önerdiği geleneksel plak tespit prensipleri ve açık redüksiyon tekniği ile anatomik redüksiyonun elde edilmeye çalışılması çeşitli sorunlara neden olmuştur.^[6] Bu sorunlar, kırık parçalarının periosttan tamamen sıyrılması sonucunda kaynamama ve geç kaynama, geniş yumuşak doku disseksiyonu ve devaskularizasyona bağlı gelişen enfeksiyondur. Bu nedenle kırıklarının tedavisi için mevcut prensiplerin yeniden gözden geçirilmesi gerekmiştir.

Mast ve ark., 1990'da ilk olarak kırık bölgesine ve çevre yumuşak dokulara uygulanan cerrahi disseksiyonun azaltılmasını ve kapalı redüksiyon yöntemlerinin önemini vurguladılar. Fragmanların devaskularizasyonunu azaltarak kırık bütünlüğünü ve kan akışını korumaya çalıştılar; böylece olası gecikmiş kaynama, kaynamama ve enfeksiyon riskini azaltmayı amaçladılar.^[7]

Wenda ve ark. 1995'te, Krettek ve ark. ise 1997'de uzun kemiklerin diyafiz seviyesindeki kırıklarında daha az invaziv yaklaşımları ve kırığın mutlak stabilitesinden ziyade göreceli stabilitesini elde etme ihtiyacını vurgulayarak bu konudaki yaklaşımları bir adım daha ileri götürdüler.^[8,9] Ayrıca, femurun lateral tarafından bir plağı kas altı düzlemde kaydırarak kırık bölgesi ile minimal etkileşimin sağlanabileceği öne sürülerek, daha sonra minimal invaziv plak osteosentezi (MİPO) olarak kısaltılacak olan minimal invaziv perkütan plak osteosentezi (MİPPO) terimi ilk kez kullanılmış oldu. Son 60 yılda AO prensiplerinde ciddi değişiklikler olmuştur. Rijit internal tespitin aşağıdaki teorik ve pratik ilkelerini 1965'te ortaya koydular:^[10]

- Anatomik redüksiyon,
- Fragmanların rijit fiksasyonu,
- Kemik parçalarının kanlanması korunması.

Günümüze AO Vakfı tarafından önerilen tedavi ilkeleri ise şu şekilde yeniden düzenlenmiştir:^[11]

- Anatomik redüksiyon,
- Stabil internal fiksasyon,
- Kanlanmanın korunması,
- Kırığa komşu kasların ve eklemlerin erken ağrısız mobilizasyonu.

Minimal invaziv Osteosentez (MİO): Küçük cilt insizyonları kullanarak yapılan ve derin yumuşak dokuların cerrahi travmasını sınırlayacak şekilde tasarlanmış kırık fiksasyon yöntemidir. Perkütan Kirschner telleri ve kapalı intramedüller çivilemenin yanı sıra minimal invaziv plak osteosentezi de minimal invaziv yöntemlerdendir.

Minimal invaziv Plak Osteosentezi (MİPO): Kırık sahasını doğrudan cerrahi olarak açmadan, küçük cilt

insizyonlarıyla subkutan veya submusküler plak yerleştirilmesini içeren bir redüksiyon ve fiksasyon tasarımıdır.

PRİMER-SEKONDER KIRIK İYİLEŞMESİ ve MUTLAK-GÖRECELİ STABİLİTE KAVRAMLARI

İndirekt (sekonder) kırık iyileşmesi, kırık iyileşmesinin en yaygın şeklidir ve hem endokondral hem de intramembranöz kemik iyileşmesinden oluşur. Anatomik redüksiyon veya rijit stabil koşullar gerektirmez. Aksine, mikro hareket ve yük vermeyle kaynama desteklenir. Fakat çok fazla hareketin iyileşmede gecikmeye hatta kaynamamaya neden olduğu bilinmektedir. Kallus oluşumu ve kallusun indüklenmesi için yaklaşık %2-10 arasında optimal bir gerinim gerekmektedir. Göreceli stabilitenin kullanıldığı, alçıyla kırık tedavisi, intramedüller çivileme, eksternal fiksasyon veya parçalı kırıkların köprü plak tespiti gibi yöntemlerde kırık bölgesinde bir miktar hareket meydana gelir ve ikincil kaynama elde edilir.^[12,13]

Direkt (primer) iyileşme, kırık iyileşmesinin doğal sürecinde yaygın olarak gerçekleşmez. Bu, kırık uçlarının herhangi bir boşluk oluşturmadan anatomik redüksiyonunu ve stabil tespiti gerektirmesinden kaynaklanır. Parçalar arası gerinim %2'nin altına indiren mutlak stabilite koşulları, direkt kemik iyileşmesiyle sonuçlanmaktadır. Bu tür bir iyileşme genellikle açık redüksiyon ve plak tespitinden sonra ulaşılması gereken birincil hedeftir. Bu gereksinimler karşılandığında, lameller kemiğin, Havers kanallarının ve kan damarlarının doğrudan yeniden şekillenmesiyle, kallus oluşmaksızın intramembranöz kaynamayla doğrudan kemik iyileşmesi gerçekleşmektedir.^[12,13]

Mutlak ve göreceli stabilite kavramları ortopedik travma tedavisinde iyi bilinmektedir. Mutlak stabilite, fizyolojik yük altında kırık mikro hareketinin olmadığı anatomik redüksiyon ve parçalar arası kompresyon anlamına gelir. Göreceli stabilite, fizyolojik yük altında kırık fragmanların hareket kontrolüne ek olarak fonksiyonel redüksiyon (dizilim, rotasyon ve uzunluk) anlamına gelir. Kemik iyileşmesi kırığın stabilitesine göre farklılık gösterecektir.

Mutlak stabiliteyle tespitli kırık öncelikle kallus oluşmaksızın, göreceli stabiliteye sahip kırık ise kallus oluşumuyla iyileşir.^[13,14]

MİNİMAL İNVAZİV PLAK OSTEOSENTEZİ (MİPO)

Kemik fragmanların kanlanması korunması, dört temel AO ilkesinden biri olarak tanımlandı. Kanlanmanın korunmasına ek olarak osteojenik kırık hematoma kısmen korunması ve ameliyat sonrası yara komplikasyonlarının azalması MİPO tekniğinin diğer avantajları olarak kabul edilmiştir.^[15-17]

Minimal invaziv plak osteosentezi için ideal endikasyon oluşturan kırık tipleri:

- Intramedüller çiviyle tedavi edilemeyen metafiz/diyafiz kırıkları,
- Yumuşak doku örtüsünün hassas ve hasarlanmış olduğu kırıklar,
- Eklem açıklığıyla tespit edildiği metafizyel uzanımlı kompleks kırıklardır.^[18]

Ayrıca mevcut artroplasti implantlarının varlığı, açık büyüme plakları, hastada akciğer kontüzyonu, pulmoner emboli gibi medüller oymanın hayati riski arttıracığı durumlar MİPO'nun diğer endikasyonlarıdır. Ayrıntılı anatomi bilgisi ve iyi skopi görüntüleri, hassas cerrahi planlama için vazgeçilmez ön koşullardır. Yumuşak dokuya saygılı, nazik kırık redüksiyonu, MİPO planlamasının merkezinde yer alır. Ek iyatrojenik hasarı mümkün olduğunca düşük tutmak için planlama sırasında güvenli anatomik erişim koridorunun belirlenmesi ve özellikle damar-sinir paketleri olmak üzere anatomik tehlikelerin önceden tahmin edilmesi önemlidir.

Basit kırık tiplerinde, minimal invaziv plak osteosenteziyle tedavi edilen hastalarda anatomik (en azından kırık hatları komprese) bir redüksiyon için çaba gösterilmelidir. Basit kırıklar söz konusu olduğunda, anatomik olmayan redüksiyona bağlı kırık hatında rezidüel aralık kalması, kaynamada gecikme veya kaynamama riski oluşturur, bu da genellikle plak-vida kırılması ve implant başarısızlığıyla sonuçlanır. Onarım dokusunun hareketliliği ve stabilitesi arasındaki denge, basit diyafiz kırıklarının zamanında iyileşmesi için çok önemlidir. Perren'in gerinim teorisine göre, kırık fragmanları arasındaki hareket sabit tutulduğunda kaynama dokusu dar bir kırık aralığında geniş bir kırık aralığına göre çok daha fazla deforme olur (Şekil 1).^[12] Bu durum anatomik olarak redükte olamayan, basit oblik tibial diyafiz kırığı örneğinde, kaynamama ve implant başarısızlığına yol açabilir. Bu nedenle, MİPO tekniğiyle tedavi edilen basit metafiz/diyafiz kırıklarında mümkün olan en anatomik redüksiyonu elde etmek önemlidir.

^[12,19] Bu amaçla basit kırıklara perkütan kemik tutucular yardımıyla direkt redüksiyon yöntemleri kullanılmalıdır.

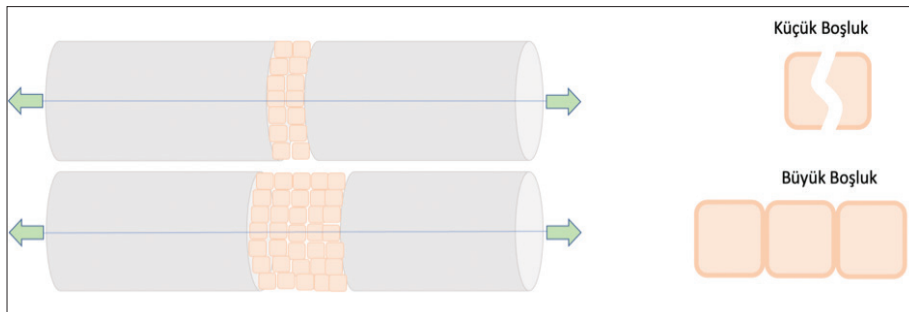
Basit kırıkların aksine, daha kompleks metafiz ve diyafiz kırıklarında redüksiyonun amacı doğru fonksiyonel dizilimin sağlanmasıdır. Minimal invaziv plak osteosentezi kırık tedavisinde cerrahın minimal invaziv yaklaşımı, esas olarak seçilen nazik redüksiyon tekniğiyle tanımlanır. Kırık bölgesi direkt olarak görüntülenemediğinden, iyi bir anatomi bilgisi ve uygun bir görüntü odaklı redüksiyon, başta olmak üzere dikkatli bir cerrahi planlama belirleyici öneme sahiptir.

Üst Ekstremitede MİPO Uygulamaları

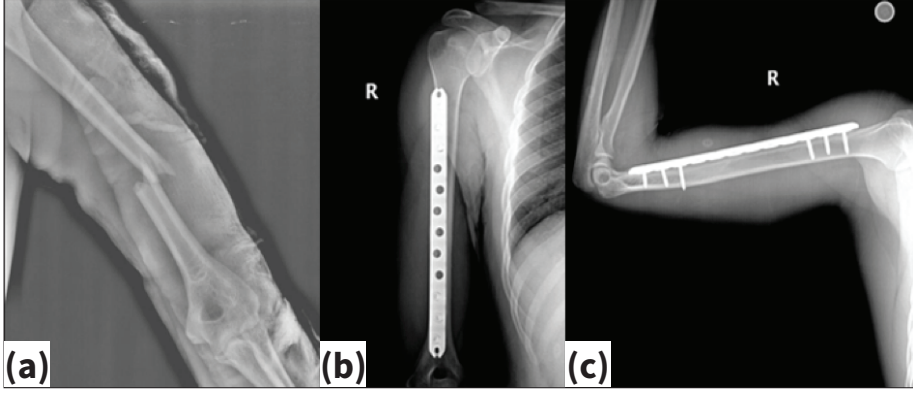
Üst ekstremitede çalışmalar daha çok humerus diyafizi üzerinde yoğunlaşsa da klavikula, proksimal humerus ve distal radius için tanımlanmış MİPO yöntemleri mevcuttur.

Klavikula kırıkları için minimal invaziv plaklamaya olan ilgi, konvansiyonel plak için bir alternatif olarak son zamanlarda artmıştır. Birçok hasta, klavikula açık redüksiyon ve plak uygulamaları sonrası ön göğüs duvarında uyuşmadan şikâyet etmektedir. Anatomik olarak, sternoklaviküler eklem 3 cm veya akromioklaviküler eklem 2 cm yakınında supraklaviküler sinirin hiçbir dalı bulunmaz ve MİPO bu güvenli aralıklardan girilerek yapılmaktadır.^[20] Klavikula kırıklarında minimal invaziv plak osteosentezinin kemik iyileşmesi veya majör komplikasyonlar açısından üstünlüğü bulunmasa ve teknik olarak daha zahmetli olsa da, açık plak uygulamalarına kıyasla daha az skar oluşumu ve önemli ölçüde azalmış göğüs duvarı ağrısı bildirilmiştir.^[21]

Kadavra çalışmaları, genel olarak MİPO tekniklerinin açık redüksiyon ve plak uygulamalarına kıyasla lokal kanlanmayı daha az etkilediğini göstermektedir.^[22] Buna karşı proksimal humerus kırığı olan hastalarda bu durum daha kısa sürede kaynama anlamına gelmemektedir. Yeni bir randomize klinik çalış-



Şekil 1. Kırık boşluğu genişliğine göre kallusun gerinmesi: Farklı kırık aralığı genişliklerine sahip ancak sabit hareketlilikte olduğu bir kırık modelinde farklı doku gerinimi gerçekleşir. Kırık hareketi ile geniş kırık aralığında hücre başına gerinim düşüktür, küçük kırık aralığında kallus dokusu içindeki hücre başına gerinim artar.



Şekil 2.a-c. Humerus diyafiz transvers kırığı (a). Minimal invaziv plak osteosentezi ile kırık hattında redüksiyon sağlanarak primer kemik iyileşmesi sağlanabilmiş; Ön-arka (b) ve yan (c) grafiler.

mada MİPO için ortalama kaynama süresi 23 hafta, açık plaklama için 21 hafta olarak bulunmuştur.^[23] Başka bir meta-analizde ise kaynama süresi açısından MİPO lehine bir fark olduğu bildirilmiştir.^[24] Sonuç olarak, proksimal humerus kırıkları her iki grupta da çok iyi iyileşmekte olup kaynamama nadiren görülmektedir. Radyolojik ve fonksiyonel sonuçlar, aksiller sinir hasarı oluşumu, enfeksiyon ve diğer komplikasyonlar açısından MİPO ve açık plaklama eşit görünmektedir. Proksimal humerus kırıklarında MİPO'nun avantajı esas olarak daha kısa operasyon süresi ve daha düşük kan kaybıdır.^[23,24]

Proksimal humerusun aksine, MİPO ile tedavi edilen humerus diyafiz kırıklarının kaynamama riski açık redüksiyon ve plaklamayla tedavi edilenlere göre daha düşüktür (Şekil 2).^[25] Nörovasküler yapıların humerusa yakınlığı bu bölgede MİPO'nun uygunluğu konusunda endişeler yaratmıştır. Fakat MİPO açık redüksiyonla plak uygulamalarına kıyasla ameliyat sonrası radial sinir felci riski açısından da daha güvenlidir.^[25] Kadavra çalışmalarında radial sinirle anterior yerleşimli plağın en yakın mesafesinin ortalama 3,2 mm olduğu, özellikle supinasyon pozisyonunda güvenle plak yerleştirilebileceği belirtilmiştir (Şekil 3).^[26] Antegrad intramedüller çivi uygulamalarında rotator manşet hasarına bağlı oluşan omuz ağrısının olmaması MİPO'nun bir avantajı olarak gösterilmektedir.^[27,28] Minimal invaziv plak osteosentezi tekniğinin genel



Şekil 3. Humerus diyafiz kırığında anterior plaklama için minimal invaziv yaklaşım kesileri.

dezavantajlarından biri olan ve alt ekstremitelerde için sorun teşkil eden dizilim problemi, özellikle koronal plan deformitelerini fonksiyonel ve kozmetik olarak iyi tolere edebilmesinden dolayı humerus için aynı oranda sorun oluşturmamaktadır. Minimal invaziv plak osteosentezinin humerus diyafiz kırıkları için ana dezavantajı ise kapalı redüksiyon sırasında daha yüksek radyasyona maruz kalınmasıdır.^[29]

Distal radius kırıklarının cerrahi tedavisi için mevcut altın standart, açık plak tespiti olmaya devam etmektedir. Birkaç yazar MİPO tekniklerini tanımlamıştır.^[30,31] Geleneksel plak uygulamaları sırasında pronator kuadratus kemikten sıyrılmakta ve teorik olarak metafize giden kan akışı azalmakta, pronasyon gücünde bir kayıp olmakta ve fleksör pollicis longusun sekonder iyatrojenik rüptürü riskinde artış ortaya çıkmaktadır. Fakat bu teoriyi destekleyecek kanıt bulunmamaktadır. Radyolojik ve fonksiyonel sonuçlarda fark bulunmama birlikte minimal invaziv plaklamayla tedavi edilen hastalarda daha küçük yara izleri açısından hasta memnuniyeti daha fazla olmaktadır.^[32]

Alt Ekstremitelerde MİPO Uygulamaları

Alt ekstremitelerde için minimal invaziv plaklama distal femur, proksimal ve distal tibia, distal fibula ve kalkaneus için tanımlanmıştır.^[3,29,33,34]

Minimal invaziv plak osteosenteziyle ilgili ilk yayınlar ağırlıklı olarak distal femur kırıkları çevresinde yoğunlaşmıştır. Humerusta olduğu gibi kadavra çalışmaları minimal invaziv perkütan plaklama tekniğinin femoral kan akışını geleneksel açık yöntemden daha az bozduğunu göstermiştir.^[35]

Krettek ve ark., daha önceki implant tasarımlarına transartiküler bir yaklaşım ve retrograd plak osteosentezi kullanarak ortalama 12 haftalık bir kayna-

ma süresinin elde edilebileceğini gösteren ilk kişiler arasındaydı.^[9] Fakat varus çökmelerinin meydana gelmesi nedeniyle açılabilir olarak daha kararlı cihazlara ihtiyaç duyulmaya başlandı. Minimal invaziv teknikler ve implantların gelişmesiyle LISS (*less invasive stabilization system*) plaklar distal femur kırıklarının minimal invaziv plak tespiti için en kapsamlı şekilde çalışılan yöntemler arasına girdi. Biyomekanik çalışmalar, femur distal tespit kapasitelerinin açılı kamalı plaklarından ve intramedüller çivilerden çok daha güçlü olduğunu göstermiştir.^[36] Teorik olarak bu, varus çökmesi ve redüksiyon kaybı riskini azaltmalıdır. Bununla birlikte 21 vaka serisinin sistematik bir incelemesinde; %19 redüksiyon kaybı, %6 kaynamama ve %5 implant yetmezliği insidansı bulunmuştur.^[37] Başka bir çalışmada %45'e ulaşan malrotasyon (>10°) bildirilmiştir.^[38] Açık redüksiyondan MİPO'ya doğru bir eğilim olduğu açıktır fakat iki yöntem arasında saptanabilir istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır. Distal femur kırıkları için MİPO'nun yanlış kaynama ve redüksiyon kaybı açısından dezavantajlı görüldüğü belirtilmekte ancak bunun kısmen kusurlu, karşılaştırmalı olmayan, düşük kanıt düzeyinde çalışmalara bağlı olduğu da kabul edilmelidir.^[3]

Kilitli vidalar ve LISS plakların kullanılmaya başlanmasıyla, proksimal tibia kırıklarının perkütan tespiti umut verici bir MİPO tekniği olarak ortaya çıkmıştır. Sırasıyla 54 ve 49 hastadaki sonuçları açıklayan iki vaka serisinde sırasıyla; %96 ve %94'ünde stabil fiksasyon, %4 ve %3'ünde kaynamama, %4 ile %8 arasında enfeksiyon ve

en yaygınları prokurvatum ve valgus olmak üzere %13 ve %20 oranında yanlış kaynama bildirmiştir.^[39,40] Mevcut veriler doğrultusunda distal tibia kırıkları için MİPO'nun klinik sonuçları tartışmalıdır. Minimal invaziv plaklamayı açık redüksiyon plak tespitiyle karşılaştıran bir çalışmada sadece tip C kırıkları için daha erken kaynama saptanmış, bunların dışında kaynamama, kötü kaynama, yeniden cerrahi gereksinimi, kan kaybı ve fonksiyonel sonuçlar açısından hiçbir anlamlı fark olmadığı belirtilmiştir (Şekil 4).^[41] Bununla birlikte, yakın tarihli bir meta-analizde MİPO daha uzun radyasyona maruz kalma ve potansiyel olarak daha uzun operasyon süresiyle ilişkilendirilmiştir.^[42] Her iki yöntem arasında büyük bir fark olmamakla birlikte tibia için biyolojik tespit özelliği parçalı kırıklarda avantajlı olduğu fakat daha fazla radyasyon maruziyetiyle ilişkili olduğu görülmektedir.

Distal fibula kırıkları geleneksel olarak açık bir yaklaşımla tedavi edilmektedir. Kronik komorbiditeleri olan hastalarda yüksek enfeksiyon riski, bu kırıklar için minimal invaziv plak tespiti uygulamasına olan ilgiyi arttırmaktadır. Distal tibianın aksine MİPO açık redüksiyon ile plak uygulamasına kıyasla daha düşük bir genel komplikasyon gösterdiği belirtilmiştir.^[33,43]

Yumuşak dokusu en hassas olan kemiklerden biri kalkaneustur. Kalkaneus kırıklarının tespiti için açık yöntemler yara iyileşme problemleriyle sonuçlanabilmektedir. Yumuşak doku problemleriyle uğraşmak istemeyen cerrahlar sinüs tarsi yaklaşımı gibi minimal invaziv yaklaşımlar geliştirdiler. Minimal invaziv prosedürlerin



Şekil 4.a-d. Distal tibia diyafiz spiral kırığı, minimal invaziv yöntemle tedavi edilmiş; ön-arka (a) ve yan (b) grafipler. Yetersiz redüksiyon ile köprü plak yapılması sonrası altıncı ayda yetersiz kaynama izleniyor; ön-arka (c) ve yan (d) grafipler.

karşıtları, bu yöntemle kırık bölgesinin yeteri kadar ortaya konmadığı ve bununla birlikte anatomik redüksiyon sağlanmadığını savundular. Yakın tarihli bir meta-analiz bu argümanı büyük ölçüde geçersiz kıldı.^[34] Sonuçları, Gissane ve Bohler açısı, kalkaneal genişlik, uzunluk veya yükseklik açısından anatomik redüksiyonda açık veya minimal invaziv yaklaşım (sinüs tarsi, perkütan vida tespiti) arasında fark olmadığını ortaya koydu. Ayrıca genel yara komplikasyonları (%20'ye karşı %8), yüzeysel enfeksiyon (%9'a karşı %3), sural sinir yaralanması (%7'ye karşı %1) ve operasyon süresi (103 dakikaya karşı 74 dakika) açısından MİPO lehine istatistiksel olarak anlamlı bir fark bildirilmiştir. Ayrıca ameliyat sonrası ağrı ve ayak-ayak bileği fonksiyonları açısından da MİPO yöntemi daha iyi bulunmuştur.^[34]

Minimal invaziv plak osteosentezi yaklaşımı, son 30 yılda, özellikle intramedüller çivilemenin mümkün olmadığı karmaşık uzun kemik kırıklarında, cerrahi kırık tedavisi seçeneğini zenginleştiren yerleşik, güvenli ve tekrarlanabilir bir tekniğe dönüşmüştür. Kanıtlar MİPO için en büyük başarının humerus shaftı ve kalkaneus kırıkları için olduğunu göstermektedir. Fakat ortopedik travmada, minimal invaziv cerrahi tekniklerin endikasyon yelpazesinin genişlemesi ve desteklemesi için daha fazla klinik veriye ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

- Clark WA. History of fracture treatment up to the sixteenth century. *J Bone Joint Surg Am* 1937;19:47-63.
- Lambotte A. The Classic. Contribution to conservative surgery of the injured hand. By Dr. A. Lambotte. 1928. *Clin Orthop Relat Res* 1987;(214):4-6. [Crossref](#)
- van de Wall BJM, Beeres FJP, Knobe M, Link BC, Babst R. Minimally invasive plate osteosynthesis: An update of practise. *Injury* 2021;52(1):37-42. [Crossref](#)
- Matter P. History of the AO and its global effect on operative fracture treatment. *Clin Orthop Relat Res* 1998;(347):11-8. [Crossref](#)
- Allgöwer M, Ehsam R, Ganz R, Matter P, Perren SM. Clinical experience with a new compression plate "DCP". *Acta Orthop Scand Suppl* 1969;125:45-61.
- Tscherne H, Trentz O. Technique of internal fixation and results in comminuted and multifragment fractures of the femoral shaft (collective study by the German Section of the AO-International). *Unfallheilkunde* 1977;80(5):221-30.
- Mast J, Jakob R, Ganz R, Spiegel P. Planning and reduction technique in fracture surgery. *J Orthop Trauma* 1990;4(1):106. [Crossref](#)
- Wenda K, Runkel M, Rudig L. Die "durchgeschobene" Kondylenplatte. *Unfallchirurgie* 1995;21(2):77-82. [Crossref](#)
- Krettek C, Schandelmaier P, Mclau T, Bertram R, Holmes W, Tscherne H. Transarticular joint reconstruction and indirect plate osteosynthesis for complex distal supracondylar femoral fractures. *Injury* 1997;28(Suppl 1):31-41. [Crossref](#)
- Bonnin JG. Technique of internal fixation of fractures. *Br Med J* 1965;2(5460):529. [Crossref](#)
- Goleman D, Boyatzis R, Mckee A. Manual of internal fixation: Techniques recommended by the AO-ASIF group. *J Chem Inf Model* 2019;53(9):1689-99.
- 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](#)
- Marsell R, Einhorn TA. The biology of fracture healing. *Injury* 2011;42(6):551-5. [Crossref](#)
- Perren SM. The biomechanics and biology of internal fixation using plates and nails. *Orthopedics* 1989;12(1):21-34. [Crossref](#)
- Farouk O, Krettek C, Mclau T, Schandelmaier P, Guy P, Tscherne H. Minimally invasive plate osteosynthesis and vascularity: Preliminary results of a cadaver injection study. *Injury* 1997;28(Suppl 1):7-12. [Crossref](#)
- Frigg R. Locking Compression Plate (LCP). An osteosynthesis plate based on the dynamic compression plate and the Point Contact Fixator (PC-Fix). *Injury* 2001;32(Suppl 2):63-6. [Crossref](#)
- Gautier E, Sommer C. Guidelines for the clinical application of the LCP. *Injury* 2003;34(Suppl 2):63-76. [Crossref](#)
- Müller TS, Sommer C. Repositionstechniken bei minimalinvasiven plattenosteosynthesen. *Unfallchirurg* 2019;122(2):103-9. [Crossref](#)
- Perren SM. "Optimierung der Stabilität flexibler Osteosynthesen mit Hilfe der Dehnungstheorie." *Orthopade* 2010;39:132-8. [Crossref](#)
- Nathe T, Tseng S, Yoo B. The anatomy of the supraclavicular nerve during surgical approach to the clavicular shaft. *Clin Orthop Relat Res* 2011;469(3):890-4. [Crossref](#)
- Zhao E, Zhang R, Wu D, Guo Y, Liu Q. Comparison between minimally invasive plate osteosynthesis and conventional open plating for midshaft clavicle fractures: A systematic review and meta-analysis. *Biomed Res Int* 2019;2019:7081032. [Crossref](#)
- Xue Z, Jiang C, Hu C, Qin H, Ding H, An Z. Effects of different surgical techniques on mid-distal humeral shaft vascularity: Open reduction and internal fixation versus minimally invasive plate osteosynthesis. *BMC Musculoskelet Disord* 2016;17(1):370. [Crossref](#)
- Sohn HS, Jeon YS, Lee J, Shin SJ. Clinical comparison between open plating and minimally invasive plate osteosynthesis for displaced proximal humeral fractures: A prospective randomized controlled trial. *Injury* 2017;48(6):1175-82. [Crossref](#)

24. Zhao W, Zhang Y, Johansson D, Chen X, Zheng F, Li L. Comparison of minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis and open reduction internal fixation on proximal humeral fracture in elder patients: A systematic review and meta-analysis. *Biomed Res Int* 2017;2017:3431609. [Crossref](#)
25. Beeres FJ, Diwersi N, Houwert MR, Link BC, Heng M, Knobe M, et al. ORIF versus MIPO for humeral shaft fractures: A meta-analysis and systematic review of randomized clinical trials and observational studies. *Injury* 2021;52(4):653-63. [Crossref](#)
26. Apivatthakakul T, Arpornchayanon O, Bavornratanavech S. Minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) of the humeral shaft fracture. Is it possible? A cadaveric study and preliminary report. *Injury* 2005;36(4):530-8. [Crossref](#)
27. Ouyang H, Xiong J, Xiang P, Cui Z, Chen L, Yu B. Plate versus intramedullary nail fixation in the treatment of humeral shaft fractures: An updated meta-analysis. *J Shoulder Elbow Surg* 2013;22(3):387-95. [Crossref](#)
28. Bhandari M, Devereaux PJ, McKee MD, Schemitsch EH. Compression plating versus intramedullary nailing of humeral shaft fractures-a meta-analysis. *Acta Orthop* 2006;77(2):279-84. [Crossref](#)
29. Kim JW, Oh CW, Byun YS, Kim JJ, Park KC. A prospective randomized study of operative treatment for noncomminuted humeral shaft fractures: Conventional open plating versus minimal invasive plate osteosynthesis. *J Orthop Trauma* 2015;29(4):189-94. [Crossref](#)
30. Liverneaux P, Ichihara S, Facca S, Hidalgo Diaz JJ. Outcomes of minimally invasive plate osteosynthesis (MIPO) with volar locking plates in distal radius fractures: A review. *Hand Surg Rehabil* 2016;35:80-5. [Crossref](#)
31. Vernet P, Gouzou S, Hidalgo Diaz JJ, Facca S, Liverneaux P. Minimally invasive anterior plate osteosynthesis of the distal radius: A 710 case-series. *Orthop Traumatol Surg Res* 2020;106(8):1619-25. [Crossref](#)
32. Lee DY, Park YJ, Park JS. A meta-analysis of studies of volar locking plate fixation of distal radius fractures: Conventional versus minimally invasive plate osteosynthesis. *Clin Orthop Surg* 2019;11(2):208-19. [Crossref](#)
33. Iacobellis C, Chemello C, Zornetta A, Aldegheri R. Minimally invasive plate osteosynthesis in type B fibular fractures versus open surgery. *Musculoskelet Surg* 2013;97(3):229-35. [Crossref](#)
34. Kim JW, Kim HU, Oh CW, Kim JW, Park KC. A prospective randomized study on operative treatment for simple distal tibial fractures-minimally invasive plate osteosynthesis versus minimal open reduction and internal fixation. *J Orthop Trauma* 2018;32(1):19-24. [Crossref](#)
35. Seat A, Seat C. Lateral extensile approach versus minimal incision approach for open reduction and internal fixation of displaced intra-articular calcaneal fractures: A meta-analysis. *J Foot Ankle Surg* 2020;59(2):356-66. [Crossref](#)
36. Farouk O, Krettek C, Miclau T, Schandelmaier P, Guy P, Tscherne H. Minimally invasive plate osteosynthesis: Does percutaneous plating disrupt femoral blood supply less than the traditional technique? *J Orthop Trauma* 1999;13(6):401-6. [Crossref](#)
37. Zlowodzki M, Williamson S, Cole PA, Zardiackas LD, Kregor PJ. Biomechanical evaluation of the less invasive stabilization system, angled blade plate, and retrograde intramedullary nail for the internal fixation of distal femur fractures. *J Orthop Trauma* 2004;18(8):494-502. [Crossref](#)
38. Smith TO, Hedges C, MacNair R, Schankat K, Wimhurst JA. The clinical and radiological outcomes of the LISS plate for distal femoral fractures: A systematic review. *Injury* 2009;40(10):1049-63. [Crossref](#)
39. Lill M, Attal R, Rudisch A, Wick MC, Blauth M, Lutz M. Does MIPO of fractures of the distal femur result in more rotational malalignment than ORIF? A retrospective study. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2016;42(6):733-40. [Crossref](#)
40. Cole PA, Zlowodzki M, Kregor PJ. Less Invasive Stabilization System (LISS) for fractures of the proximal tibia: Indications, surgical technique and preliminary results of the UMC Clinical Trial. *Injury* 2003;34(Suppl 1):16-29. [Crossref](#)
41. Zou J, Zhang W, Zhang CQ. Comparison of minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis with open reduction and internal fixation for treatment of extra-articular distal tibia fractures. *Injury* 2013;44(8):1102-6. [Crossref](#)
42. Li A, Wei Z, Ding H, Tang H, Liu Y, Shi J, Zhou H, Feng SQ. Minimally invasive percutaneous plates versus conventional fixation techniques for distal tibial fractures: A meta-analysis. *Int J Surg* 2017;38:52-60. [Crossref](#)
43. Chiang CC, Tzeng YH, Lin CC, Huang CK, Chang MC. Minimally invasive versus open distal fibular plating for AO/OTA 44-B ankle fractures. *Foot Ankle Int* 2016;37(6):611-9. [Crossref](#)