

Tibia Pilon Kırıkları

Önder Ersan*, Bülent Çelik*, Emrah Kovalak**, Yalım Ateş***

Distal tibia'nın eklem yüzünü ve metafizi içeren kırıklara pilon kırığı denir ve bu kırıklar alt ekstremité kırıklarının % 1'ini oluşturur. Bu kırıklar, kayak yaralanmaları gibi düşük enerji ile oluştuğlarında, çevre yumuşak doku kılıfında önemli bir yaralanmaya neden olmazlar. Fakat yüksek enerjili yaralanmalar, beraberindeki yumuşak doku sorunları ve eklem içi kırığın çok parçalı olması nedeni ile sorun çıkarmaya eğilimli kırıklardır.⁽¹⁾ 1905' de Lambotte bu kırıklara "fractures l'epiphyse" adını vermiştir ve bu tip kırıklarda ilk kez açık redüksiyon ve internal tespiti uygulamıştır. 1911'de Destot "pilon" (çekiç) terimini kullanmıştır. 1950'de Bonin talusun bu bölgede yaptığı metafizel impaksiyona bağlı olarak plafond (tavan) terimini kullanmıştır⁽²⁾. 1970'li yıllarda da Ruoff ve Snider tibia distalinin bu potansiyel kompleks kırıklarını tariflemek için patlama kırığı terimini kullanmışlardır.⁽¹⁻⁴⁾

Pilon kırıkları, yüksekten düşmeler, motorlu araç yaralanmaları ve endüstriyel kazalar gibi genellikle yüksek enerjili travmalar neticesinde ortaya çıkar. Yüksek enerjili travmalarla olan pilon kırıklarında çoklu metafizel fragmanlar vardır, bu fragmanlar genelde eklem yüzü ile ilişkilidir ve deplasedir.

Bu tip kırıkların tedavisinde temel amaçlar; açık redüksiyon ile eklem yüzünün tekrar oluşturulması, sağlam tespit ve bu sağlam tespit sayesinde erken harekete başlamaktır⁽³⁻⁵⁾. Bazen kırığın çok parçalı olması durumunda bu söylenenlerin tümü mümkün olmamaktadır.

Kırığın Oluş Mekanizması

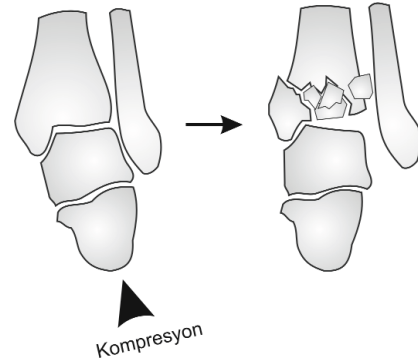
Spongios kemik aksiyel yüklenme veya germe kuvvetleri ile kırılır. Bu iki kuvvetin birlikte olduğu durumlarda, eklem yüzeyinde kompresyon kırığı ve metafizel bölgede ayrılmış instabil kırık ortaya çıkar.

Kompresyon tipi kırıklar sıklıkla yüksekten

düşme sonrası ortaya çıkar. Ayak sabitken öne doğru düşme veya kayak kazaları sonucunda germe tipi kırıklar, trafik kazaları ile de kombine kırıklar oluşmaktadır^(4,5).

Aksiyel kompresyon kırıkları

Eklem yüzeyinde şiddetli kompresyon, eklem yüzeyinin ezilmesine ve şiddetli parçalanmasına neden olur. Bazen parçalanma o kadar şiddetli olur ki, eklem yüzeyini anatomik olarak tekrar oluşturmak mümkün olmayabilir. Travma anındaki kırıkta hasarı ve eklem yüzünün anatomik olarak oluşturulmaması nedeniyle, hangi tür tedavi yapılırsa yapılsın, bu hastalarda erken osteoartrit oluşumu kaçınılmaz olmaktadır.



Şekil 1:
Kompresyon
tipi yüklenme
ile oluşan kırık
şekli

Metafizde kompresyonla birlikte rotasyonel kuvvetler, metafizin şiddetli ezilmesine ve sonuçta kabul edilemez bir aks değişimine neden olur. Bu düzeltilmediği takdirde distal eklem yüzeyine binen kuvvetlerin uygunsuz dağılımı sonucu artan stres zaman içinde kırıkta hasarına yol açar.

Makaslama -Gerilme tipi (shear-tension) kırıklar

Sadece makaslama-gerilme kuvvetleri ile oluşan ve aksiyel yüklenme olmayan kırıklarda eklem yüzeyi zedelenmeyebilir. Düşük enerjili travmalar ile oluşan bu kırıkların özelliği kırık hattıdır. Eklem yüzeyinde minimal ya da hiç kayma yoktur. Bazen eklem uzanan ince çatlaklar olabilir. Bu nedenle

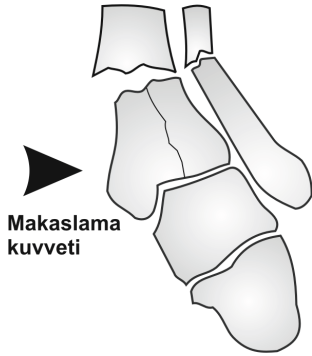
* Op. Dr., S.B Dışkapı Eğitim ve Araştırma Hastanesi 2.Ortopedi Kliniği Başasistanı

** Op. Dr., S.B Dışkapı Eğitim ve Araştırma Hastanesi 2.Ortopedi Kliniği Uzmanı

***Doç.Dr., S.B Dışkapı Eğitim ve Araştırma Hastanesi 2.Ortopedi ve Kliniği Şefi

uzun dönemde bu kırıkların prognozu kompresyon tipi kırıklara göre daha iyidir.

Bu tip kırıklar metafizde yumuşak dokulardaki hasar nedeniyle instabildir. Konservatif tedavi yapılırsa uzun dönem immobilizasyonda yarar vardır.



Şekil 2: Makaslama-gerilme tipi yüklenme ile oluşan kırık şekli

Kombine yaralanmalar

Her iki kuvvetin bileşimi ile kırık oluşur. Genellikle yüksek enerjili travmalarla meydana gelir.



Şekil 3: Hem aksiyel hem de makaslama-gerilme tipi yüklenmeler ile oluşan kırık şekli.

Değerlendirme

Aksiyel yüklenme nedeniyle ortaya çıkan bu tip kırıklarda eşlik eden yaralanmaların varlığı nedeniyle hastanın genel değerlendirilmesinin iyi yapılması gerekir. Bu tip kırıklara kalkaneus, tibia plato, pelvis, asetabulum ve vertebra kırıkları eşlik edebilir.

Damar sinir yaralanmasının varlığı dikkatle araştırılmalı ve kompartman sendromunu açısından yakın takip uygulanmalıdır. Zaman içinde artan ödeme bağlı ortaya çıkabilecek kompartman sendromu için yakın klinik izlem ve gerektiğinde seri kompartman sendromu basınçları ölçümleri yapılmalıdır.^(3,4)

Pilon kırıkları genellikle yüksek enerjili travmalarla olduğu için ciddi yumuşak doku hasarı mevcuttur. Yumuşak doku yaralanmasının miktarı ile ilişkili

olarak önemli komplikasyonlar gelişebilir. Aşırı ödem ciltte büllerin oluşumuna neden olur. Kırık üzerinde olan bül iki tip olabilir ve bu cilt yaralanmasının tipine göre değişir. Bül açık renkli bir sıvı ile doluyorsa yüzeysel hasarı gösterir, eğer kan ile doluyorsa tam kat dermal hasarı gösterir^(4,5). Büller sağlam bırakılmalı ve steril olarak kapatılmalıdır. Büllerin mevcut olduğu durumda cerrahi ertelenmeli ve cilt iyileşmesini takiben 7-14 gün içinde yapılmalıdır. Tibia distalinde şiddetli yumuşak doku yaralanmalarının iyileşmesi aylar sürebilir. Venöz dönüş yetmezliğine bağlı kronik ödem ve staz ülserleri ortaya çıkabilir, cilt nekrozu gelişebilir. Özellikle kötü planlanmış bir cerrahi kesinin yapılması ile ciddi sorunlar ortaya çıkar. Bu tip kırıklarda yumuşak dokuların çok dikkatli ve atravmatik olarak ele alınması çok önemlidir. Açık yaralar ve cilt defektinin damarlı kas greftleri ile kapatılması, enfeksiyon ve amputasyon oranlarını azaltır.⁽⁶⁾

Kırığın özelliklerinin belirlenmesinde uygun radyolojik değerlendirme çok önemlidir. Ön-arka ve yan ayak bileği grafilerine ek olarak mortis grafisi de mutlaka çekilmelidir. Sadece ön-arka grafi ile kırık parçalarının ve eklem çizgisinin değerlendirilmesi hatalı olur. Yan ve oblik grafiler, kırığın tipinin ve eklem çizgisinin değerlendirilmesinde yardımcıdır^(4,7). Fibulanın proksimalinde de kırık olabileceği gibi, tibia proksimaline uzanan kırık hatlarını görebilmek için tibia diz eklemine kadar görüntülenmelidir. Ameliyat öncesi planlamada, sağlam ayak bileği şablon olarak kullanılabilir, bunun için sağlam tarafın iki yönlü grafisini çekmek gerekir⁽⁷⁾. Bilgisayarlı tomografi kırığın daha iyi anlaşılmasında, eklem içi parça sayısının belirlenmesinde, kırığın kayma miktarının tespitinde, ve varsa eklem kırığının ezilmesinin saptanmasında yardımcı olur^(4,5).

Pilon kırıklarında uygulanacak tedavi ve seçilen tedaviye özgü komplikasyonların, kırığın olduğundan daha büyük problem oluşturabileceği unutulmamalıdır. Seçilen tedavi ne olursa olsun pilon kırığının özelliği nedeniyle iyi sonuç elde edilemeyebilir.

Sınıflandırma

Rüedi-Allgöwer sınıflandırması.

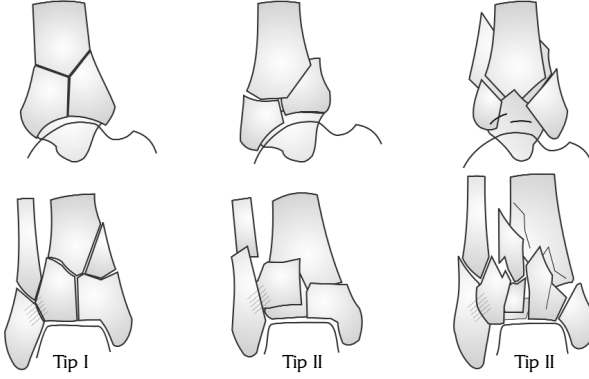
İdeal kırık sınıflandırma şeması tedavi eden hekimler arasındaki iletişimi geliştirir, yaralanmanın prognozu hakkında öngörü sağlar ve tedaviye yol gösterir. 30 yıl önce Rüedi ve Allgöwer günümüzde

de hala yaygın bir şekilde kullanılan bir sınıflama sunmuşlardır.⁽⁶⁾ Bu kırık sınıflama sistemi, eklemi içeren kırığın deplasman miktarına dayanarak kırığı 3 tipe ayırır.

Tip I: Eklemde deplasman yok, basit kırık

Tip II: Eklemde deplasman var, eklemde parçalanma yok

Tip III: Eklemde deplasman var, eklemde parçalanma var.



Şekil 4: Rüedi-Allgöwer sınıflandırması.

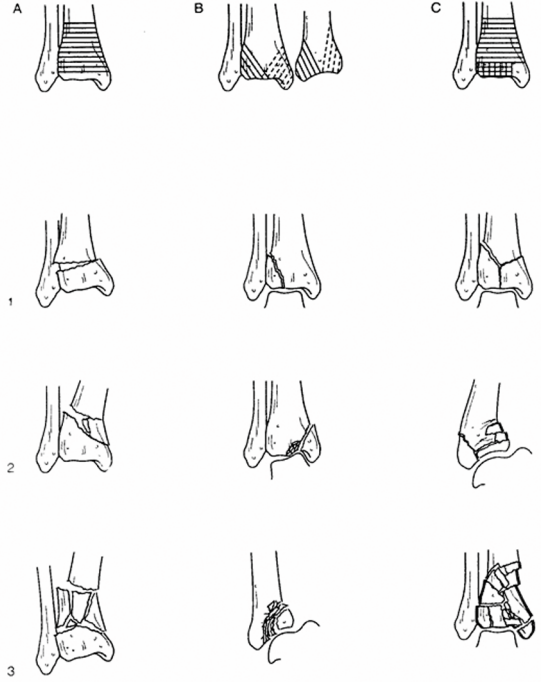
AO/OTA sınıflandırması

AO/OTA uzun kemik kırıkları için kapsamlı bir sınıflama geliştirmiş ve yayınlamıştır.⁽⁹⁾ Bu sınıflama şeması metafizel ve epifizel kırıkları 3 gruba ayırmıştır. Tip A kırıklar ekstra-artiküler kırıklardır. A1 basittir, A2 parçalı, A3 ciddi parçalıdır. Tip B eklem yüzünün sadece bir parçasını (distal kolonun bir parçasını) içeren kırıklardır. B1 basit split kırıklar, B2 split depresyon kırıkları, B3 çok parçalı depresyon kırıkları (posterior malleoler fragmanı ve koronal planda kırık çizgisini içerir). Tip C yüksek enerjili travma ile hem metafizi hem de eklem yüzünü içeren kırıktır. C1 basit metafizel, basit eklem yüzü kırığı, C2 parçalı metafizel, basit eklem yüzü, C3 eklem yüzü ve metafizin çok parçalı kırığı şeklindedir.

Tedavi Prensipleri

Williams 1967, Ruoff-Snyder ise 1971'de bu kırıkların anatomik olarak redükte edilmesi gerektiğini belirtmişler ancak cerrahi tedavinin yol açtığı komplikasyonlar nedeni ile sadece fibulaya tespit ve kalkaneustan iskelet traksiyonu önermişlerdir.⁽¹⁾

Rüedi ve Allgöwer 1969'da bu kırıkların tedavisinde uygulanacak prensipleri ortaya koymuşlardır. Bu prensipler; ilk olarak fibulanın redüksiyonu ve tespiti, ikinci olarak tibia eklem yüzeyinin



Şekil 5: AO/OTA sınıflandırması

rekonstrüksiyonu ve metafizin açık redüksiyonu, üçüncü olarak, metafizdeki defektlerin greft ile doldurulması, son olarak ta tibianın plak ile tespiti-dir⁽⁶⁾. Bu prensiplerle tedavi ettikleri 84 hastada % 74 iyi sonuç bildirerek, literatürde açık redüksiyon ve internal tespiti takiben erken mobilizasyonla iyi sonuç alınabileceğini ilk ortaya koyan yayın olma özelliğini kazanmışlardır. Bu yayının en zayıf noktası hastaların çoğunun düşük enerjili kayak yaralanmaları olmasıdır. Nitekim aynı ekibin çoğunluğu yüksek enerjili yaralanma (trafik kazası) olan ikinci serilerinde, aynı başarıyı elde edemedikleri ve ancak % 69 iyi sonuç elde ettikleri görülmüştür.⁽¹⁰⁾

Kırığın oluş mekanizması ile sonuç arasındaki ilişkiyi Kellam ve Wadell 1979'da ortaya koymuştur. Gerilme-makaslama tipi kırıklarda %84, kompresyon tipinde ise %53 iyi sonuç bildirmişlerdir ve cerrahi ile elde edilen sonuçların tecrübeli ellerde konservatif tedaviye üstün olduğunu göstermişlerdir.⁽¹¹⁾

Teorik olarak vücudun yük taşıyan eklemlerinde kaymış bir eklem içi kırıkta anatomik redüksiyon, stabil internal tespit ve erken hareketle iyi sonuç alınabilir^(3-5,8). Çok parçalı kırık, osteoporoz, yumuşak doku hasarının fazla olması, açık kırık varlığı ve cerrahın tecrübesiz olması sonuçların kötü olmasının nedenleridir⁽³⁾. Bu nedenle, hastanın beklentilerinin,

yumuşak dokuların durumunun ve radyolojik bulguların iyi değerlendirilmesi gereklidir. Kötü bir planlama ameliyatta sürprizle karşılaşılmasına neden olur. Genç hastalarda kırık tespitinde materyalin tutunabileceği sağlam kemik genelde bulunabilmekte, ancak osteoporotik ve yaşlı hastalarda düşük kemik kalitesi nedeniyle tespit sıkıntısı yaşanabilmektedir. Hastanın durumu hakkında bilgilendirilmesi ve eğer primer artrodez yapılacaksa izin alınması şarttır.

Fibulanın sağlam olduğu kırıklarda, şiddetli bir varus kompresyon kuvveti ile tibio-talar eklem medial eklem yüzeyi ezilmiş ve laterali sağlam kalmıştır. Fibula kırıkta, eklem lateralinde de şiddetli bir hasar var demektir. Metafizler parçalanma varlığında, eklem yüzeyine uzanan tek kırık hattı var veya kırık yok ise prognoz iyidir^(3,4). Ancak, metafiz sağlam olmasına rağmen eklem içi birçok kırık parçası varsa prognoz kötüdür.

Konservatif Tedavi

Konservatif tedavi, ayrılmamış kırıklar veya cerrahi tedavinin yapılmasına izin vermeyecek lokal veya sistemik sorunların varlığında uygulanabilir. Ekstremitte diziliminin alçı içinde sağlandığı, stabil kırıklar 4-6 haftalık alçı uygulaması ile tedavi edilebilir. AO sınıflamasına göre 2 mm'den az deplase A1, B1 ve C1 kırıklarda alçı tedavisi uygulanabilir. Kırık redüksiyonu konusunda şüphe varsa, bilgisayarlı tomografi ile parçaların deplasmanı değerlendirilmelidir.⁽¹²⁾

İskelet traksiyonu, uzun süreli hospitalizasyon ve yatağa bağımlılık gerektirdiği için definitif tedavi için uygun değildir. Ancak, AO B3, C2 ve C3 kırıklarda, tibianın diziliminin basit bir atel içinde korunması zor olduğu için, cerrahi tedaviden önce yumuşak doku iyileşmesine izin vermek için 7-14 gün iskelet traksiyonu ile takip edildikten sonra definitif tedavi yapılabilir.⁽¹²⁾

Cerrahi Tedavi

Tibia pilon kırıklarına cerrahi tedavi endikasyonları;

- Eklem yüzünü içeren fragmanın 2 mm'den daha fazla kayması,
- Kırık nedeni ile oluşan eklem instabilitesi,
- Herhangi bir planda 10 dereceden daha fazla açılanma yapacak ekstremitte dizilim bozukluğu,
- Açık kırık varlığı,

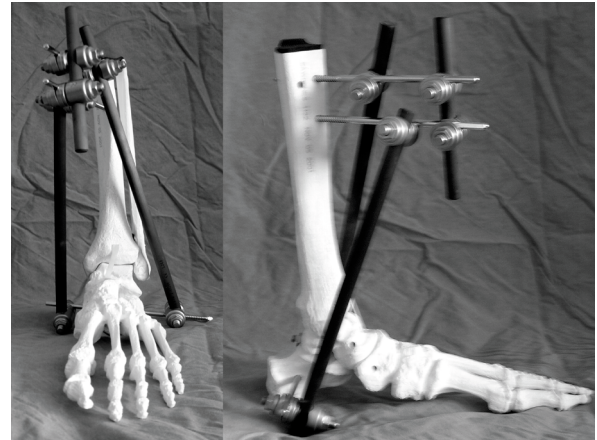
- Damar tamiri gerektiren kırıklardır^(4,5,13,14).

Erken hareket, yapılan ameliyatın sonucu iyi yönde etkiler, eklem kıkırdağının beslenmesine, cerrahi yaranın iyileşmesine ve bağların iyileşmesine izin verir. Erken hareket minimal artrofibrozise, minimal kas atrofisine sebep olur ve birçok olguda eksternal tespit ve alçı ihtiyacını gereksiz kılar.

Açık redüksiyon ve internal tespit sonrası oluşabilecek yumuşak doku komplikasyonlarını azaltmanın tek yolu cerrahi zamanını iyi ayarlamaktır. Uygunsuz zamanlama yumuşak doku hasarının miktarını ve uzun dönem komplikasyonlarını artırır^(3,4).

Yumuşak doku örtüsü izin veriyorsa erken cerrahi tedavi yapılabilir. Ancak, cilt ve yumuşak dokularda bül ve ödem gelişmişse erken cerrahi uygulanmamalı ve 7-14 gün beklendikten sonra ödem azalınca cerrahi uygulanmalıdır. Bu süre travmatize olan dokuların dolaşımının düzelmesine izin verir^(14,15).

Distal tibia kırıklı hastaların tedavisinde hızlı iskelet stabilizasyonu önemlidir. Sedasyonla redüksiyon yapıp açılanmalar düzeltilmeli, eklem sublukse ise redükte edilmeli ve bol pamuklu atel ile desteklenmelidir. Gerekirse hastanın hastaneye kabul gününde kalkaneusa iskelet traksiyonu veya kalkaneus tibia arasına trianguler eksternal fiksatorün yerleştirilmesi ile hızlı stabilizasyon yapılır.



Şekil 6: Triangüler fiksatorün makette uygulanması.

Eksternal fiksator uygulaması yumuşak doku iyileşmesini hızlandırır ve ekstremitte uzunluğunun korunmasına yardım eder⁽¹⁶⁾. Bu kırıkların alçı ile tedavisi iki önemli nedenden dolayı önerilmemektedir. Öncelikle ekstremitenin alçı içinde normal uzunluğuna çekilip o pozisyonda tutulması çok zordur.

İkincisi ise alçının eklem hareketlerine izin vermemesi ve bunun da eklemle ilgili komplikasyonlara yol açmasıdır.

Bu kırıkların tedavisinde aşağıdaki yöntemlerden birisi seçilebilir:

- Klasik açık redüksiyon ve internal tespit
- Hibrid eksternal fiksator
- Perkutan plaklama, eksternal fiksator
- Eksternal fiksator ve sınırlı internal tespit
- Geçici eksternal tespit ve bunu izleyen açık redüksiyon ve internal tespit

AO B1, B2 ve C1 kırıklar, açık redüksiyon ve internal tespit için ideal kırıklardır. B3, C2 ve C3 kırıklar yüksek enerjili yaralanmalar olduğu için yumuşak doku komplikasyonu gelişme riski çok yüksektir. Bu kırıklarda aşamalı internal tespit veya eksternal fiksatorlerin kullanımı tercih edilebilir.

Açık Redüksiyon ve İnternal Tespit

Metafizer parçalanması olmayan uzun oblik kırıklar, sadece perkutan kanüle vida ve alçı desteği ile tedavi edilebilir. Perkutan redüksiyonun sağlanabildiği bu durumlarda, yumuşak doku diseksiyonunun morbiditesinden kaçınılmış olur. Sonuçlar, düşük enerjili yaralanmalar olduğu için çok iyidir.⁽¹⁷⁾

Cilt kesisi dikkatli bir şekilde planlanmalıdır. En uygun kesi tibia anteriorunun 5 mm kadar lateralinden, tibialis anterior tendonunun medialinden geçecek şekilde medial malleol distaline anteriorından giden kesidir. Bu kesi, laserasyon ve travmatize cilt dikkate alınarak değiştirilebilir. Fibulaya ulaşmak için kullanılan lateral kesi ile anterior kesi arasındaki cilt köprüsünün en az 7.5 cm olması önemlidir. Bu nedenle gerekirse fibula üzerindeki kesi daha posteriora kaydırılabilir. Cilt dikkatli bir şekilde korunmadığı takdirde nekroz gelişebilir, tibia üzerinden kaldırılan flep periosta kadar tek kat halinde kaldırılmalıdır. Eğer cilt altı dokulara girilirse nekroz riski artar. Cilt kesileri mümkünse yerleştirilmesi planlanan implantların hemen üzerinde olmamalı, düşük profilli implantlar ve 3,5-4,0 mm vidalar tercih edilmelidir.

Fibula sağlamsa ayak bileği mortis ve lateralinin stabilitesinin bozulmadığı kabul edilir. Bu hastalarda, tibia kırığı çok parçalı ve eklem yüzeyi impakte olmuş olabilir.

Fibulaya bağlı iri bir fragman eklem rekonstrüksiyonu için mihenk taşı olur. Eklem yüzeyi genişçe açılmamalı, kemikler mümkün olduğunca yumuşak



Şekil 7: Ameliyat sonrası yara yeri problemi oluşan bir olgu.

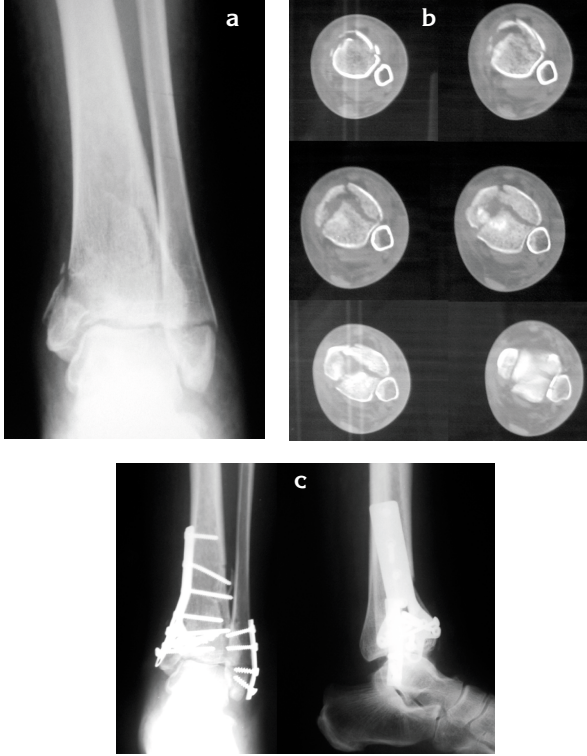


Şekil 8a,b: 44 yaşında erkek hasta, yüksekten düşme ile oluşan kırığın a: ameliyat öncesi ve b: sonrası grafileri. Ameliyat ile anatomik redüksiyon sağlanmasına rağmen eklem yüzeyinde kırıkta impaksiyonu izlenmektedir.

doku ve periosttan ayrılmamalıdır. Redüksiyon ve greftlemeyi takiben medialden plak ile destek (but-tress) etkisi sağlanmalıdır.

Fibula kırksa, rekonstrüksiyonda ilk olarak fibulanın tespiti, ikinci olarak tibia eklem yüzeyinin rekonstrüksiyonu ve metafize açık redüksiyon, sonra metafizdeki boşlukların greft ile doldurulması, son olarak da medial veya anterior plak ile tespit yapılmalıdır⁽⁷⁾.

Fibula rekonstrüksiyonu standart olarak AO teknikleri uygulanarak yapılabileceği gibi transvers kırıklarda kalın K-telleriyle intrameduller tespit de yapılabilir. Fibulanın orijinal uzunluğu korunmaya çalışılmalıdır. Malleoler kırıkların aksine pilon kırıklarında fibulanın rotasyonel stabilitesi, tibial rotasyonel stabiliteye katkıda bulunmaz. Tibianın rotasyonel stabilitesi, tibiaya uygulanan tespit ile sağlanmalıdır.

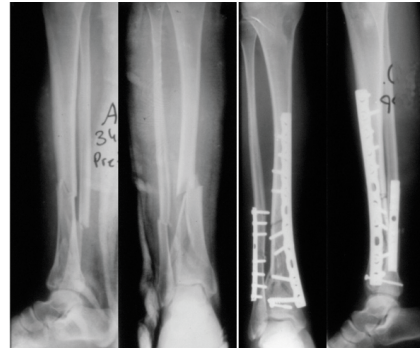


Şekil 9a,b,c: 32 yaşında bayan hasta, yüksek enerjili travma sonucu oluşan pilon kırığı; a: Ameliyat öncesi grafi; b: Ameliyat öncesi bilgisayarlı tomografiler; c: Medialden tibiaya yonca yaprağı plak, lateralden fibulaya semitübuler plak uygulanmış hastanın ameliyat sonrası grafileri.

Tibia eklem yüzünün rekonstrüksiyonunda kilit parça, fibulaya bağlı olan lateral parçadır. Anatomik olarak fibulaya bağlı olan bu parça mihenk taşıdır ve diğer büyük parçalar bu parçanın pozisyonu dikkate alınarak K-telleri ile tutturulur. Eğer parçalar büyükse redüksiyon kolay olur. Eklem yüzeyinde anatomik redüksiyona çalışılmalıdır. Eğer varsa metafizdeki boşluklar greft ile doldurulmalıdır. Parçaların pozisyonuna göre anterior veya mediale destek (buttress) plağı uygulanır. Mediale T- plak, clover leaf plate (yonca yaprağı plak), LC-DCP (Limited Contact-Dynamic Compression Plate), LCP-distal tibial plağı (Locking Compression Plate) kullanılabilir. Yonca yaprağı plak, parçaların çok sayıda olduğu ve tespit için çok sayıda vidaya ihtiyaç duyulan kırıklarda uygulanmalıdır. LCP distal tibial plağının proksimal tibia cisimine uyan bölgedeki vidaları paraleldir, distalde ise kemikten ayrılmasını engellemek için vidalar konverjan yerleştirilir. Eğer bir plak ile yeterli tespit sağlanamıyorsa ikinci bir plak anteriordan yerleştirilebilir^(3,4,18).



Şekil 10a,b: Yüksekten düşme sonucu oluşan pilon kırığı; a: Ameliyat öncesi grafileri; b: Ameliyat sonrası grafileri, hastaya medialden yonca yaprağı ve lateralden semitübüler plak uygulanmış.



Şekil 11: Yüksek enerji ile oluşmuş bir kırığın ameliyat öncesi ve sonrası grafileri. Medialden LC-DCP plak, lateralden semi tübüler plak uygulanmış.

Dokular kapatılmadan önce aspiratif dren yerleştirilmeli, derin dokular emilebilir sütürler ve cilt naylon sütürler ile kapatılmalıdır. Cilt nekrozundan kaçınmak için yaranın lateral kenarı boyunca yerleştirilen Donati dikişinin Allgöwer modifikasyonu tercih edilmelidir.

Aşamalı internal tespit

Yüksek enerjili yaralanmalarda, yumuşak doku komplikasyonlarını önlemek için aşamalı internal tespit yapılabilir. Önce fibula uzunluğu sağlanır ve plak ile tespit edilir. Bu sırada mediale yerleştirilen eksternal fiksator ile parçaların uygun dizilimi sağlanır ve yumuşak doku iyileşmesi beklenir. Yumuşak doku iyileşmesinin ardından, ikinci bir cerrahi ile tibianın internal tespiti yapılır. Sirkin ve ark., bu yöntemi uyguladıkları 30 kapalı ve 17 açık kırığın hepsinde kaynama elde etmiş ve 3 olguda

osteomyelit geliştiğinden bahsetmişlerdir.⁽¹⁹⁾ Dickson ve ark., 37 yüksek enerjili pilon kırığında aşamalı tedavi uygulamış ve %81 oranında başarılı klinik sonuç rapor etmişlerdir. Bu seride enfeksiyon %8 oranında görülmüş, %8 sekonder artrodez gerekmiş ve 1 olgu amputasyon ile sonuçlanmıştır.⁽²⁰⁾ Bir başka çalışmada Blauth ve ark., çoğunluğu AO tip C olan 51 hastayı erken ve aşamalı cerrahi yönünden karşılaştırmış, ve aşamalı cerrahi yapılan olguların klinik sonuçlarının daha iyi, komplikasyon oranlarının daha düşük olduğunu bulmuşlardır.⁽²¹⁾

Hibrid Eksternal Fiksator

Yumuşak doku diseksiyonunu en aza indirmek ve cilt altında büyük implantlardan kaçınmak amacıyla, son zamanlarda hibrid eksternal fiksatorler, pilon kırıklarının tedavisinde uygulanmaya başlanmıştır. Fiksator proksimalde Schanz çivileri ile mono-lateral olarak uygulanırken, distalde sirküler komponenti ile kırık tespiti yapılır.

Hibrid eksternal fiksator metafizel parçalanması olup, ligamentotaksis ile redüksiyonun yeterince sağlanabildiği kırıklarda endikedir.⁽²²⁻²⁵⁾ Yeterli redüksiyonun sağlanamadığı olgularda, eksternal fiksatöre ilave olarak skopi kontrolünde perkütan kanüllü vidalar yerleştirilebilir veya mini insizyonla eklem yüzeyi daha anatomik pozisyona getirildikten sonra sirküler fiksatorün telleri yerleştirilebilir. Özellikle yumuşak doku bağlantısı olmayan serbest metafizer parçalar, ligamentotaksis ile redükte edilemedikleri zaman ek tespit gerektirirler. Kontamine açık kırıklar, hibrid fiksatorün kullanımı için uygun bir endikasyon oluştururlar. Hibrid fiksatorler üç şekilde uygulanabilir⁽¹²⁾:

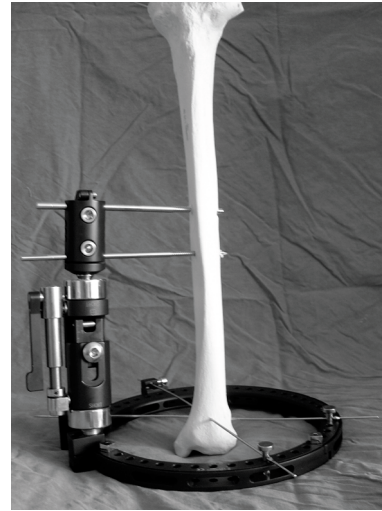
1. Ayak bileğini içine almayan tespit
2. Ayak bileği eklemine de içine alan rijid tespit^(16,26)
3. Ayak bileği eklemine de içeren ancak menteşe yerleştirilerek ayak bileğine bir miktar hareketin verildiği tespit.^(22,27)

Ayak bileğini de fiksatorün içine almanın en önemli avantajı ligamentotaksis etkisi ile redüksiyona yardımcı olunması ve ayakta ekin gelişme eğiliminin önlemesidir. Buna karşın arka ayakta sertlik oluşması yöntemin dezavantajıdır. Bone ve ark⁽¹⁶⁾, ayak bileğini de içine alan fiksator uyguladıkları 20 hastanın hepsinde kaynama elde etmişler (3 olguda sekonder kemik grefti ile), ayak bileği hareketlerinin

uzun süren immobilizasyona rağmen 15 olguda çok iyi olduğunu bulmuşlardır.⁽¹⁶⁾ Kapukaya ve ark., ayak bileğini de içine alan İizarov tipi sirküler eksternal fiksatorle tedavi ettikleri 14 olgunun 10'unda anatomik redüksiyon elde etmişler, ancak 48 aylık izlemde, olguların hepsinde değişen derecelerde radyolojik artroz bulgusu saptamışlardır.⁽²⁸⁾

Menteşeli fiksatorler, bir miktar ayak bileği hareketine izin verir. Menteşe aksının tam ayak bileği ekseninden geçmemesi ve hareketin redüksiyona olumsuz etkileri konusundaki endişeler yersiz çıkmıştır.⁽²⁶⁾ Marsh ve ark,⁽²²⁾ menteşeli hibrid eksternal fiksator uyguladıkları 49 kırığın 48'inde ortalama 19 haftada kaynama sağlamışlar, bir olguda sekonder kemik greftlemesi ihtiyacı, 8 olguda çivi dibi sorunları saptamışlardır. Hiçbir olguda derin enfeksiyon görmemişlerdir.

Hibrid eksternal fiksator ile sağlanan stabilite erken harekete izin vermek için yeterlidir ve geniş insizyonlar ile ilgili komplikasyonları engeller. Fibula kırığının eşlik ettiği kırıklarda, fibulaya plak uygulamasının gerekliliği hala tartışmalıdır. Williams ve ark., fibula kırığının eşlik ettiği 53 pilon kırıklı hastayı eksternal fiksator ile tedavi etmişlerdir. 22 hastaya fibulaya plak tespiti uygulamış, diğerlerine uygulamamışlardır. İki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulmamışlardır. Yazarlar parçalı bir tibia kırığının varlığında fibulanın plaklanması, tibia kırık parçalarının birbiriyle temasını engelleyip iyileşmeyi geciktirebileceği fikrini öne sürmüşlerdir⁽²⁴⁾.



Şekil 12: Hibrid fiksatorün makette uygulaması.

Minimal İnvaziv Perkutan Plak Osteosentezi

Minimal invaziv perkutan plak osteosentezi (Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis - MİPPO), pilon kırıklarında geleneksel tedavi yöntemlerinin getirdiği yumuşak doku komplikasyonlarına bir çözüm amacıyla geliştirilmiştir. MİPPO, kırık parçalarının dolaşımına zarar vermemek ve yumuşak doku hasarını azaltmak için avantajlıdır⁽⁵⁾. MİPPO ile yapılan kadavra çalışmalarında, perforan arterler ve besleyici arterlerin normal plakla osteosenteze göre daha az zarar gördüğü gösterilmiştir.⁽²⁹⁾ Biyolojik olarak üstün olan bu plaklama ile kaynama oranları daha yüksek olabilmekte ve komplikasyon oranları azalmaktadır.^(30,31) MİPPO endikasyonları; intrameduller çivi ile tespit için aşırı distalde yer alan stabil olmayan metafizyel / diafizyel kırıklar, önemli yumuşak doku hasarı ile ilişkili olan düşük enerjili kırıklar, eklem rekonstrüksiyonuna, perkutan plaklamaya ve yeterli yumuşak doku kapamasına izin veren kırıklar, açık distal tibia kırıklarıdır⁽⁵⁾.

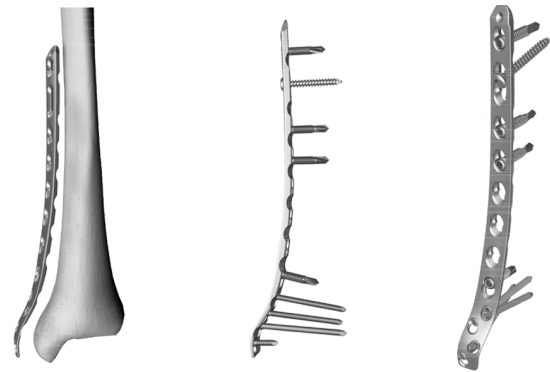
MİPPO'nun basamakları aşağıdaki gibidir:

1. Önce fibula plaklanması ve eksternal fiksasyon ile 7-14 gün süreyle yumuşak doku hasarının iyileşmesinin beklenmesi.
2. Yumuşak doku iyileşmesi sağlandıktan sonra, sınırlı artrotomi ile kaymış eklem yüzünün redüksiyon ve tespiti.
3. Perkutan plak osteosentezi ile distal eklem bölümünün tibial diafize tespiti.

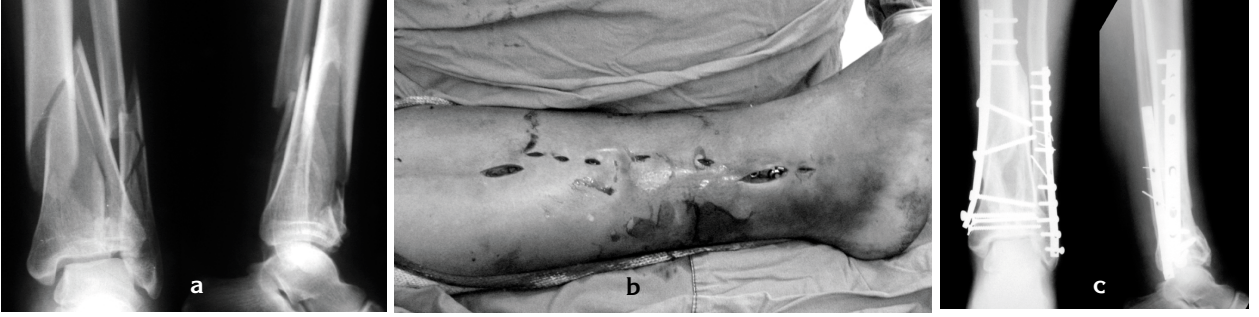
Tedavinin ilk aşaması, kalkaneus ve tibiadan tri-anguler eksternal fiksatörün yerleştirilmesi ile erken stabilizasyonu içerir. Fiksator uygulaması ile birlikte fibulanın plaklanması tibial redüksiyonun stabilizasyonunun artırılması, tibial dizilimin daha başarılı sağlanabilmesi ve uzunluk kaybının önlenmesi için önem taşır. Fibulanın redüksiyonu ile antero-lateral distal tibia fragmanının (Chaput fragmanı) ve posterior malleol fragmanının (Wagstaffe fragmanı) redüksiyonları da kolaylaşır. Eğer tedavinin erken döneminde yeterli stabilitede ve iyi dizilimde bir ekstremitede elde edilebilirse, yumuşak dokuların iyileşebilmesi için istenilen zaman kazanılabileceği ve gerekli ortam sağlanabilmiş olur. Definitif tedavi, akut faz geçip, yumuşak doku ödemi çözülmüye kadar geciktirilmelidir. Bu süre tipik olarak yaralanmadan 7- 14 gün sonradır⁽¹⁾.

Hasta supin pozisyonda ve x-ışını geçirebilen bir

ameliyat masasına alınmalıdır. Her iki ekstremitenin de steril olarak örtülmesi dizilim ve uzunluğun karşılaştırılabilmesinde yardımcı olabilir. Cerrahi sırasında aynı ya da karşı taraf iliak kanat greftleme için hazırlanır. Allogreft ya da kemik dokusu yerine geçebilecek materyaller de boşluk doldurmak için kullanılabilir⁽⁴⁾ İlk olarak tibia eklem yüzündeki parçalar, ya perkutan teknikle ve floroskopi kontrolünde, ya da mini insizyonlar kullanarak redükte edilir. Eklem yüzü redüksiyonu sağlandıktan sonra 2,7 ya da 3,5mm vidalarla tespit yapılır. Metafiz defektini köprülemek ve eklem parçasını diyafize tespit etmek amacı ile sınırlı bir kesi ile subkutan plak yerleştirilir. MİPPO için DCP, LC-DCP, LCP, 1/3 tübüler plak, 3,5 mm rekonstrüksiyon plağı ya da yonca plaklar kullanılmıştır.⁽³²⁻³⁴⁾ Distal tibiada MİPPO tekniğinde başarılı olunabilmesi için düşük profilli plaklar seçilmeli ve plak özellikle de distal tibianın torsiyonuna uygun şekilde (ameliyattan önce) bükülerek şekillendirilmelidir. Bu amaçla diğer tibia ya da sawbone şablon olarak kullanılabilir.⁽³⁰⁾ Synthes® tarafından üretilmiş olan LCP-Distal Tibia plağı bu amaçla önceden şekillendirilmiş ve distal kısmı yumuşak doku sorunlarını azaltabilmek için inceltirilmiştir.(Şekil 13.) Plak yerleştirilmesi için kırığın distal ve proksimalinde tibianın antero-medialinden 3cm'lik kesiler yapılır ve aradaki yumuşak doku köprüsü sağlam kalacak şekilde uzun klempler ile ve künt diseksiyonla cilt altından bir tünel oluşturulur. Plak bu tünelden yerleştirilir ve floroskopi kontrolünde ve sadece vida deliği üzerinden açılan mini insizyonlar ile vidalar yerleştirilir. Kırık hattını köprüleyebilmek amacıyla yeterli uzunlukta plak seçilmelidir. Önemli noktalardan biri kırığın proksimal ve distalinde en az 2 ya da 3 adet bikortikal vida yerleştirilebilmesidir.⁽³²⁻³⁴⁾ Yeni kilitli



Şekil 13: AO LCP-Distal tibia plağı (Şekil ve illüstrasyonlar Synthes'in izni ile basılmıştır. Telif hakkı Synthes®, İsviçre'ye aittir).



Şekil 14a,b,c: Yüksek enerjili bir yaralanma ile oluşmuş kırıkta MIPPO uygulaması, a: Ameliyat öncesi grafileri; b: Cilt örtüsü bozulmadan tibia plağının perkütan yerleştirilmesi; c: Ameliyat sonrası 3. yıl grafileri (Dr. G. Okçu'nun. arşivinden)

plak-vida sistemlerinde ise tam olarak kaç adet vida yerleştirilmesi gerektiği tam olarak belirlenebilmiş değildir. Pallister ve Lorwerth, kırığa yakın sahada 1 ya da 2'şer adet bikortikal kilitli vida ve ek olarak bir ya da 2 unikortikal vida uygulanmasının yeterli olabileceğini belirtmişlerdir.⁽³⁴⁾

Ameliyat sonrası, ayak bileği nötralde bol pamuklu atel yapıp elevasyon uygulanır. Drenler 24- 48 saat içinde çıkarılmalıdır. Eğer stabilizasyon yeterli ise 2. günde bacak alçı dışına çıkartılıp harekete başlanır. Ekinus deformitesinin gelişmemesi için hasta egzersiz yapmadığı zaman ayak bileğini 90 derecede sabitleyen atelde tutulmalıdır. Hasta taburcu edilirken parmak ucuna basmasına izin verilmelidir.^(3,4)

Yara yeri ameliyat sonrası 6- 8 gün izlenmelidir. Dikişler yara yeri tamamen iyileştikten sonra, yaklaşık olarak 2-3. haftada alınmalıdır. Eğer yara komplikasyonsuz iyileşmişse yürüme botu yapılır ve ayak bileğinin aktif hareket etmesine izin verilir. Parsiyel yüklenmeye ameliyat sonrası 4-6. haftalarda başlanabilir. Bu sırada, patellar tendon yüklenmeli bir ortez ya da yürüme botu ilave tespit sağlar.^(3,4) 12-14 haftada iyileşme tamamlanmışsa yürüme botu çıkarılır ve tam yüklenmeye izin verilir.

MIPPO Sonuçları:

Helfet ve ark., 2 basamaklı tedavi ile MIPPO uyguladıkları 17 pilon kırıklı hastayı değerlendirmişlerdir. Tüm olgularda ortalama 14.1 haftada kaynama elde etmişler; sadece 2 olguda lokal yara bakımı ile iyileşen yüzeysel yara yeri enfeksiyonu ile karşılaşmışlardır.⁽⁵⁾

Oh ve ark., distal tibia metafiz kırığı olan 21 hastayı (sadece 4 kırıkta eklem içine uzanım mevcut) 4.5 mm LC-DC plak kullanarak MIPPO yöntemi ile tedavi etmişlerdir. Ortalama 15.2 haftada tüm kırık-

lar iyileşmiş ve 1 hastadaki 10° iç rotasyon deformitesi hariç tüm hastalarda başarılı sonuç elde edilebilmiştir.⁽³⁰⁾

Ghera ve ark., eklem içi uzanım gösteren distal tibia kırıklarında 2 basamaklı tedavi ve tibiya MIPPO uygulaması ile 18 hastayı tedavi etmiş ve ortalama 16 haftada tüm olgularda kaynama sağlayabilmişlerdir. Olguların hiç birinde ciddi enfeksiyon görülmemiştir.⁽³⁵⁾

Patterson ve Cole da iki aşamalı yöntemle tedavi ettikleri 21 pilon kırıklı hastada %77 başarılı sonuca ulaşmıştır. %9 oranında artrodez gerekirken, hiçbir olguda derin doku enfeksiyonuna rastlanmamıştır.⁽³⁶⁾

Primer Artrodez

Ayak bileği ekleminin rekonstrükte edilemeyecek derecede hasarlandığı, ciddi kırıkdaya kaydı olan penetran yaralanmalarda primer artrodez bir tedavi seçeneğidir. Ancak, literatürde, klinik sonucun radyolojik sonuç ve anatomik redüksiyonla korele olmadığı konusunda fikir birliği vardır⁽³⁷⁾. Redüksiyon ve dizilimi çok iyi sağlanamamış olgularda bile sekonder artrodez ihtiyacı beklenenin çok altındadır. Bu nedenle cerrah, çok parçalı B3 ve C3 kırıklarda bile önce rekonstrüksiyon denemelidir⁽¹²⁾. Hastanın yakınmaları doğrultusunda sekonder artrodez her zaman yapılabilir. Primer artrodez uygulanacaksa eksternal fiksasyon en sık kullanılan yöntemdir. Sıklıkla birlikte yumuşak doku örtüsünün devamlılığının sağlandığı flep girişimleri gerekli olur.

Pilon Kırıklarının Komplikasyonları

Açık redüksiyon ve internal tespit yapılan tibia pilon kırıklarında çeşitli komplikasyonların görülme insidansı %10 ile %55 arasında değişir^(3,4,13). Sık görülen komplikasyonlar; yüzeysel yara yeri nekrozu

ve enfeksiyonundan, derin enfeksiyon ve tam kat yara yeri nekrozuna varan yara yeri problemleri, kaynamama, kötü pozisyonda kaynama, eklem hareketlerinde kısıtlılık, sempatik distrofi ve artrit.

Yüzeyel yara yeri problemleri yaralanmanın şiddeti ile yakından ilişkilidir ve oral antibiyotikler, lokal yara bakımıyla ve ayak bileğinin hareketlerinin geciktirilmesi ile başarılı bir şekilde tedavi edilir. Ancak tam kat yara yeri problemleri uzun süren antibiyoterapi, debridman ve yumuşak doku kapaması gerektirir. Bu komplikasyonların gelişmesinde en önemli pay cerrahi zamanlamaya aittir. Uygun olmayan zamanlama ile yumuşak doku hasarı miktarı artabilir.

Teeny ve Wiss'in⁽¹⁸⁾ olgu serisinde yara yeri problemi plak vida ile tespit edilenlerde %33,3, sadece vida kullanılarak sınırlı açık redüksiyon yapıp eksternal fiksator yapılanlarda %20.7 olarak belirtilmiştir. Derin doku enfeksiyonu oranı Rüedi-Allgöwer tip I ve tip II kırıklarda %0, tip III kırıklarda %37 olarak belirtilmiştir. İki aşamalı cerrahi ve ayak bileğini de içine alan eksternal fiksator uygulaması ile enfeksiyon oranları düşürülebilir. Sirkin ve Sanders,⁽¹⁹⁾ bu protokolle kapalı kırıklarda enfeksiyon oranını % 3,4, açık kırıklarda % 10.5 olarak bulmuşlardır. Ancak, kontrol edilemeyen enfeksiyon hala çok ciddi bir sorundur ve amputasyon ile sonuçlanabilir.

Kaynamama veya kaynama gecikmesi %4-36 oranında görülebilir^(4,13). Özellikle Rüedi-Allgöwer tip III kırıklarda, tip I ve tip II kırıklara göre daha yüksek oranda kaynamama görülür^(10,13). Bourne ve ark., klasik yöntemle açık redüksiyon ve internal tespit uygulanan tip III kırıklarda %25 oranında kaynamama ve sadece %44 başarılı sonuç bildirmiştir.⁽³⁸⁾ Teeny ve Wiss⁽¹⁸⁾ tip I ve tip II kırıklarda %7, tip III kırıklarda % 27 oranında kaynamama bildirmişlerdir. Helfet ve ark. ise⁽¹³⁾ % 11 oranında kaynamama rapor etmişlerdir.

Kaynamamanın en önemli sebepleri kırık parçalarının devaskülarizasyonu, cerrahi sırasında aşırı yumuşak doku hasarı ve kırık yüzlerinin distaksiyonudur. Teeny ve Wiss⁽¹⁸⁾ metafizer bölgedeki defektler için rutin greftleme önermişlerdir. Kaynamamanın tedavisinde de greftleme ve tekrar tespit uygulanmalıdır.

Pilon kırıklarını takiben görülen posttravmatik artrit, travma esnasındaki kırıkta hasarı, subkondral kemiğin avasküler nekrozundan veya eklem

yüzünün anatomik olarak rekonstrükte edilememesinden kaynaklanabilir. Rüedi ve Allgöwer yaralanmadan sonraki ilk 2 yıl içinde genellikle artritin geliştiğini belirtmişlerdir⁽¹⁰⁾.

Metafizde ya da eklem yüzünün kötü pozisyonda kaynaması %2-58 oranında görülür ve tespit yetersizliği veya redüksiyon kaybı sonucu olur^(18,22,25). Kronik ağrıya yol açar. Yetersiz tespit, implant yetmezliği veya metafizdeki defektin greftlenmemesi sonucunda tibiya ağırlık verince distal tibiada varus deformitesi gelişir. Tedavide supramalleolar kapalı veya açık kama osteotomisi ile birlikte greftleme uygulanabilir.

*Yazışma Adresi: Dr.Önder Ersan
Yeni Ziraat Mahallesi 14. Sokak
No: 8/C ANKARA
Tel: 3170505 /1254
E-posta: onersan@gmail.com*

Kaynaklar

1. Sirkin M, Sanders R: The treatment of pilon fractures. *Orthop Clin North Am* 2001, 32(1):91-102.
2. Michelson J, Moskovitz P, Labropoulos P: The nomenclature for intra-articular vertical impact fractures of the tibial plafond: pilon versus pylon. *Foot Ankle Int* 2004, 25(3):149-50.
3. Ateş Y: Tibia pilon kırıkları ve tedavi yaklaşımları: Turkish Electronic Journal of Medicine, Official Journal of Ankara Chamber of Medicine 1996.
4. Borrelli J Jr, Ellis E: Pilon fractures: assessment and treatment. *Orthop Clin North Am* 2002, 33(1):231-45.
5. Helfet DL, Suk M: Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis of fractures of the distal tibia. *Instr Course Lect* 2004, 53:471-5.
6. Conroy J, Agarwal M, Giannoudis PV, Matthews SJ. Early internal fixation and soft tissue cover of severe open tibial pilon fractures. *Int Orthop* 2003, 27(6):343-7.
7. Ebraheim N, Sabry FF, Mehalik JN: Intraoperative imaging of the tibial plafond fracture: a potential pitfall. *Foot Ankle Int* 2000, 21(1):67-72.
8. Ruedi T, Allgower M: Fractures of the lower end of the tibia into the ankle joint. *Injury* 1969; 1:92-99.
9. Fracture and dislocation compendium. Orthopaedic Trauma Association Committee for Coding and Classification. *J Orthop Trauma* 1996, 10(Suppl 1):57-58.
10. Ruedi TP, Allgower M: The operative treatment of intra-articular fractures of the lower end of the tibia. *Clin Orthop Relat Res* 1979, (138):105-10.
11. Kellam JF, Waddell JP: Fractures of the distal tibial metaphysis with intra-articular extension--the distal tibial explosion fracture. *J Trauma* 1979, 19(8):593-601.
12. Bonar SK, Marsh JL: Tibial plafond fractures: Changing principles of treatment. *J Am Acad Orthop Surg* 1994; 2:297-305.
13. Helfet DL, Koval K, Pappas J, Sanders RW, DiPasquale T: Intraarticular "pilon" fracture of the tibia. *Clin Orthop Relat Res* 1994, (298):221-8.

14. Wyrsh B, McFerran MA, McAndrew M, Limbird TJ, Harper MC, Johnson KD, Schwartz HS: Operative treatment of fractures of the tibial plafond. A randomized, prospective study. *J Bone Joint Surg Am* 1996, 78-A(11):1646-57.
15. Mast JW, Spiegel PG, Pappas JN: Fractures of the tibial pylon. *Clin Orthop Relat Res* 1988, (230):68-82.
16. Bone L, Stegemann P, McNamara K, Seibel R: External fixation of severely comminuted and open tibial pylon fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1993, (292):101-7.
17. Syed MA, Panchbhavi VK: Fixation of tibial pylon fractures with percutaneous cannulated screws. *Injury* 2004, 35(3):284-9.
18. Teeny SM, Wiss DA: Open reduction and internal fixation of tibial plafond fractures. Variables contributing to poor results and complications. *Clin Orthop Relat Res* 1993, (292):108-17.
19. Sirkin M, Sanders R, DiPasquale T, Herscovici D Jr: A staged protocol for soft tissue management in the treatment of complex pylon fractures. *J Orthop Trauma* 1999, 13(2):78-84.
20. Dickson KF, Montgomery S, Field J: High energy plafond fractures treated by a spanning external fixator initially and followed by a second stage open reduction internal fixation of the articular surface--preliminary report. *Injury*. 2001, 32 Suppl 4:S92-8.
21. Blauth M, Bastian L, Krettek C, Knop C, Evans S: Surgical options for the treatment of severe tibial pylon fractures: a study of three techniques. *J Orthop Trauma* 2001, 15(3):153-60.
22. Marsh JL, Bonar S, Nepola JV, Decoster TA, Hurwitz SR: Use of an articulated external fixator for fractures of the tibial plafond. *J Bone Joint Surg Am* 1995, 77(10):1498-509.
23. Babis GC, Vayanos ED, Papaioannou N, Pantazopoulos T: Results of surgical treatment of tibial plafond fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1997, (341):99-105.
24. Williams TM, Marsh JL, Nepola JV, DeCoster TA, Hurwitz SR, Bonar SB: External fixation of tibial plafond fractures: is routine plating of the fibula necessary? *J Orthop Trauma* 1998, 12(1):16-20.
25. Anglen JO: Early outcome of hybrid external fixation for fracture of the distal tibia. *J Orthop Trauma* 1999, 13(2):92-7.
26. Murphy CP, D'Ambrosia R, Dabezies EJ: The small pin circular fixator for distal tibial pylon fractures with soft tissue compromise. *Orthopedics* 1991, 14(3):283-90.
27. Saleh M, Shanahan MD, Fern ED: Intra-articular fractures of the distal tibia: surgical management by limited internal fixation and articulated distraction. *Injury*. 1993, 24(1):37-40.
28. Kapukaya A, Subasi M, Arslan H: Management of comminuted closed tibial plafond fractures using circular external fixators. *Acta Orthop Belg* 2005, 71(5):582-9.
29. 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(10):691-5.
30. Oh CW, Kyung HS, Park IH, Kim PT, Ihn JC: Distal tibia metaphyseal fractures treated by percutaneous plate osteosynthesis. *Clin Orthop Relat Res* 2003, 408:286-91.
31. Helfet DL, Shonnard PY, Levine D, Borrelli J Jr. Minimally invasive plate osteosynthesis of distal fractures of the tibia. *Injury* 1997, 28(Suppl 1):S42-7.
32. Toms AD, McMurtie A, Maffulli N: Percutaneous plating of the distal tibia. *J Foot Ankle Surg* 2004, 43(3):199-203.
33. Krackhardt T, Dilger J, Flesch I, Hontzsch D, Eingartner C, Weise K: Fractures of the distal tibia treated with closed reduction and minimally invasive plating. *Arch Orthop Trauma Surg* 2005, 125(2):87-94.
34. Pallister I, Iorwerth A: Indirect reduction using a simple quadrilateral frame in the application of distal tibial LCP-technical tips. *Injury* 2005, 36(9):1138-42.
35. Ghera S, Santori FS, Calderaro M, Giorgini TL: Minimally invasive plate osteosynthesis in distal tibial fractures: pitfalls and surgical guidelines. *Orthopedics* 2004, 27(9):903-5.
36. Patterson MJ, Cole JD: Two-staged delayed open reduction and internal fixation of severe pylon fractures. *J Orthop Trauma* 1999, 13(2):85-91.
37. Etter C, Ganz R: Long-term results of tibial plafond fractures treated with open reduction and internal fixation. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1991;110(6):277-83.
38. Bourne RB, Rorabeck CH, Macnab J: Intra-articular fractures of the distal tibia: the pylon fracture. *J Trauma* 1983, 23(7):591-6.