



Minimal invaziv osteosentez: Temel prensipleri, cerrahi planlama ve redüksiyon yöntemleri

Minimally invasive osteosynthesis: basic principles, surgical planning and reduction techniques

Uğur Gönç, K. Kürşat Teker, Reha Tandoğan, Asım Kayaalp

Özel Çankaya Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Bölümü, Ankara

Son yıllarda kırık tedavisinde önemli değişiklikler olmuştur. Konvansiyonel plaklama ile osteosentezin amacı, kırık fragmanlarının anatomik redüksiyonu ve kompresyon sağlanarak stabilize edilmesidir. Bu tip tespitite mekanik stabilite ön planda tutulmaktadır. Kırık biyolojisinin kırık iyileşmesi üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılması ve mutlak stabiliteye kıyasla, göreceli stabilite kavramının ortaya konması, kırık tedavisinde biyolojik tespit yöntemlerinin daha da gelişmesine yol açmıştır. İntramedüller çivi ve eksternal fiksator gibi kırığı atelleyen yöntemler ile elde edilen başarılı sonuçlar, plakların da aynı amaçla kullanılmasını gündeme getirmiş ve köprü plaklama tekniği daha popüler olmuştur. Plak ile yapılan biyolojik tespitite bir sonraki aşama perkütan plaklama yöntemidir. Minimal invaziv plak osteosentezi tekniğinde kırık hattı açılmadığı için kırık bölgesinde dolaşım bozulmamaktadır. Bunu sağlamak için, kırık indirekt redüksiyon yöntemleri ile redükte edilmekte ve plaklama kırık hattından uzakta yapılan küçük cerrahi kesilerden perkütan olarak uygulanmaktadır. Bu amaçla uzun plaklar az sayıda vida ile birlikte kullanılmaktadır. Son yıllarda üretilen kilitli plaklar ve minimal invaziv cerrahiye uygun cerrahi aletler, minimal invaziv osteosentezin daha yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır. Minimal invaziv plak osteosentezi biyolojiye uygun bir yöntem olmakla birlikte, teknik olarak oldukça zordur ve indirekt redüksiyon sonrasında dizilim bozuklukları gibi birtakım komplikasyonlara yol açabilir. Bu nedenle, bu teknik uygulanırken detaylı bir cerrahi planlama yapılmalıdır. Bunun yanı sıra, başarılı bir sonuç için değişik kırık redüksiyon tekniklerine ve elde edilen redüksiyonun kontrolü için kullanılacak yöntemlere hâkim olmak gerekir.

Anahtar sözcükler: Biyolojik tespit; indirekt redüksiyon; kilitli plak; minimal invaziv osteosentez; perkütan plaklama.

In the recent years many important changes have been introduced in the treatment of fractures. The aim of conventional plate osteosynthesis is to perform anatomical reductions and stabilization of the fracture fragments through compression. Mechanical stability is the main goal of the conventional plate osteosynthesis. Deeper understanding of the effects of the biology of fractures on fracture healing and the introduction of the concept of relative stability rather than absolute stability have led to the development of biological fixation methods. When successful results of splinting techniques using intramedullary nails or external fixators were achieved, the concept of using plates in the same manner by means of bridge plating became more popular. The next step of the biological fixation with plates was the development of percutaneous plating techniques. In minimally invasive plate osteosynthesis, the blood supply of the fracture is preserved, as the fracture zone is left intact. The fracture is reduced by indirect reduction and plate is applied percutaneously through small incisions far away from the fracture site. Longer plates with a few screws are used for splinting the fracture. In recent years, development of locking plates and new surgical instruments specifically designed for minimally invasive surgery has allowed minimally invasive osteosynthesis to become a widely used technique. Although minimally invasive plate osteosynthesis is consistent with the biology, it is a challenging technique and may lead to several complications such as malalignment following indirect reduction. As a result, a detailed surgical planning is required for successful results. In addition, surgeon should be familiar with not only different reduction techniques, but also methods for controlling the reduction achieved during surgery.

Key words: Biological fixation; indirect reduction; locking plate; minimally invasive osteosynthesis; percutaneous plating.

Biyolojinin kırık iyileşmesindeki öneminin daha iyi kavranması sonucu son 20 yılda internal tespit ile kırık tedavisinde çok önemli değişiklikler olmuştur. Mekanik stabiliteye önem veren tespit yöntemleri giderek yerini biyolojik tespit yöntemlerine bırakmış ve bununla birlikte tüm cerrahi alanlarda olduğu gibi ortopedik travma cerrahisinde de minimal invaziv yöntemler popüler olmaya başlamıştır.

Tanım olarak minimal invaziv osteosentez, kemiğe yumuşak doku pencerelerinden ulaşıldığı, kemik ve yumuşak dokuya saygılı indirekt redüksiyon tekniklerinin kullanıldığı, kırık hattına direkt redüksiyon gerekirse bunun minimal ek travma oluşturarak yapıldığı ve küçük "ayak izi" bırakan cerrahi aletlerin kullanıldığı bir tekniktir.

KONVANSİYONEL PLAK OSTEOSENTEZİNİN TARİHÇESİ

Plak osteosentezi, eklem içi kırıklarda, birçok metafizyel kırıklarda ve önkol ve humerus kırıkları gibi bazı diyafizyel kırıklarda en çok tercih edilen tedavi seçeneğidir. Osteosentez terimini ilk olarak Belçikalı bir cerrah olan Lambotte kullanmıştır. Her ne kadar Lane ve Lambotte gibi cerrahlar daha 20. yüzyılın başlarında kırıkların internal tespit ile tedavisini uygulamışlarsa da rijit tespit ile primer kemik iyileşmesi elde edilmesi kavramı 20. yüzyılın ortalarında Danis'in yaptığı çalışmalar ile popüler olmaya başlamıştır.^[1]

Danis'in çalışmalarını takip eden Müller ve ark.^[2] 1950'lerin sonunda AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) grubunu kurmuşlar ve kırıkların internal tespiti ile ilgili prensiplerini oluşturmaya başlamışlardır. 1990'lı yılların başına kadar AO'nun kırık tedavisindeki prensipleri:

- Anatomik redüksiyon
- Fragmanların rijit tespiti
- Kan dolaşımının korunması
- Erken eklem hareketi

olarak tanımlanmıştır. Bu prensipler ışığında kırıkta kal dokusu olmadan direkt (primer) kemik iyileşmesi amaçlanmıştır. Radyografik olarak kal dokusu görülmesi tespitinin stabilitesinin yetersiz olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Anatomik redüksiyon ve rijit tespit sonrası hastalara erken hareket verilebilmesi "kırık hastalığı" sorunlarını azaltmış ve başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Bu nedenle bu dönemdeki çalışmalar daha stabil tespit yapılabilmesine yönelik olmuş ve çektirme vidası ile interfragmanter kompresyon teknikleri, kompresyon cihazları ve plak üzerinden kompresyon sağlayan dinamik kompresyon plakları geliştirilmiştir.^[2,3]

Her ne kadar kan dolaşımının korunması prensipler içinde yer alsada anatomik redüksiyon ve rijit tespit cerrahlar tarafından daha ön planda tutulmuştur. Rijit tespit için kırık bölgesinde çok fazla yumuşak doku hasarı oluşturulması zamanla enfeksiyon, kaynamama ve tekrar kırık gibi komplikasyonların görülmesine yol açmıştır. Perren ve ark.^[4] plak osteosentezi sonrası kemikte geçici osteoporoz geliştiğini ve bunun plağın periosteal dolaşımı bozmasına bağlı gelişen nekroz sonucu oluştuğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle 1990'lı yıllarda korteks ile daha sınırlı temas alanı olan dinamik kompresyon plağı (LC-DCP; Limited-Contact Dynamic Compression Plates)^[5] ve nokta temas fiksator (PC fix; Point Contact Fixator)^[6] gibi implantlar üretilerek bu olumsuz etki azaltılmaya çalışılmıştır. LC-DCP ve PC-Fix implantları, dinamik kompresyon plağına göre periosteal dolaşımı daha az bozmakla birlikte, kırık bölgesinin açık redüksiyonu sırasındaki yumuşak doku hasarının kırık iyileşmesi üzerindeki olumsuz etkileri tam olarak giderilememiştir.

STABİLİTE KAVRAMININ KIRIK İYİLEŞMESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Kuentscher^[7] ve Ilizarov'un^[8] öncülüğünde yapılan çalışmalarda intramedüller çivi ve eksternal fiksator ile kırık tedavisinde başarılı sonuçlar elde edilmiş ve bununla ilişkili olarak, kırık parçalarının rijit tespitinin her zaman gerekli olmadığı anlaşılmıştır. İntramedüller çivi ve eksternal fiksatorler ile elde edilen esnek tespit sonucu kırıklar kal dokusu ile iyileşmekte yani indirekt (sekonder) kemik iyileşmesi olmaktadır.

İndirekt kemik iyileşmesi aslında doğal kırık iyileşmesidir. Kırık bölgesindeki granülasyon dokusundaki doku farklılaşması sonucu kırık, kal dokusu ile iyileşir.^[9] Kal dokusunun oluşması için kırık parçaları arasında hareket olması gerekmektedir. Goodship ve Kenwright,^[10] kırık hattındaki mikrohareketin kal oluşmasını artırdığını göstermişlerdir. Hareketin aşırı olması ise doku farklılaşmasını durdurmakta ve kaynamamaya yol açmaktadır. Yapılan esnek tespit ile kırıkta kontrollü harekete izin verilirken bu aşırı hareket engellenmektedir. Esnek tespit sonrası oluşan kal dokusu ise kırık bölgesinin stabilitesini artırmakta ve implantın aşırı yüklenmesini önlemektedir. Esnek tespit sonrası elde edilen stabilite "göreceli stabilite" olarak adlandırılmaktadır.^[11,12]

Rijit tespit ile kırık hattına kompresyon sonrası ise direkt kırık iyileşmesi oluşur. Direkt kırık iyileşmesinde doku farklılaşması aşamaları olmaz. Osteonlar, stabil kırık hattını geçer ve Haversian kanallarının yeniden yapılanması ile kırık iyileşmesini sağlar. Rijit tespit

sonrası elde edilen stabilite ise "mutlak stabilite" olarak adlandırılmaktadır.^[11,12]

Göreceli stabilite sonrası esnekliğin ne kadar olacağı ise Perren ve Boitzzy'in^[13] tanımladığı "boşluk gerilim teorisi" ile açıklanabilir. Kırık hattındaki gerilim (ϵ), kırık hattındaki hareketin (δL) fragmanlar arasındaki boşluğun genişliğine (L) oranı olarak tanımlanmıştır; $\epsilon = \delta L/L$. Bu teoriye göre boşluk dar olduğu zaman aradaki granülasyon dokusunun gerilimi fazla olmaktadır ve hareketi daha az tolere etmektedir. Kırık hattının doğal rezorpsiyonu bu boşluğu genişleterek bir anlamda gerilimi düşürmektedir. Boşluğun geniş olduğu kırıklar ise belli miktarda harekete karşı daha dayanıklıdır. Sonuç olarak kırık bölgesindeki gerilimin %2'den az olması kal dokusu oluşmasını sağlamaktadır, %10-30 arasındaki gerilim ise yetersiz kemikleşmeye ve fibröz kaynamamaya yol açmaktadır.^[11] Bu özellikle parçalı kırıklarda ön plana çıkmaktadır çünkü kırık bölgesindeki hareket birçok parça tarafından paylaşılmaktadır. Bu nedenle parçalı kırıklarda kırık bölgesinde gerilim daha az olmakta ve esnek tespit daha rahatlıkla uygulanabilmektedir.

BİYOLOJİK TESPİT VE MİNİMAL İNVAZİV PLAK OSTEOSENTEZİ (MİPO)

Kırık tedavisinde göreceli stabilite kavramının anlaşılması, plak osteosentezinde daha biyolojik tespit yöntemlerinin kullanılmasını gündeme getirmiştir. Bunun ilk uygulamalarından biri Blatter ve Weber'in^[14] tanıttığı dalgalı (wave) plak tekniğidir. Bu teknikte, kırık bölgesinde plağa dalga şeklinde eğim verilerek kırık bölgesinin kanlanması korunması amaçlanmaktadır. Plağa verilen dalga şekli aynı zamanda plağa binen yükün azalmasını sağlamakta ve plak altına greft uygulanabilmesine izin vermektedir.

Özellikle intramedüller çivi uygulamasının zor olduğu bölgelerdeki parçalı kırıklarda plak osteosentezinin biyolojik tespit için kullanılması köprü plaklama tekniğini geliştirmiştir. Kinast ve ark.^[15] ile Mast ve ark.^[16] kırığı indirekt olarak redükte ederek kırık bölgesinde fazla yumuşak doku sıyrılmasına neden olmadan kırık hattını plak ile köprülemeyi tanımlamışlardır. Her ne kadar bu tekniklerde klasik uzun cerrahi kesiler kullanılmış olsa da, kırığın özellikle medialinde yumuşak doku diseksiyonu yapılmadığı için kırık dolaşımı korunmuştur. Bu teknikle parçalı kırıklarda kaynamama oranlarının çok azaldığı bildirilmiştir.^[17-19]

Farouk ve ark.^[20] yaptıkları kadavra çalışmasında, femurda lateral diseksiyonun linea asperadaki diseksiyona bağlı periosteal ve medüller dolaşımı bozduğunu, küçük cerrahi kesiler kullanılarak yapılan perkütan submusküler plaklamanın ise böyle bir etkisinin olma-

diğini göstermişlerdir. Bu bulgular biyolojik tespit tekniğinin bir sonraki aşaması olan MİPO tekniğinin gelişmesini sağlamıştır.

Krettek ve ark.^[21] ilk defa proksimal ve distal femur kırıklarının tedavisi için MİPO tekniğini kullanmışlardır. Aynı yıllarda Helfet ve ark.^[22] MİPO tekniği ile distal tibia kırıklarının tedavisini tanımlamışlardır. Borrelli ve ark.^[23] perkütan plaklama ile distal tibiada periosteal dolaşımın daha az bozulduğunu göstermişlerdir. Tüm bu çalışmalarda elde edilen başarılı sonuçlar MİPO tekniğinin giderek popüler olmasını sağlamıştır.

Son yıllarda vida başlarının plağa kilitlendiği kilitli plakların geliştirilmesi MİPO tekniğinin de gelişmesine olanak sağlamıştır. PC-Fix geliştirildikten sonra başı kilitli vidaların biyolojik avantajları anlaşılmalı ve AO tarafından distal femur ve proksimal tibiada MİPO tekniği ile uygulanabilecek LISS (Less invasive stabilization system) implantı üretilmiştir.^[24,25]

LISS, vida başlarının plağa kilitlendiği bir sistemdir ve bir plaktan ziyade internal fiksator olarak görev yapmaktadır. Vida başlarının kilitlenmesi stabilitenin plak-vida birleşim yerinde olmasını sağlamakta ve plak kemik ile temas etmemektedir. Bu nedenle periosteal dolaşım korunmaktadır. LISS'de perkütan uygulamada kolaylık sağlayan bir uygulama kolu bulunmaktadır. Bu kolay monte edilen kılıflar vasıtası ile kendi delen-kendi yiv açan vidalar küçük cerrahi kesilerden perkütan olarak uygulanabilmektedir. Vidaların özellikle diyafiz bölgesinde tek korteks konabilmesi de MİPO için bir avantaj oluşturmaktadır. Tüm bu özellikler sayesinde distal femur ve proksimal tibia kırıklarında MİPO tekniği daha sık uygulanmaya başlamış ve oldukça başarılı erken klinik sonuçlar alınmıştır.^[26-29]

İnternal fiksatorlarda 3. jenerasyon, kilitli kompresyon plakları (LCP)'nin geliştirilmesi olmuştur.^[30] Bu plakların avantajı hem başı kilitlenen vidaların hem de konvansiyonel vidaların kullanılabileceği kombine vida deliklerinin bulunmasıdır. Başı kilitlenen vidalar kırık hattında primer redüksiyon kaybına neden olmadığı için LCP'de kemiğe göre tam bir plak şekillendirmesine gerek yoktur. Hem bu özellik hem de başı kilitlenen vidaların biyolojik ve mekanik özellikleri LCP'yi MİPO için çok uygun bir implant yapmaktadır.^[31]

Zamanla değişik anatomik bölgeler için özel LCP'ler geliştirilmiş ve LCP'nin kullanım alanı genişlemiştir. Plak üretiminin yanı sıra MİPO tekniğini kolaylaştırmaya yönelik çeşitli cerrahi enstrümanların da geliştirilmesi sonucu nispeten yeni bir yöntem olan MİPO tekniği kırık tedavisinde daha sık kullanılmaya başlamıştır.^[32]

CERRAHİ PLANLAMA

Tüm cerrahi dallarda olduğu gibi travma cerrahisinde de başarılı sonuçlar elde etmek için çok iyi bir ameliyat öncesi planlama yapmak gerekir. İyi bir cerrahi planlama, kırık ile ilgili tüm sorunların tam olarak ortaya konmasını ve olası çözümlerin belirlenmesini sağlar. Bu sayede hem cerrahi süre kısalır, hem de olası komplikasyonlar önlenerek başarı şansı artırılmış olur. Cerrahi planlama hem cerrahın, hem de cerrahi ekibin koordine bir şekilde ameliyata hazırlanmasını sağlar.

Minimal invaziv osteosentezin teknik olarak farklı özellikleri olması, ameliyat öncesi planlamayı daha önemli hale getirmektedir. Minimal invaziv plak osteosentezinde kırık hattı açılmadığı için genellikle indirekt redüksiyon tekniklerinin uygulandığı kapalı redüksiyon yapılmaktadır. Bu, teknik olarak açık redüksiyondan daha zordur ve çoğunlukla skopi kullanımını gerektirir. Bu nedenle cerrahi süreyi uzatmamak ve skopi kullanımını artırmamak için cerrahinin her aşaması adım adım planlanmalıdır. Aynı zamanda nörovasküler yapılar açısından riskli bölgelere de açık redüksiyonda olduğundan daha fazla dikkat edilmelidir.

Minimal invaziv osteosentez öncesi cerrahi planlama şu aşamaları içerir:

- Cerrahi zamanlama
- Hastanın pozisyonu
- İmplant seçimi
- Cerrahi kesi
- Redüksiyon seçimi
- Redüksiyonun korunması
- Redüksiyonun kontrolü
- Tespit

CERRAHİ ZAMANLAMA

Minimal invaziv plak osteosentezi tekniğinde, kırık bölgesinde ek yumuşak doku travması açık cerrahiye göre daha az olmaktadır. Buna rağmen özellikle yüksek enerjili yaralanmalar sonrası oluşan proksimal ve distal tibia kırıklarında yumuşak doku hasarının fazla olması nedeni ile cerrahiyi iki aşamalı yapmak gerekebilir. Bu durumlarda, kırık eksternal fiksator ile geçici olarak tespit edilir ve kesin tedavi yumuşak doku iyileşmesinden sonra yapılır. Yumuşak doku iyileşmesi kırıklık testi ile kontrol edilebilir. Yumuşak doku iyileşmesi beklenirken eşlik eden diğer sorunlar tedavi edilir ve bilgisayarlı tomografi ve gerekirse manyetik rezonans gibi ileri tetkikler uygulanarak kırık tedavisinin daha detaylı olarak planlanması yapılır.

HASTANIN POZİSYONU

Minimal invaziv plak osteosentezi tekniğinde çoğunlukla skopi kullanımı gerekmektedir. Bu nedenle kırığın yerine göre traksiyon masası veya ışın geçirir ameliyat masaları kullanılabilir. Ameliyat öncesinde ameliyathane odasındaki donanımın yerleşimi de cerrah tarafından düzenlenmeli ve cerrahi sırasında en rahat çalışılabilecek ortam sağlanmalıdır. Skopi, kırık bölgesini hem ön-arka hem de yan planda uygun şekilde görüntüleyebilmek için doğru yerleştirilmelidir.

İMLANT SEÇİMİ

İmplant seçimi yapılırken kullanılacak plak ve vida tipine, plağın boyuna, vidaların yerleşimine ve kullanılacak vida sayısına karar vermek gerekmektedir.

Plak ve Vida Tipi

Minimal invaziv plak osteosentezi tekniğinde hem konvansiyonel plaklar, hem de kilitli plaklar kullanılabilir. Başarılı bir cerrahi teknik için bu plakların özelliklerinin doğru bilinmesi gerekir.

Konvansiyonel plaklar: Minimal invaziv plak osteosentezi için konvansiyonel plaklar daha çok kemik kalitesi iyi olan hastalarda tercih edilmelidir. Kırık yerine göre düz veya anatomik şekillendirilmiş konvansiyonel plaklar kullanılabilir. Konvansiyonel vidalar kemiği



Şekil 1. Dinamik kondiler vida kullanılarak minimal invaziv plak osteosentezi tekniği ile köprü plaklama.



Şekil 2. Distal femur LISS için uygulama kolu ve perkütan vidalama için kılıflar.

plağa doğru çektiği için düz plak kullanıldığında plak kemiğe tam oturacak şekilde önceden şekillendirilmelidir. Aksi takdirde primer redüksiyon kaybı oluşur.^[33] Kamalı plak veya Dinamik kondiler vida (DCS; dynamic condylar screw) gibi sabit açılı plaklar da MİPO için uzun yıllar proksimal ve distal femur kırıklarında kullanılmıştır ve halen de kullanılmaktadır (Şekil 1).^[15,19,21] Sabit açılı bu plaklar özellikle indirekt redüksiyona yardımcı olmaları nedeni ile tercih edilmektedir.^[34]

Kilitli plaklar: Kilitli plakların geliştirilmesi MİPO tekniğinin daha kolay ve yaygın kullanılmasını sağlamıştır. Kilitli plakların MİPO için uygun olmasının çeşitli nedenleri vardır:^[33,35,36]

- Vidaların plağa kilitlenmesi nedeni ile vidalar kemiği plağa doğru çekmez. Bu nedenle plakta kemiğe tam oturacak şekilde bir şekillendirmeye gerek yoktur. Ancak kırık önceden redükte edilmiş olmalıdır.
- Periosteal dolaşımın bozulmaması MİPO felsefesine uygundur.
- Başı kilitlenen vidaların açılabilir stabilitesi metafizyel bölgelerde ve osteoporotik kemiklerde daha iyi tespit sağlamaktadır.
- Başı kilitlenen vidalar, kendi delen-yiv açan veya sadece kendi yiv açan vidalar şeklindedir ve bu özellik perkütan uygulamada kolaylık sağlamaktadır. Kendi delen-kendi yiv açan vidalar tek korteks uygulanabilir. Ancak bu, iyi kemik kalitesi olan diyafizyel bölgelerde tercih edilmelidir. Osteoporotik kemiklerde ve metafizyel bölgelerde kendi yiv açan vidalar çift korteks olarak uygulanmalıdır.

Minimal invaziv plak osteosentezi için geliştirilen ilk kilitli plak sistemi LISS'dir.^[24,25] Bu sistemde perkütan uygulamayı kolaylaştıran bir uygulama kolu ve bu kola monte edilerek vidaların perkütan gönderilmesini sağlayan kılıflar mevcuttur (Şekil 2). Daha sonra diğer anatomik bölgelere de özel kilitli plaklar geliştirilmiştir. AO'nun geliştirdiği LCP^[30] hem konvansiyonel

vidaların, hem de başı kilitlenen vidaların uygulanabildiği vida deliklerine sahiptir. Bu kombine delikler hibrid vida uygulamalarına olanak sağlamaktadır.

Hibrid vida uygulaması: Bazı özel durumlarda konvansiyonel ve başı kilitlenen vidaların beraber kullanılması gerekebilir:^[33,35]

- Kırığın bir bölgesinde interfragmanter kompresyon veya dinamik aksiyel kompresyon gerektiğinde,
- Anatomik şekillendirilmiş bir kilitli plakta kemik fragmanını çekerek indirekt redüksiyon elde etmek amacı ile (Şekil 3),



Şekil 3. Kilitli plakta hibrid vida uygulaması. Konvansiyonel vida (yuvarlak içinde) anatomik şekillendirilmiş plak üzerinden redüksiyonu sağlamak için kullanılmış, kilitli vidalar ile tespit tamamlanmıştır.

- Çok fazla ayrılmış bir kelebek fragmanı çektirmek amacı ile
- Ekleme yakın kırıklarda kilitli vidalar ekleme yöneliyorsa ekleme girmesinin engellenmesi amacıyla, kilitli plağın kombine vida deliğinden konvansiyonel vidalar konulabilir. Daha sonra başı kilitlenen vidalar ile tespit işlemi tamamlanır. Böylece konvansiyonel vidaların çektirme ve değişik açılarda uygulanabilme özellikleriyle, başı kilitlenen vidaların açılal stabilite ve osteoporotik kemiklerdeki kaliteli tespit özellikleri birleştirilmiş olur.

Hibrid tespit uygulanacak ise konvansiyonel vidalar başı kilitlenen vidalardan önce kullanılmalıdır. Aynı zamanda, kilitli kompresyon plakları kemiğe tam oturacak şekilde şekillendirilmeli veya anatomik şekillendirilmiş kilitli kompresyon plakları kullanılmalıdır.

Plak Boyu

Minimal invaziv plak osteosentezi tekniğinde plaklar, internal ekstremiteler atel olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle plak boyu aynı bir intramedüller çivi veya eksternal fiksator gibi olabildiğince uzun olmalıdır.

Plak boyunun uzun olması, kaldıraç kolunun uzun olması nedeni ile plak vida arasındaki stres yüklenmesinin az olmasını sağlar. Bu da implant yetmezliği riskini azaltır.^[37,38] Bu biyomekanik özellik vida tipinden bağımsızdır. Bu yüzden hem kilitli hem de konvansiyonel plaklarda olabildiğince uzun plak tercih edilmelidir. Minimal invaziv plak osteosentezi tekniğinde plak perkütan olarak uygulandığı için plak boyunun uzun olması ek yumuşak doku hasarı yaratmamaktadır.

Vida Yerleşimi

Kırık hattının proksimal ve distalindeki kırığa en yakın vidalar arasındaki mesafe "çalışma mesafesi" olarak adlandırılır. Bu mesafenin kısa olması kırık

hattında hareketin az olmasına neden olur. Aynı zamanda bu kısa segmentte plağa aşırı yük biner ve plak kırılması riski artar (Şekil 4).^[11,37,39] Bu durum özellikle çalışma mesafesi zaten kısa olan transvers ve kısa oblik kırıklarda önem taşımaktadır. Plaktaki tüm deliklerin vida ile doldurulması bu stresi daha da artırır. Bu biyomekanik özellik de vida tipinden bağımsızdır.

Çalışma mesafesinin uzun olması ise stresin plakta daha uzun bir segmente dağılmasını sağlar (Şekil 5). Bu, hem tespit kaynamayı uyaracak kadar esnek olmasını sağlar, hem de plak kırılması riskini azaltır.^[11,37,39] Çok parçalı kırıklarda çalışma mesafesinin çok uzun olması tespit istenenden daha fazla esnek olmasına neden olabilir. Bu nedenle çok parçalı kırıklarda vidalar kırık hattına daha yakın yerleştirilmelidir.

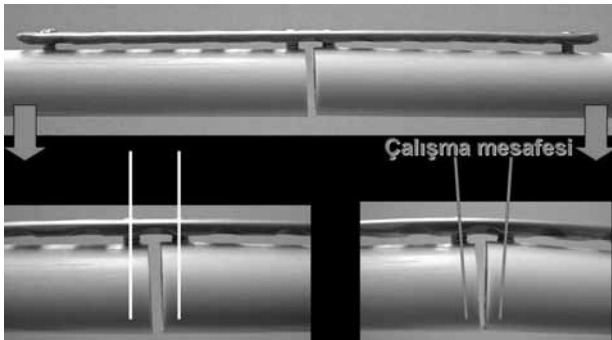
Proksimal ve distalde kırık hattına en uzak vidalar arasındaki mesafe plağın efektif olarak kullanıldığı uzunluktur. Uzun plağın avantajlarını kullanabilmek için plağın en proksimal ve distal deliklerine vida konulmaya çalışılmalıdır. Bu vidaların başı kilitlenen vida olması tespit stabilitesini artırır.^[11]

Vida Sayısı

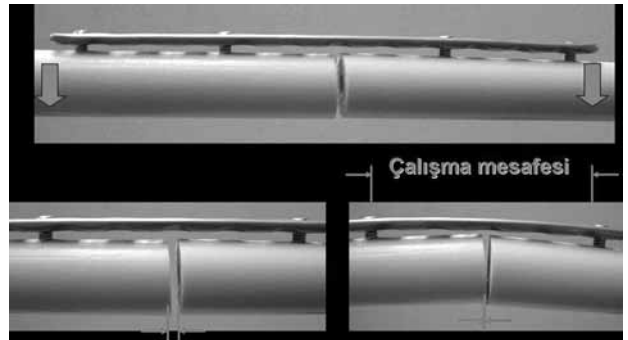
Esnek tespit elde etmek için uzun plak ile beraber mümkün olan en az sayıda vida, aralıklı olarak kullanılmalıdır. Genellikle her fragmanda üç vida kullanılması yeterli olmaktadır.^[37,39] Osteoporotik kemiklerde bu sayı artırılabilir. Stoffel ve ark.^[31] vida sayısının artırılmasının sadece rotasyonel stabiliteyi artırdığını belirtmişlerdir. Bu durum, rotasyonel güçlerin daha etkili olduğu üst ekstremitelerde kırıklarında bir avantaj sağlayabilir.

Bu biyomekanik özellikler ışığında implant seçimi için şu prensipler uygulanabilir:

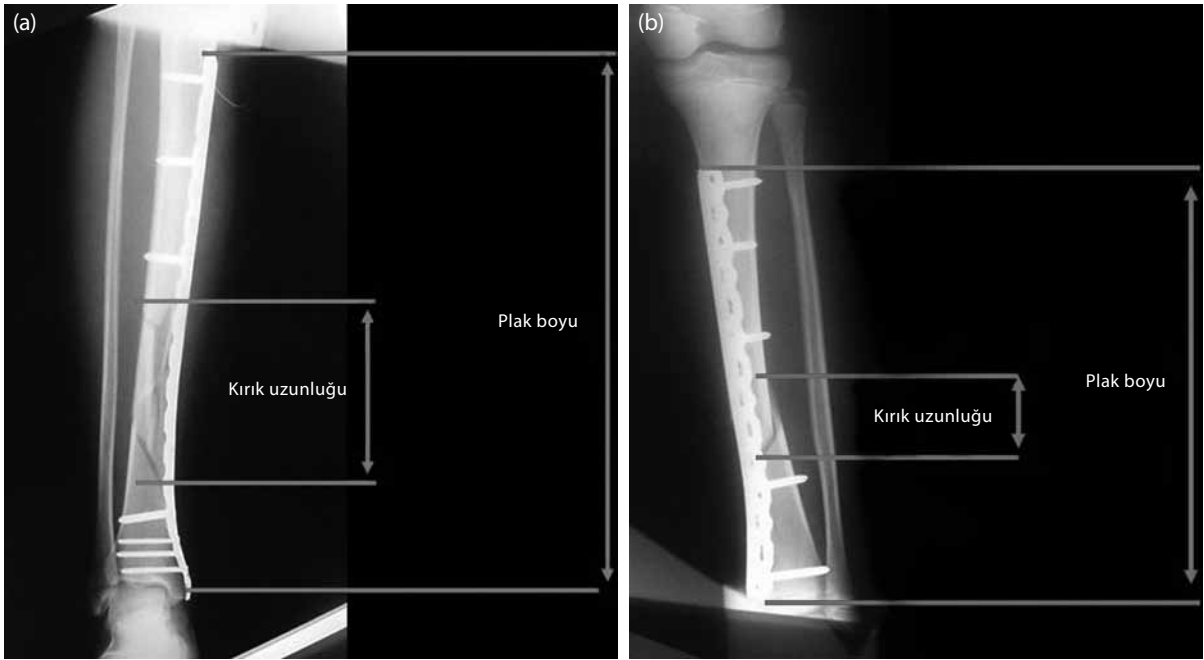
- Esnek tespit için uzun plak ve az sayıda vida kullanılmalıdır (Şekil 6a, b).
- Plak boyu parçalı kırıklarda kırık uzunluğunun üç katı, daha basit kırıklarda kırık uzunluğunun 8-10 katı olmalıdır. Mümkünse her fragman için beş vida deliği olmalıdır.



Şekil 4. Çalışma mesafesinin kısa olması plakta kısa bir segmentin aşırı yüklenmesine neden olur.



Şekil 5. Çalışma mesafesinin uzun olması stresin plak üzerinde dağılmasını sağlar.



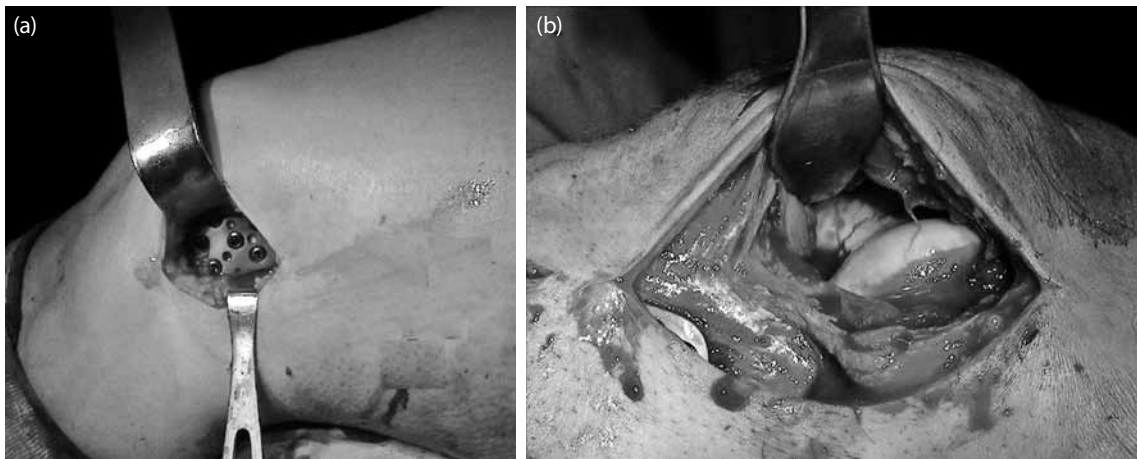
Şekil 6. Esnek tespit için implant seçimi. **(a)** Parçalı bir kırıkta plak boyu kırık uzunluğunun yaklaşık üç katı, plak-vida doygunluğu yaklaşık 0.40 olarak planlanmıştır. **(b)** Daha basit bir kırıkta plak boyu kırık uzunluğunun yaklaşık sekiz katı, plak-vida doygunluğu yaklaşık 0.40 olarak planlanmıştır.

- Her fragmanda üç vida kullanılması yeterlidir. Vidalar aralıklı olarak uygulanmalıdır. Metafizyel kırıklarda anatomik plaklar kullanılarak yeterli vida sayısı elde edilebilir. Plak-vida doygunluğu oranının 0.40 olması esnek tespit için yeterlidir.
- Uygun çalışma mesafesi elde etmek için kırık hattında en az üç vida deliği boş bırakılmalıdır. Çok parçalı kırıklarda vidalar kırık hattına daha yakın yerleştirilmelidir.

İnsizyon

Cerrahi sırasında kullanılan kesiler, MİPO tekniğinin uygulandığı yumuşak doku pencereleridir. Minimal invaziv cerrahi hiçbir zaman küçük cerrahi kesi anlamına gelmez. Amaç, kırık bölgesinde minimal ek hasar yaratacak şekilde "ayak izi" bırakmaktır.

Ekleme ilgilendiren kırıklarda cerrahi kesi, eklemin anatomik redüksiyonunu sağlayacak büyüklükte olmalıdır. Krettek ve ark.,^[38] eklem içi distal femur kırıklarında Transartiküler Perkütan Plak Osteosentezi



Şekil 7. **(a)** Eklem dışı distal femur kırığında klasik anterolateral cerrahi kesi. **(b)** Eklem içi distal femur kırığında lateral parapatellar cerrahi kesi ile transartiküler girişim.



Şekil 8. Diyafiz bölgesinde plağa küçük cerrahi kesi ile ulaşılması.

(TARPO) tekniğini tanımlamışlardır. Bu teknikte klasik anterolateral cerrahi kesi yerine lateral parapatellar cerrahi kesiyle eklem ulaşmakta ve eklem anatomic redüksiyonunu takiben bu kesiden submusküler plaklama yapılmaktadır. Bu sayede hem tüm eklem ulaşmakta, hem de metafizyel bölgede dolaşım bozulmadan köprüleme yapılabilmektedir (Şekil 7a, b).

Diyafiz bölgesindeki cerrahi kesi ise, kırıktan uzak ve plağı palpe edebilecek büyüklükte yapılmalıdır (Şekil 8). LISS gibi uygulama kolu bulunan implantlarda vidalama perkütan olarak yapılabilirdiği için mini kesiler yeterli olur (Şekil 9). Perkütan vidalama skopi yardımı ile yapılabilir. Ancak plağın kemik ile tam uyum içinde olduğuna emin olunmalıdır. Gerekirse plak üzerinden daha geniş bir kesi yapılarak bu sağlanmalıdır. Son yıllarda plak üzerinden yapılan küçük cerrahi kesi içinden plağı görmeye yardımcı olan MİPO tekniğine özel ekartörler geliştirilmiştir.

Cerrahi kesiler planlanırken nörovasküler yapılar açısından riskli bölgelere dikkat etmek gerekir.^[40] Tibia kırıklarında lateralde uzun plak ile MİPO uygulanırken

distalde peroneal sinirin yüzeysel dalının ve tibialis anterior arterinin risk altında olduğu unutulmamalı ve mini kesilerden kaçınılmalıdır. Bu bölgede yeterli uzunlukta bir cerrahi kesi yapılarak vidalama öncesi nörovasküler yapılar görülmelidir. Aynı şekilde humerus kırıklarında MİPO uygulanırken, proksimalde lateral deltoid arası cerrahi kesi sırasında aksiller sinirin, distalde ise radyal sinirin risk altında olduğu bilinmelidir.

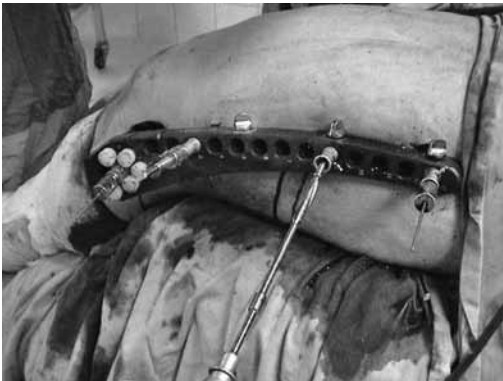
Redüksiyon

Kırık redüksiyonu, kırığın kaynaması ve ekstremitte şekli ile fonksiyonunun korunması için önemli bir faktördür. Redüksiyon, her bir kırık fragmanın anatomik redüksiyonu veya ekstremitenin aksiyel diziliminin sağlanması şeklinde olabilir. Kırığın şekline veya kırık bölgesinin yerine göre uygun redüksiyon tekniği seçilmelidir. Önemli olan nokta, seçilen redüksiyon tekniğinin kırık bölgesinde minimal ek hasara neden olması ve kan dolaşımını bozmamasıdır.

Redüksiyon için indirekt veya direkt redüksiyon teknikleri kullanılabilir. Minimal invaziv plak osteosentezi tekniğinde amaç, kırık hattını açmadan redüksiyonun ve tespitin yapılmasıdır. Bu nedenle çoğunlukla indirekt redüksiyon teknikleri kullanılır. İndirekt redüksiyon, teknik olarak daha zordur ve her zaman uygun redüksiyonu sağlamak mümkün olmayabilir. Bu gibi durumlarda direkt redüksiyon tekniklerinden de faydalanılabilir. Ancak minimal invaziv osteosentez için direkt redüksiyonda ana kural, küçük insizyonlar kullanarak minimal yumuşak doku hasarına neden olmaktır.

İndirekt Redüksiyon Teknikleri

İndirekt redüksiyonda kırık hattı açılmaz. Redüksiyon, kemik fragmanlarına bağlı yumuşak dokuların ligamentotaksis etkisinden faydalanılarak traksiyon ile sağlanır. Redüksiyon için kullanılan gereçler kırık hattından uzağa uygulandığı için kırık bölgesinin dolaşımı korunmuş olur.



Şekil 9. Less invasive stabilization system'in uygulama kolu ile vidalamanın perkütan küçük kesilerle yapılması.



Şekil 10. Femoral distraktör ile indirekt redüksiyonu takiben LISS system uygulaması.

İndirekt redüksiyon diyafizyel ve metafizyel parçalı kırıklarda uygulanmaktadır. Kırık hattı görülmediği için kırık fragmanlarında tam anatomik redüksiyon olmaz. İndirekt redüksiyonda amaç, ekstremitenin uzunluğunu, mekanik aksını ve rotasyonunu sağlayarak uygun eklem uyumunu elde etmektir. Bu, "fonksiyonel redüksiyon" olarak adlandırılmaktadır.^[41]

İndirekt redüksiyon, traksiyon uygulanarak veya tespitite kullanılacak plak yardımı ile yapılabilir.^[41] Yeterli traksiyon elde edebilmek için traksiyon masasından, femoral distraktörden veya basit bir eksternal fiksatörden faydalanılabilir (Şekil 10). Daha kolay kırıklarda el traksiyonu da yeterli olmaktadır. Shanz çivileri kemik fragmanlarının manipülasyonu için kullanılabilir. Eksternal fiksatör veya distraktör kullanılmasının avantajı, bu gereçlerin tespit sırasında redüksiyonun korunmasına yardımcı olmalarıdır. Seçilecek cerrahi kesi ve kullanılacak implant göz önüne alınarak Shanz çivileri yerleştirilmelidir.

Tespit için kullanılacak plak aynı zamanda indirekt redüksiyon için de kullanılabilir. Dinamik kondiler vida ve kamalı plak gibi sabit açılı plaklar, MIPO tekniğinin tanımlandığı ilk yıllarda indirekt redüksiyon için sıklıkla kullanılmıştır.^[34] Kama veya DCS'nin lag vidası uygun yerine konduktan sonra plağın uç kısmı diyafize tespit edilerek indirekt redüksiyon sağlanmış olur. Son yıllarda geliştirilen anatomik şekillendirilmiş plaklar da aynı amaç ile kullanılabilir. Plak üzerinden gönderilen konvansiyonel vida ile kemik fragmanı çekirilerek indirekt redüksiyon sağlandıktan sonra kilitli vidalar ile tespit tamamlanabilir (Şekil 3).

Konvansiyonel plak ve vidaların aksine kilitli plaklar indirekt redüksiyona yardım etmezler. Bu nedenle tespit için kilitli plaklar kullanılacaksa redüksiyonun mutlaka tespitten önce sağlanmış olması gerekir.

Distal femur kırıkları gibi periartiküler kırıklarda traksiyon sırasında kırık hattında hiperekstansiyon deformitesi gelişmesini önlemek için diz altına bir

yastık desteği konabilir. LISS gibi uygulama kolu bulunan sistemlerde, bu kol üzerinden çektilme yapılarak diyafizyel fragmanın redüksiyonunu sağlayan yardımcı cihazlar da mevcuttur.

Direkt Redüksiyon Teknikleri

Direkt redüksiyonda kırık hattı açılarak fragmanlar direkt olarak manipüle edilir. Direkt redüksiyon daha kolay olmasına rağmen kırık fragmanlarının dolaşımını bozma riski vardır. Bu yüzden mümkün olan en az ek hasar verilerek uygulanmalıdır.

Direkt redüksiyon, eklem içi kırıklarında ve özellikle önkola ve humerusa ait transvers veya kısa oblik kırıklar gibi basit diyafizyel kırıklarda kullanılmaktadır.^[41] Eklem içi kırıklarda amaç, artrozu önlemek için iyi bir kırık iyileşmesi elde etmektir. Bunun için anatomik redüksiyon ve stabil tespit gerekir. Eklem anatomik redüksiyonunu takiben metafizyel bölgedeki kırığa aynı insizyondan perkütan köprü plaklama (internal distraksiyon plaklama) uygulanabilir.

Basit diyafizyel kırıklarda ise, kırık hattındaki gerilimin fazla olmasına bağlı implant yetmezliği gelişmemesi için çoğunlukla rijit tespit ile mutlak stabilite tercih edilmektedir. Yeterli indirekt



Şekil 11. Serkilaj teli çok ayrıık duran spiral kırıkta redüksiyon amaçlı kullanılabilir.

redüksiyonun sağlanamadığı uzun oblik veya spiral kırıklarda ve çok fazla ayrık duran kelebek fragmanlarda da direkt redüksiyon teknikleri kullanılabilir.^[41] Bu tip kırıklarda direkt redüksiyon uygulanırken daha az yumuşak doku sıyrılmasına neden olmak için ufak cerrahi kesiler veya perkütan yöntemler tercih edilmelidir.

Direkt redüksiyon için Weber redüksiyon klempleri, Hohmann ekartörleri ve manipülasyon için Shanz çivileri kullanılabilir. Son yıllarda ufak cerrahi kesilerden yumuşak doku sıyrılmasına yol açmadan direkt redüksiyon sağlayan ve diyafiz veya periartiküler bölgeler için ayrı uçları bulunan "Collinear" klempler üretilmiştir.^[32] Serkilaj telleri de kırık iyileşmesini geciktirecek kadar ayrık duran spiral kırıklarda veya kelebek fragmanlarda redüksiyon amacı ile kullanılabilir (Şekil 11).^[41] Serkilaj telleri sadece redüksiyon için kullanılıp tespit sonrasında çıkarılabilir veya kalıcı tespit olarak bırakılabilir. Son yıllarda serkilaj tellerini fazla periosteal sıyırma yapmadan uygulamak için özel tel geçiriciler geliştirilmiştir.

Redüksiyonun Kontrolü ve Dizilim Bozukluklarının Önlenmesi

Minimal invaziv plak osteosentezi tekniğinin yaygınlaşması ile konvansiyonel plaklama sonrası görülen enfeksiyon ve kaynamama gibi komplikasyonlar daha azalmıştır. Ancak redüksiyon ve tespit sırasında kırık hattı görülmediği için, MİPO tekniği sonrasında dizilim bozuklukları ve ekstremiteler uzunluk farklılıkları gibi farklı komplikasyonlar ortaya çıkmaktadır. Bu tip komplikasyonlarla karşılaşıldığında ideal olan bunları



Şekil 12. (a) Kablo tekniği ile varus-valgus dizilim bozukluğunun kontrolü. **(b)** Femur başı ve ayak bileği arasında gerilen koter kablosu diz ekleminin merkezinden geçmelidir.

ameliyat sırasında fark etmek ve hemen düzeltmektir. Eğer bu mümkün olmazsa kırık iyileşmesi başlamadan ilk iki hafta içinde deformiteler düzeltilmelidir, çünkü yanlış kaynama geliştikten sonra düzeltme daha zor olmaktadır.^[40]

Minimal invaziv plak osteosentezi tekniği uygulanırken hangi tip kırıklarda nasıl bir dizilim bozukluğu ile karşılaşılacağı, bunun nasıl önlenileceği ve ameliyat sırasında redüksiyonun nasıl kontrol edilebileceği iyi bilinmelidir.

Ön-arka planda dizilim bozukluğu: Ön-arka plandaki varus-valgus dizilim bozukluğu en çok metafizyel bölgedeki kırıklardan sonra oluşur, çünkü metafizdeki korteks diyafiz gibi düz değildir. Bu nedenle bu bölgelerde plağa kemiğe uyacak şekilde eğim verilmeli veya anatomik şekillendirilmiş plaklar kullanılmalıdır.

Varus-valgus dizilim bozukluğunun ameliyat sırasındaki kontrolü, Krettek ve ark.nın^[42] tanımladığı "kablo tekniği" ile yapılabilir. Bu teknikte bir koter kablosu skopi kontrolü altında femur başı merkezi ve ayak bileği eklemi merkezi arasında gerilir. Patella tam anteriore bakacak şekilde diz ekstansiyonda tutulur ve koter kablosunun diz ekleminin neresinden geçtiği kontrol edilir. Normal bir dizilimde koter kablosu diz ekleminin merkezinden geçmelidir (Şekil 12a, b). Bu yöntemin bir diğer alternatifi, koter kablosunu anterior superiyor iliyak çentik ile ayakta 1. ve 2. parmaklar arasında germektir.

Tibia kırıklarında ön-arka plandaki dizilim bozukluğunu kontrol etmek için özel bir cihaz geliştirilebilir.^[40] Bu cihaz, iki plastik plaka arasına 3-5 cm aralıklarla paralel olarak yerleştirilen Kirschner tellerinden (K-teli) oluşur (tibial alignment grid). Bir K-teli diz ekleminin paralel olacak şekilde yerleştirildikten sonra skopi ayak bileği eklemine kaydırılır ve cihazdaki K-tellerinin eklemeye paralel olup olmadığı kontrol edilerek tibiadaki varus-valgus dizilim bozukluğu kontrol edilebilir.

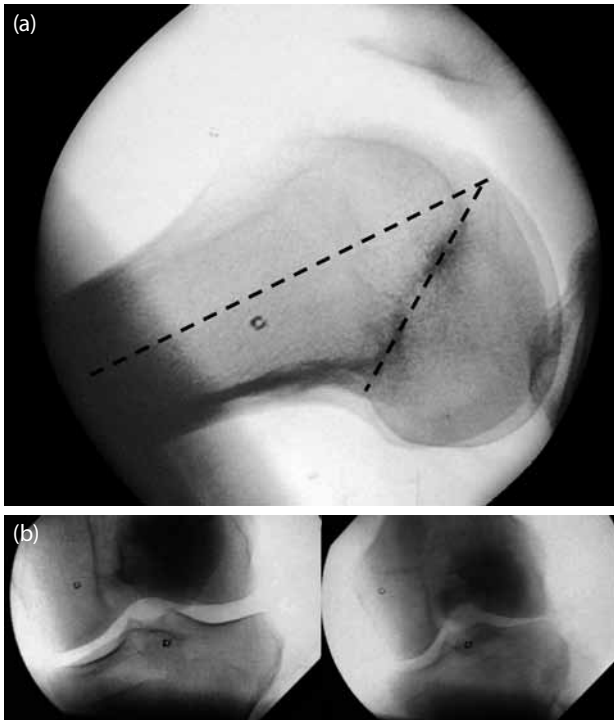
Yan planda dizilim bozukluğu: Proksimal femurda kırık trokanter minörün altında ise iliopsoasın çekmesine bağlı proksimal kırık parça fleksiyona gider. Bunu önlemek için bir Shanz çivisi fragmanın manipülasyonu için kullanılabilir.

Femur diyafizindeki kırıklarda yan plandaki dizilim bozukluğu skopi ile rahatlıkla kontrol edilebilir. Bu tip kırıklarda mümkünse hasta sırtüstü pozisyonda olmalı, uyluk altı bir yastıkla desteklenerek skopin yan planda rahat görüntü alması sağlanmalıdır. Femurun anterior eğimi nedeni ile femur diyafizindeki basit kırıklarda MİPO tekniği uygulandığında kırık bölgesinde ön-arka açılma ile karşılaşılabılır.

Parçalı diyafiz kırıklarında yan plandaki dizilimi sağlamak genellikle daha kolaydır. Plağın bir miktar posteriyor yerleşimli uygulanması veya femurun anterior eğimine uygun plakların kullanılması basit kırıklarda gelişebilecek ön-arka açılanmayı önleyebilir.^[40]

Yan plandaki dizilim bozukluğu en çok distal femur kırıklarında görülür. Gastroknemius kasının çekmesine bağlı distal fragmanda posteriyor açılma oluşur. Diz altında bir destek yastığı konarak dizin fleksiyona alınması ile bu deformite engellenebilir.^[41] Distal femur kırıklarındaki posteriyor açılma, klinik olarak dizin hiperekstansiyona gitmesi ile tespit edilebilir. Bunun yanı sıra Krettek'in tanımladığı yöntemlerle lateral skopi görüntüsünde interkondiler çizginin (Blumensaat çizgisi) diyafiz ile yaptığı açının sağlam taraf ile karşılaştırılması veya ön-arka skopi görüntüsünde interkondiler çentik derinliğinin artmış olması distal femurun yan plandaki dizilim bozukluğu hakkında bilgi verebilir (Şekil 13a, b).^[42]

Tibia düz bir kemik olduğu ve tibia ön yüzü rahatlıkla palpe edilebildiği için yan plandaki dizilim bozukluklarını tespit etmek daha kolaydır. Skopi ile redüksiyon rahatlıkla kontrol edilebilir. Proksimal tibia kırıklarında yan plandaki dizilim, tibia platosunun posteriyor eğiminin sağlam taraf ile karşılaştırılması ile değerlendirilebilir.



Şekil 13. Skopi ile yan planda dizilimin kontrol edilmesi. (a) Blumensaat çizgisi ile diyafiz arasındaki açının sağlam taraf ile karşılaştırılması. (b) Distal femurun hiperekstansiyonuna bağlı interkondiler çentik derinliğinin artması.

Rotasyonel deformite: Minimal invaziv plak osteosentezi tekniğinde kontrol edilmesi en zor olan deformite rotasyonel deformitedir. Rotasyonel deformiteyi direkt grafi ile değerlendirmek çok zordur ve minimal deformiteler klinik olarak fark edilmeyebilir.

Femurda rotasyonel deformite daha çok proksimal femur kırıklarından sonra görülür. Femurdaki rotasyonel deformiteyi kontrol etmek için değişik yöntemler kullanılabilir. Kalça rotasyon testi, kalça rotasyonunun sağlam taraf ile karşılaştırıldığı klinik bir testtir.^[42] Hasta örtülmeden önce sağlam tarafta kalça ve diz 90 derece fleksiyona getirilerek kalça rotasyonu ölçülür (Şekil 14). Ameliyat sırasında femur kırığı proksimal ve distalde birer vida ile geçici olarak tespit edilir ve aynı yöntemle rotasyon ölçülerek sağlam taraf ile karşılaştırılır. Rotasyondan emin olduktan sonra tespit tamamlanır. Bu test, hasta traksiyon masasında ise kullanılamaz. Rotasyonel deformiteyi kontrol edebilmek için ameliyatın ışın geçirir bir masada yapılması ve mümkünse sağlam tarafın da karşılaştırma için steril olarak hazırlanması daha uygundur.

Femurda rotasyonel deformiteyi skopi kullanarak değerlendirmek için küçük trokanter belirtisi, kortikal basamak belirtisi ve kortikal çap farkı gibi teknikler tanımlanmıştır.^[42]

Küçük trokanter belirtisi, parçalı femur kırıklarında rotasyonel deformiteyi değerlendirmek için faydalıdır. Ameliyat öncesinde diz ekstansiyonda ve patella anteriora bakarken sağlam taraf küçük trokanterin skopi ile görüntüsü alınır. Bu görüntü, ameliyat sırasında kırık tarafın küçük trokanterinin şekli ile karşılaştırılarak rotasyonel deformite kontrol edilir (Şekil 15a-c).

Basit kırıklarda rotasyonel deformite, proksimal ve distal fragmanlardaki korteks kalınlık farkına (kortikal



Şekil 14. Kalça rotasyon testi ile sağlam tarafta femur rotasyonunun değerlendirilmesi.



Şekil 15. Küçük trokanter belirtisi ile rotasyonel deformitenin belirlenmesi. **(a)** Normal küçük trokanter. **(b)** Dış rotasyon deformitesinde küçük trokanterin şekli küçülür. **(c)** İç rotasyon deformitesinde küçük trokanter belirginleşir.

basamak belirtisi) veya korteks çap farkına bakılarak değerlendirilebilir (Şekil 16a, b). Çok hassas olmayan bu tetkikler parçalı kırıklarda kullanılamaz.

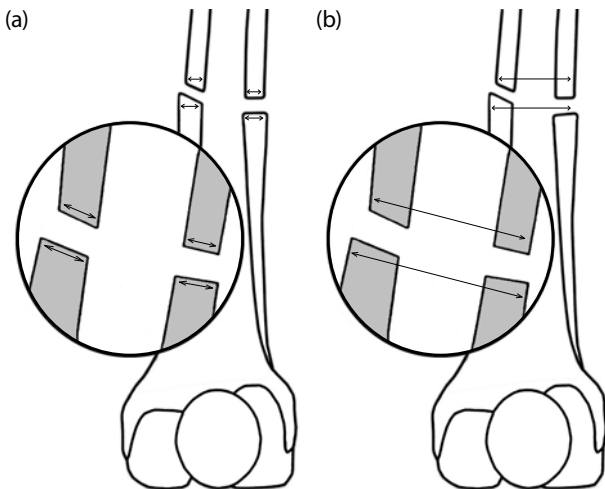
Tibia kırıklarından sonra rotasyonel deformite daha çok distal tibia kırıklarında görülür. Tibia yüzeysel bir kemik olduğu için tibia kırıklarında rotasyonel deformite kontrolü rahatlıkla klinik olarak yapılabilir. Diz fleksiyonda iken ayak bileği dorsifleksiyona getirilerek tibiadaki rotasyon değerlendirilir ve sağlam taraf ile karşılaştırılır (Şekil 17).^[42] Bunun için sağlam tarafın ölçümü ameliyattan önce yapılmalı veya sağlam taraf da steril olarak örtülmelidir.

Ekstremitte uzunluk farkı: Uzunluk farkı, çoğunlukla parçalı kırıklarda kısalık şeklinde ortaya çıkar. Femurda uzunluk farkını değerlendirmek tibiadan daha zordur. Uzunluk farkının kontrolü için ameliyat öncesi sağlam tarafın ölçümü yapılır. Femur için anterior superior

iliyak çentik-patella üst ucu arası mesafe, tibia için tibial tüberkül-medial malleol arası mesafe basit bir koter kablosu ile ölçülebilir. Uzunluk ölçümü metal metreler kullanılarak skopi ile de gerçekleştirilebilir.^[41]

Sonuç olarak, minimal invaziv plak osteosentezi tekniğinin geliştirilmesi ile açık redüksiyon uygulanan konvansiyel plak osteosentezi sonrası görülen ve kırık dolaşımının bozulmasına bağlı olan kaynamama, enfeksiyon gibi komplikasyonların oranı oldukça azalmıştır. Özellikle son yıllarda kilitli plakların üretilmesi ile MİPO daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

Minimal invaziv plak osteosentezi, kırık hattı açılmadan kırığın indirekt olarak redükte edildiği ve perkütan plaklama ile köprülendiği bir tekniktir. Ancak minimal invaziv kavramı cerrahi kesinin büyüklüğü ile ilişkili değildir. Asıl amaç, kırık bölgesindeki yumuşak



Şekil 16. Basit kırıklarda rotasyonel deformitenin değerlendirilmesi. **(a)** Kortikal basamak belirtisi. **(b)** Korteks çap farkı.^[42]



Şekil 17. Sağlam tarafta tibiadaki rotasyonel deformitenin klinik olarak değerlendirilmesi.

dokuya minimal ek hasar yaratarak osteosentezi gerçekleştirmek olmalıdır. Bunun için indirekt redüksiyon teknikleri tercih edilmeli ve kemikte minimal "ayak izi" bırakan teknikler ve cerrahi aletler kullanılmalıdır.

Minimal invaziv plak osteosentezi, plakların internal bir atel olarak kullanılması sonucu esnek bir tespit sağlar. Bunun sonucunda kırık kal dokusu ile hızlı bir şekilde iyileşir. Esnek tespit için uzun bir plak ve aralıklı olarak uygulanmış az sayıda vida kullanılması gerekir. Plak olarak hem konvansiyonel, hem de kilitli plaklar kullanılabilir. Önemli olan uygun endikasyonun seçilmesi ve doğru tekniklerin uygulanmasıdır. Kilitli plakların periosteal dolaşımı bozmaması, açılabilir stabilitealarının olması, kemiğe göre şekil verilmesi zorunluluğunun olmaması gibi özellikleri MİPO için avantaj sağlamaktadır.

Tüm bu avantajlarına rağmen MİPO teknik olarak oldukça zordur. Özellikle kırığın indirekt olarak redükte edilmesi sırasında kısıklık ve dizilim bozukluğu gibi komplikasyonlarla karşılaşılabilir. Bu tekniği uygulayan cerrahların hem indirekt redüksiyon tekniklerine, hem de elde edilen redüksiyonu kontrol etmeye yönelik yöntemlere hakim olması gerekir. Bu, hem başarılı bir sonuç elde edilmesini hem de cerrahi sırasında daha az skopi kullanılmasını sağlayacaktır.

Minimal invaziv plak osteosentezi tekniği halen gelişme halindedir. Son yıllarda MİPO sırasında hem indirekt redüksiyonu hem de plakları perkütan uygulamayı kolaylaştıran ve kemik dolaşımını daha az bozan çeşitli cerrahi aletler üretilmiştir. İleride MİPO için bilgisayar destekli cerrahi yöntemlerin geliştirilmesi bu tekniğin daha kolay uygulanabilir olmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Miclaui T, Martin RE. The evolution of modern plate osteosynthesis. *Injury* 1997;28 Suppl 1:A3-6.
- Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H. Manual of internal fixation. 3rd ed. Berlin: Springer-Verlag; 1991.
- Perren SM, Russenberger M, Steinemann S, Müller ME, Allgöwer M. A dynamic compression plate. *Acta Orthop Scand Suppl* 1969;125:31-41.
- Perren SM, Cordey J, Rahn BA, Gautier E, Schneider E. Early temporary porosis of bone induced by internal fixation implants. A reaction to necrosis, not to stress protection? *Clin Orthop Relat Res* 1988;139-51.
- Perren SM, Klaue K, Pohler O, Predieri M, Steinemann S, Gautier E. The limited contact dynamic compression plate (LC-DCP). *Arch Orthop Trauma Surg* 1990;109:304-10.
- Tepic S, Perren SM. The biomechanics of the PC-Fix internal fixator. *Injury* 1995;26(Suppl 2):5-10.
- Kuentscher G. Intramedullary surgical technique and its place in orthopaedic surgery. My present concept. *J Bone Joint Surg [Am]* 1965;47:809-18.
- Ilizarov GA. Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening. *Clin Orthop Relat Res* 1990;8-26.
- Perren SM. Physical and biological aspects of fracture healing with special reference to internal fixation. *Clin Orthop Relat Res* 1979;175-96.
- Goodship AE, Kenwright J. The influence of induced micromovement upon the healing of experimental tibial fractures. *J Bone Joint Surg [Br]* 1985;67:650-5.
- Khong KS, Kotlanka R, Ghista DN. Mechanobiology. In: Tong GO, Bavonratanavech S, editors. AO manual of fracture management, minimally invasive. Plate Osteosynthesis (MIPO). Stuttgart: Thieme; 2007. p. 8-21.
- Perren SM. Evolution of the internal fixation of long bone fractures. The scientific basis of biological internal fixation: choosing a new balance between stability and biology. *J Bone Joint Surg Br* 2002;84:1093-110.
- Perren SM, Boitzky A. Cellular differentiation and bone biomechanics during the consolidation of a fracture. *Anat Clin* 1978;1:13-28.
- Blatter G, Weber BG. Wave plate osteosynthesis as a salvage procedure. *Arch Orthop Trauma Surg* 1990;109:330-3.
- Kinast C, Bolhofner BR, Mast JW, Ganz R. Subtrochanteric fractures of the femur. Results of treatment with the 95 degrees condylar blade-plate. *Clin Orthop Relat Res* 1989;122-30.
- Mast J, Jakob R, Ganz R. Planning and reduction technique in fracture surgery. Berlin: Springer-Verlag; 1989.
- Perren SM. The concept of biological plating using the limited contact-dynamic compression plate (LC-DCP). Scientific background, design and application. *Injury* 1991;22 Suppl 1:1-41.
- Gerber C, Mast JW, Ganz R. Biological internal fixation of fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 1990;109:295-303.
- Bolhofner BR, Carmen B, Clifford P. The results of open reduction and Internal fixation of distal femur fractures using a biologic (indirect) reduction technique. *J Orthop Trauma* 1996;10:372-7.
- Farouk O, Krettek C, Miclaui T, Schandelmaier P, Tscherne H. Effects of percutaneous and conventional plating techniques on the blood supply to the femur. *Arch Orthop Trauma Surg* 1998;117:438-41.
- Krettek C, Schandelmaier P, Miclaui T, Tscherne H. Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) using the DCS in proximal and distal femoral fractures. *Injury* 1997;28 Suppl 1:A20-30.
- Helfet DL, Shonnard PY, Levine D, Borrelli J Jr. Minimally invasive plate osteosynthesis of distal fractures of the tibia. *Injury* 1997;28 Suppl 1:A42-7.
- Borrelli J Jr, Prickett W, Song E, Becker D, Ricci W. Extraosseous blood supply of the tibia and the effects of different plating techniques: a human cadaveric study. *J Orthop Trauma* 2002;16:691-5.
- Frigg R, Appenzeller A, Christensen R, Frenk A, Gilbert S, Schavan R. The development of the distal femur Less Invasive Stabilization System (LISS). *Injury* 2001;32 Suppl 3:SC24-31.
- Goesling T, Frenk A, Appenzeller A, Garapati R, Marti A, Krettek C. LISS PLT: design, mechanical and biomechanical characteristics. *Injury* 2003;34 Suppl 1:A11-5.
- Schütz M, Müller M, Krettek C, Höntzsch D, Regazzoni P, Ganz R, et al. Minimally invasive fracture stabilization

- of distal femoral fractures with the LISS: a prospective multicenter study. Results of a clinical study with special emphasis on difficult cases. *Injury* 2001;32 Suppl 3:SC48-54.
27. Schandelmaier P, Partenheimer A, Koenemann B, Grün OA, Krettek C. Distal femoral fractures and LISS stabilization. *Injury* 2001;32 Suppl 3:SC55-63.
 28. Schütz M, Kääh MJ, Haas N. Stabilization of proximal tibial fractures with the LIS-System: early clinical experience in Berlin. *Injury* 2003;34 Suppl 1:A30-5.
 29. Stannard JP, Wilson TC, Volgas DA, Alonso JE. Fracture stabilization of proximal tibial fractures with the proximal tibial LISS: early experience in Birmingham, Alabama (USA). *Injury* 2003;34 Suppl 1:A36-42.
 30. Frigg R. Development of the Locking Compression Plate. *Injury* 2003;34 Suppl 2:B6-10.
 31. Stoffel K, Dieter U, Stachowiak G, Gächter A, Kuster MS. Biomechanical testing of the LCP-how can stability in locked internal fixators be controlled? *Injury* 2003;34 Suppl 2:B11-9.
 32. Bavonratanavech S. Instruments. In: Tong GO, Bavonratanavech S, editors. *AO manual of fracture management, minimally invasive Plate Osteosynthesis (MIPO)*. Stuttgart: Thieme; 2007. p. 22-31.
 33. Leung FLK. Implants. In: Tong GO, Bavonratanavech S, editors. *AO manual of fracture management, minimally invasive Plate Osteosynthesis (MIPO)*. Stuttgart: Thieme; 2007. p. 32-45.
 34. Siebenrock KA, Müller U, Ganz R. Indirect reduction with a condylar blade plate for osteosynthesis of subtrochanteric femoral fractures. *Injury* 1998;29 Suppl 3:C7-15.
 35. Siegel J, Tornetta P 3rd, Borrelli J Jr, Kregor P, Ricci WM. Locked and minimally invasive plating. *Instr Course Lect* 2007;56:353-68.
 36. Wagner M. General principles for the clinical use of the LCP. *Injury* 2003;34 Suppl 2:B31-42.
 37. Tanaka T. Decision making and preoperative planning. In: Tong GO, Bavonratanavech S, editors. *AO manual of fracture management, minimally invasive Plate Osteosynthesis (MIPO)*. Stuttgart: Thieme; 2007. p. 78-99.
 38. Krettek C, Schandelmaier P, Miçlau 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:A31-41.
 39. Gautier E, Sommer C. Guidelines for the clinical application of the LCP. *Injury* 2003;34 Suppl 2:B63-76.
 40. Apivatthakakul T. Complications and solutions. In: Tong GO, Bavonratanavech S, editors. *AO manual of fracture management, minimally invasive Plate Osteosynthesis (MIPO)*. Stuttgart: Thieme; 2007. p.100-18.
 41. Leung FKL, Chow SP. Reduction techniques. In: Tong GO, Bavonratanavech S, editors. *AO manual of fracture management, minimally invasive Plate Osteosynthesis (MIPO)*. Stuttgart: Thieme; 2007. p. 66-77.
 42. Krettek C, Miçlau T, Grün O, Schandelmaier P, Tscherne H. Intraoperative control of axes, rotation and length in femoral and tibial fractures. Technical note. *Injury* 1998;29 Suppl 3:C29-39.