

**T.C
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ
ANABİLİM DALI**

Tez Yöneticisi
Prof. Dr. Osman Uğur ÇALPUR

141949

**KAPALI TİBİA KIRIKLARINDA İNTRAMEDÜLLER
ÇİVİLEME VE İLİZAROV EKSTERNAL FİKSATÖRÜ
UYGULAMALARININ SONUÇLARI**

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
EĞİTİM, KÜLTÜR VE TURİZM BAKANLIĞI

141949

(Uzmanlık Tezi)

Dr. Cem ÇOPUROĞLU

EDİRNE – 2004

TEŞEKKÜR

Trakya Üniversitesi Tıp Fakóltesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı'ndaki uzmanlık eğitimim süresince bilgi, beceri ve tecrübelerini esirgemeyen, kazandığım meslek bilgisi ve ahlakında en büyük paya sahip olan Anabilim Dalı'mızın değerli öğretim üyeleri Prof. Dr. Osman Uğur ÇALPUR, Prof. Dr. Kenan SARIDOĞAN, Prof. Dr. Erol YALNIZ ve Prof. Dr. Hakan GÜRBÜZ'e teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren, yardımlarını esirgemeyen Anabilim Dalı Başkanımız, değerli öğretim üyesi Prof. Dr. Osman Uğur ÇALPUR'a teşekkür ederim.

Asistanlık eğitimim sırasında aramızdan ayrılan Prof. Dr. Mişel J. KOKİNO' ya, eğitimimde emeği geçen Doç. Dr. Şeref AKTAŞ'a, asistan arkadaşlarıma ve kliniğimizin tüm çalışanlarına teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
GENEL BİLGİLER.....	3
ANATOMİ.....	3
KIRIK OLUŞ MEKANİZMASI.....	10
SINIFLAMA.....	11
KLİNİK BELİRTİ VE BULGULAR.....	15
RADYOLOJİK DEĞERLENDİRME.....	17
KIRIK TANIMLAMASI.....	18
KIRIK İYİLEŞMESİ.....	19
KIRIK İYİLEŞMESİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER.....	22
BİYOMEKANİK.....	26
KOMPLİKASYONLAR.....	44
GEREÇ VE YÖNTEMLER.....	49
BULGULAR.....	58
TARTIŞMA.....	83
SONUÇLAR.....	99
TÜRKÇE ÖZET.....	101
İNGİLİZCE ÖZET.....	102
KAYNAKLAR.....	104

SİMGE VE KISALTMALAR

- AP** : Antero-posterior
EF : Eksternal Fiksasyon
İM : İntramedüller
K teli : Kirschner teli
N : Newton
PTB : Patellar tendon bearing

GİRİŞ VE AMAÇ

Tibia kırıkları, hekimliğin en eski devirlerinden bu yana bilinen, çok çeşitli tedavi yöntemleri denenmiş ve çoğu zaman sorunlarla karşılaşılabilen bir konudur. Teknoloji ve sanayileşmenin hızla gelişmesi ile iş kazaları, trafik kazaları ve ateşli silah yaralanmaları artmış, insan vücudu daha çok yüksek enerjili travmalara maruz kalmaya başlamıştır.

Bacağın yük taşıyan temel kemiği olan tibia, anatomik yerleşimi nedeni ile travmalara açıktır. Ön ve iç yüzü yumuşak doku desteğinden zayıf olduğu için, savunmasız bir yapıdır ve travmalara fazlasıyla maruz kalır. Kırıkla birlikte damar, sinir ve bağ yaralanmaları da sık görülür. Hatalı kaynama sonucu ortaya çıkan deformiteler, kısıklık, diz ve ayak bileği eklemlerinde oluşabilen artroz ve diğer komplikasyonlar, tibia kırıklarının önemini arttırmaktadır.

Kırık tedavisinde temel amaç; anatomik redüksiyonun sağlanması ve tedavi süresince bu pozisyonun korunmasıdır. Aynı zamanda kırık ekstremitenin mümkün olan en kısa zamanda fonksiyonlarını yapabilecek hale getirilmesidir. Tibia cisim kırıklarında genellikle kaymamış veya az kaymış stabil olanlar konservatif yöntemlerle, kaymış, parçalı, stabil olmayan ve açık kırıklar ise cerrahi yöntemlerle tedavi edilmektedir. Cerrahi tedavinin başarılı olabilmesi için, temel cerrahi prensiplere uyulmalı, stabil bir tespit yöntemi uygulanmalıdır. Kırığın tespitinde en az yumuşak doku hasarı oluşturan sistem tercih edilmeli ve temel biyomekanik prensiplere bağlı kalınmalıdır.

Çalışmamızda, Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı'nda Ocak 2000 ile Ocak 2004 tarihleri arasındaki dönemde, cerrahi yöntemlerle tedavi edilmiş tibia kırıklı hastalar incelenmiştir. Erişkin yaş grubunda olan,

kapalı, tibia diyafiz kırıklı olgular çalışmamıza dahil edilmiştir. Bu kriterlere uyan hasta grubu içinden; halka eksternal fiksator uygulananlarla, kilitli intramedüller çivi uygulanan hastalar karşılaştırılmıştır. Ameliyat öncesi ve sonrası radyografik kontrolleri ile uzun dönem takip sonucunda hastaların klinik ve radyolojik değerlendirmeleri yapılmıştır. Uygulanan tedavi yönteminin, kaynamaya olan etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.



GENEL BİLGİLER

ANATOMİ

Bacak iskeleti; tibia ve fibula adını alan iki uzun kemikten oluşur (şekil 1). Tibia alt ekstremitede, femurun altında uzanan, lateralinde fibula ile komşu olan bacak bölgesinin temel kemiğidir. İnsan vücudunun femurdan sonra en uzun ve en sağlam kemiği olup, bacak iskeletinin ön ve iç yanında yer alır. Fibula ise bacağın dış yan ve arka tarafındadır (1, 2).

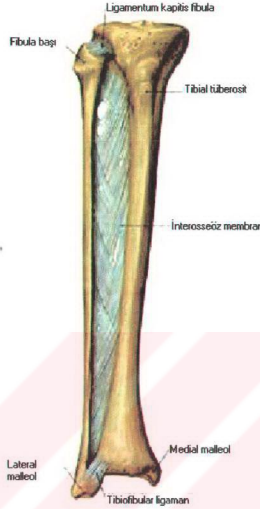
Tibia üst ucu; transvers ekseninde geniştir, femurla eklem yapar ve böylece vücut yükü femurdan tibiaya aktarılır. Bu yüzden tibia fibulaya göre daha kalındır. Tibia üst ucunda yana ve arkaya doğru çıkıntı oluşturan lateral ve medial kondil ve aralarında interkondiler bölge bulunur.

Lateral kondil, tibia cisminin posterolateral bölümünde dışarıya taşar. Üst ucu, femur lateral kondili için sirküler ve ortası hafifçe çukur bir eklem yüzeyi ile kaplıdır. Lateral kondilin alt yüzünde arka kısımda fibula ile eklem yapan düz bir eklem yüzü görülür. Lateral kondilin anterolateralinde iliotal bandın yapışma yeri yakınında Gerdy tüberkülü bulunur.

Medial kondil daha büyüktür. Lateral kondil kadar taşma göstermez. Medial eklem yüzü oval biçimde ve konkavlığı daha fazladır.

İnterkondiler bölge; iki kondilin eklem yüzleri arasındaki bölgedir. Ortası en dar bölümdür ve yükselerek interkondiler eminensiyayı oluşturur. Eminensiyanın medial ve lateral bölümleri medial ve lateral interkondiler tüberkülleri oluşturur (1, 2) (şekil 2a).

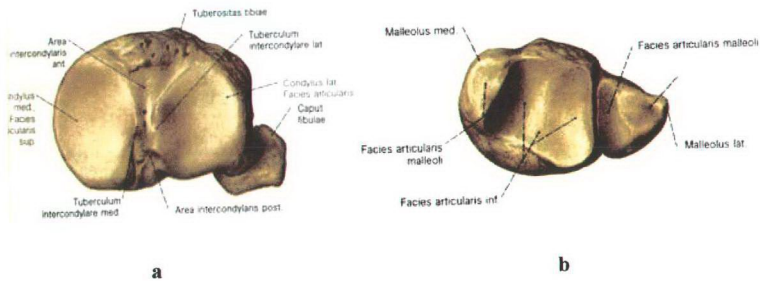
Tibia cisminin ön üst kenarında, iki kondilin ön yüzlerinin birleştiği bölgede patellar ligamanın yapışma yeri olan tibial tüberosit bulunur.



Şekil 1 . Bacak kemikleri (3)

Tibia cismi; üçgen kesitte olup, ön, içyan, dışyan olmak üzere üç kenardan oluşur. Tibia; içyan, dışyan ve arka olmak üzere üç yüzden oluşur. Tibianın ön kenarı tibial tüberositten medial malleole doğru uzanır. Distal $\frac{1}{4}$ 'ü haricinde cilt altında oldukça belirgin olarak seyredir. İçyan kenar medial kondildeki çukurun anteriorundan başlayarak medial malleolün arka kenarına uzanır. Dışyan kenar; lateral kondilin fibular eklem yüzeyinden başlar. Fibula ile tibia arasında interosseöz membran için yapışma yeri oluşturur.

Ön ve içyan kenar arasında yeralan içyan yüzey; yalnız fasya ve deri ile örtülüdür. İçyan yüzey; geniş ve düzgün yapılıdır ve hemen hemen tüm seyri boyunca cilt altında palpe edilebilir. Dışyan yüzey yukarıda konkav aşağıda konveks yapıya sahiptir, geniş ve düzgündür. Arka yüzün yukarı kısmında yukarıdan aşağıya ve dıştan içe eğik durumda uzanan Linea muskuli solei çizgisi görülür. Bu çizginin dışyan tarafında ise besleyici damarın girdiği delik bulunur. Tibia cismi ile tibia alt $\frac{1}{3}$ birleşme yeri tibiyanın en ince olduğu bölgedir (1, 2).



Şekil 2. a) Tibiannın diz eklemi yüzeyi, b) Tibiannın ayak bileği eklemi yüzeyi (3)

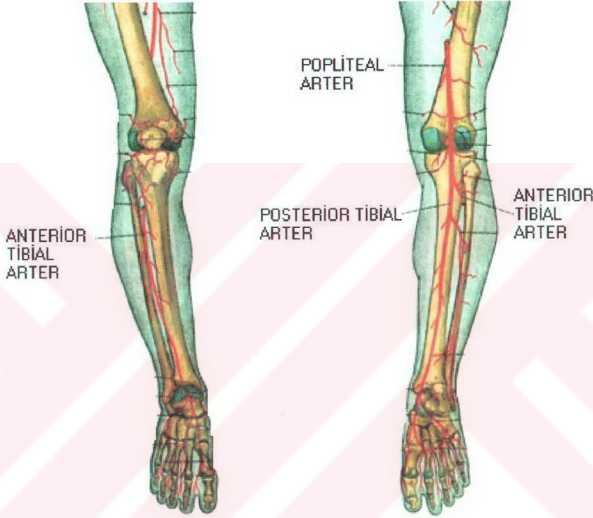
Tibia alt bölümü; üst uca göre küçük ve ince, cisme göre daha geniştir (şekil 2b). Ön, arka, iç, dış ve alt yüzeylerden oluşur. Dış yüzeyi oluşturan üçgen fibular oluk, fibula ile eklenmiştir. Distal tibiofibular eklem olarak adlandırılan bu eklem, insisura tibiofibularis ile fibulanın distal ucu arasında oluşur. Kıkırdaksız olan eklem yüzleri düzensizdir. Eklem kapsülü bulunmaz. İnterosseöz membranın devamı olan interosseöz ligaman iki eklem yüzünü sıkıca tutar. Ayak bileğinin tam dorsifleksiyonunda 2 mm'nin altında malleoller ayrılmaya izin verir (4, 5). Tibiannın ön ve arka yüzeyleri tendon, damar ve sinirlerle ilişkilidir. İç yüzey düzgündür, cilt altındadır, medial malleolü oluşturur. Alt yüzey ise talus ile eklenmiştir.

Fibula; bacağın dışyanında ince uzun bir kemik olup, yukarıda tibia, aşağıda tibia ve talusla eklenmiştir. Üç yüzü ve üç kenarı vardır (1, 2, 6).

Bacağın Kanlanması

Femoral arterin devamı olan popliteal arter iki uç dala ayrılır (şekil 3). Popliteus alt ucunda popliteal arterden ayrılan anterior tibial arter; fibula boynu yanından interosseöz membranı deler. Anterior kompartman boyunca interosseöz membran önünde inerek ayak bileğinde a. dorsalis pedis olarak devam eder. Yukarıda tibialis anterior ile ekstansör digitorum longus, aşağıda yine tibialis anterior ile ekstansör hallucis longus kasları arasındadır. Nervus fibularis profundus ile komşudur. Anterior tibial arterin yan dalları; a.rekürrens tibialis anterior ve posterior, a.malleolaris anterior lateralis ve medialistir. Posterior tibial arter; popliteal arterin devamı olarak derin transvers septanın altında ilerler ve medial malleolün arkasından ayağa geçer. Posterior tibial arterin yan

dalları; ramus sirkumfleksus fibula, a.fibularis (peroneal arter), a.nutrisya tibia, rami malleolaris medialis ve rami kalkaneidis. Peroneal arter popliteusun 2.5 cm distalinden posterior tibial arterden ayrılır ve derin posterior kompartman içinde m. flexor hallucis longus ile m. tibialis posterior arasında iner. Peroneal arter; posterior tibial arterin çapı en kalın yan dalıdır. Posterior tibial arterin uç dalları ise; medial ve lateral plantar arterlerdir (1, 6).



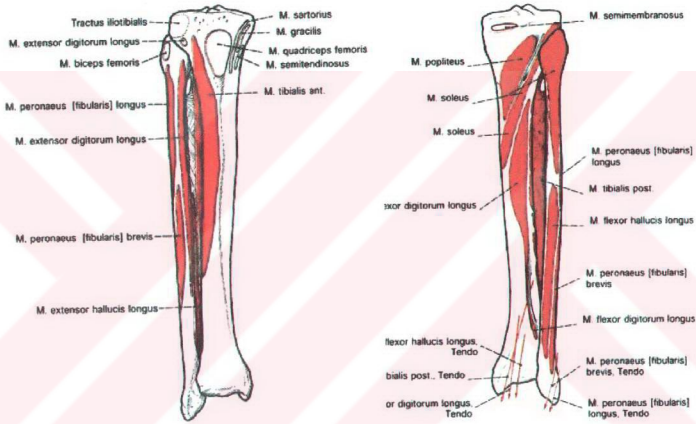
Şekil 3 . Bacağın kanlanması (3)

Tibia cisminin beslenmesi nutrisyen arter ve periostal damarlar aracılığı ile olur. Tibiadan orijin alan kasların yapışma yerlerinden dış kortekse doğru birkaç damar penetre olur. Korteksin yaklaşık %90'dan fazlasının kanlanması medullayı besleyen a. nutrisya tibia tarafından olur. A. nutrisya tibia, posterior tibial arterden dal alır ve soleus kasının başlangıcının hemen altındaki oblik çizgi seviyesinden tibiyanın posterolateral korteksinde girer. Bu arter yukarı doğru çıkan üç ve aşağı doğru inen bir büyük dala ayrılır. Tibiyanın endosteal kan akımının korunması tibia kırıklarının iyileşmesinde çok önemlidir. Endosteal dolaşım bozulursa, medulladan periosta doğru olan akım yerini

periosttan medullaya doğru olan akıma bırakır. Orta ve distal 1/3 tibia arasındaki nutrisyen arter ve bu bölgenin distalden proksimale geçen perforan arterleri incedir (1, 2, 7).

Venöz sistem ise yüzeysel ve derin olmak üzere ikiye ayrılır. Bacakın yüzeysel venleri v. safena magna ve v.safena parvadır. Derin venleri ise v.tibialis anterior ve posteriorudur (1, 2, 6).

Bacakın Kasları ve Kompartmanları

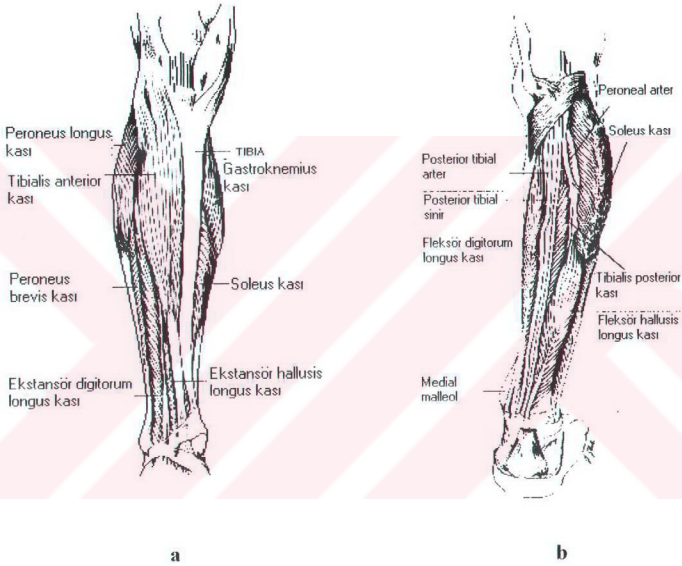


Şekil 4 . Bacak kemiklerine yapışan kaslar (3)

Bacağa, uyluk ön yüzünde bulunan kuadriseps femoris kas grubu, patellar tendon aracılığı ile yapışır. Vastus medialis, vastus lateralis, vastus intermedius ve rektus femoris kaslarından oluşan kuadriseps femoris kas grubu bacakın ekstansiyonunu sağlar. Uyluk arka yüzünde bulunan iskiyokrural kaslar da diz eklemini geçerek bacakta sonlanırlar. M. biceps femoris, m. semitendinosus, m. semimembranosus, m. sartorius, m. gracilis, m. kuadriseps ve iliotibial band diz eklemini geçerek bacakta sonlanır (şekil 4) (2, 6).

Fazla esneme özelliği olmayan fasya ile sarılı damar, sinir ve kasların bir arada bulunduğu anatomik bölümlere kompartman denir. Tablo 1’de görüldüğü üzere, bacakta tibia, fibula, interosseöz membran ve bacak fasyası ile sınırlanan; anterior, lateral, yüzeysel posterior ve derin posterior olmak üzere dört kompartman bulunur .

Anterior kompartman: Medialde tibia, lateralde fibula, posteriorda interosseöz membran ve anteriorda kalın bacak fasyası ile sınırlandırılır. Ayakbileği ve ayağın dorsifleksiyonundan sorumlu olan tibialis anterior, ekstansör digitorum longus, ekstansör hallusis longus ve peroneus tertius kaslarını içerir (şekil 5a). Bu kompartman, eşlik eden venleri ile birlikte anterior tibial arteri ve derin peroneal siniri içerir. Derin peroneal sinir, ortak peroneal sinirin fibula boynunu geçtikten sonra devam eden dalıdır. Bu kompartmanda kompartman sendromu gelişme riski yüksektir.



Şekil 5 . a) Bacak kaslarının önden görünüşü b) Arkadan görünüşü (8)

Lateral kompartman: Yüzeysel peroneal sinir, fibula, peroneus brevis ve peroneus longus kaslarını içerir. M.peroneus brevis; ayağın plantar fleksiyon ve eversiyon hareketlerinden sorumludur. Kompartman sendromu gelişme riski anterior kompartmana göre daha azdır.

Yüzeysel posterior kompartman: Ayağın plantar fleksiyonunda önemli rolü olan gastrocnemius, soleus, plantaris ve popliteus kaslarını içerir (şekil 5b). Gastrocnemius kası, dizin ve tibiotalar eklemlerin fleksörüdür. Soleus kası, distalde gastrocnemius kası

ile birleşerek triseps surae ve aşıl tendonunu oluşturur. Popliteus kası, bacağın fleksiyonunu ve tibiannın iç rotasyonunu sağlar, diz fleksiyonunu başlatır.

Derin posterior kompartman: Fleksör digitorum longus, fleksör hallucis longus ve tibialis posterior kaslarını içerir. Bu kaslar ayağın ve başparmağın fleksiyonundan ve ayağın inversiyonundan sorumludur. Posterior tibial arter, eşlik eden venleri ve posterior tibial sinir bu kompartmandadır. Posterior kompartman, kompartman sendromundan, anterior kompartmanla birlikte sık etkilenir (2, 7, 8)

Tablo 1 . Bacağın kompartmanları (8)

KOMPARTMAN	KASLAR	DAMAR	SİNİR
ANTERİÖR	-M.tibialis anterior -M.extensor digitorum longus -M.extensor hallucis longus -M.peroneus tertius	-Anterior tibial arter -Anterior tibial ven	-Derin peroneal sinir
LATERAL	-M.peroneus brevis -M.peroneus longus		-Yüzeysel Peroneal sinir
YÜZEYEL POSTERİÖR	-M.gastrocnemius -M.soleus -M.plantaris -M.popliteus		-Sural sinir
DERİN POSTERİÖR	-M.flexor digitorum longus -M.flexor hallucis longus -M.tibialis posterior	-Posterior tibial arter -Posterior tibial ven	-Arka tibial sinir

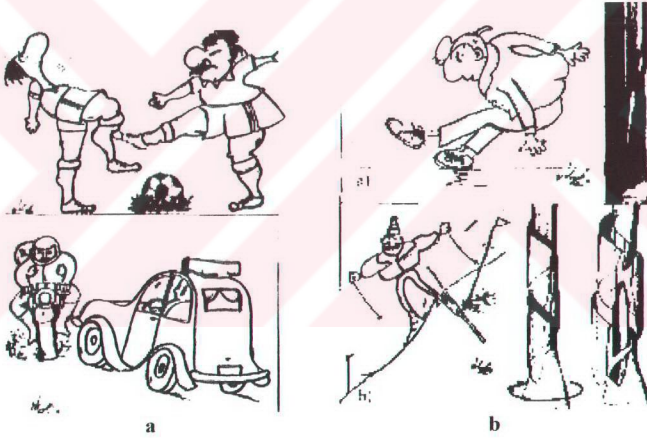
Ayak bileği eklemi tibia, fibula ve talus kemiklerinden oluşur. Alt ekstremitedeki diğer eklemler gibi ayak bileği eklemi de yük taşımaktan ve hareket fonksiyonlarından sorumludur. Ayak bileği eklem kompleksi, tibiotalar, talofibular ve distal tibiofibular eklemlerden oluşur. Talusun konveks yüzü ile tibiannın konkav yüzünün eklemleşmesi sonucu oluşan menteşe tipi bir eklemdir. Ayağın dorsifleksiyon ve plantarfleksiyon hareketlerini yaptırır. İnversiyon, eversiyon, pronasyon, supinasyon hareketleri, subtalar ve transvers tarsal eklemlerden yapılır. Ayak bileği bütünlüğü medial deltoid ligaman,

lateral kollateral ligaman ve interosseöz ligamanlarla sağlanır. En önemli ayak plantar fleksörleri, kalkaneusa aşıl tendonu olarak yapışan gastroknemius ve soleus kaslarıdır (9). Talusun plantar fleksiyonu ve dorsifleksiyonu fibulayı da hareket ettirir. Ayak bileği dorsifleksiyonu esnasında fibula posteriordan laterale yer değiştirir ve 2° dış rotasyon yapar. Vertikal planda kayda değer hareketi yoktur (4, 5, 9).

KIRIK OLUŞ MEKANİZMASI

İzole Tibia ve Tibia-Fibula Kırıkları

Tibia diyafiz kırıklarının oluşumunda beş ana etken vardır; spor yaralanmaları, düşmeler, direk çarpmalar, motorlu araç kazaları, ateşli silah yaralanmaları (8).



Şekil 6. a) Direk travma

b) İndirek travma (10)

Tibia kırıkları temelde iki ana mekanizma ile oluşur. Tibiaya doğrudan gelen darbe ile oluşan direk travmaya bağlı kırıklar (şekil 6a), kırık hattına doğrudan darbe gelmeksizin oluşan indirek travmaya bağlı kırıklar (şekil 6b) (8, 10, 11).

a) Direk mekanizmada kırık, o bölgeye doğrudan darbe gelmesi sonucu oluşur. Kuvvetin etkilediği bölgede küçük bir ezilme olabileceği gibi daha ciddi yumuşak doku yaralanması da olabilir. Tekme, sopa veya başka bir küt cismin tibiaya çarpması gibi durumlarda, kırık hattı tek ve transvers şekildedir. Ezici yaralanmalarda, trafik kazası,

göçük altında kalma gibi durumlarda kırık hattı parçalıdır. Geniş yumuşak doku zedelenmesi mevcuttur. Tibia kırıklarının büyük çoğunluğu direk mekanizmayla olur. Tibia direk kırıklarında kırık yönü, etki eden kuvvet ile aynı yöndedir. Tampon gibi çok geniş bir cismin çarpmasıyla segmenter kırık oluşabilir. Ateşli silah yaralanmalarında kurşunun hızı, kırık hattının durumunu ve yumuşak doku hasarının genişliğini belirler. Genelde kemik ve yumuşak doku kaybına neden olur.

b) İndirek mekanizmada, kırık bölgesine doğrudan bir darbe yoktur. Açılma, rotasyon, kompresyon ve distraksiyon kuvvetleri, indirek olarak kırığa neden olurlar. Genelde kırık tipi spiraldir. Kırık hattında parçalanma, etkileyen kuvvetlerin gücüne göre artar. Kayak yaralanmaları gibi bükülme travmalarında ayak sabittir ve vücut bu sabit nokta etrafında rotasyon yapmaktadır. Radyolojik olarak spiral bir kırık gelişir ve uygulanan enerjiye bağlı olarak kemiğin parçalanma derecesi ortaya çıkar. Bükülme kuvvetleriyle kısa oblik ve transvers kırıklar oluşur. Uygulanan enerji arttıkça parçalanma derecesi artar ve segmenter kırık gelişebilir. İndirek kırıklarda tibia ve fibulanın kırık hattı aynı hizada olmayabilir (8, 11, 12).

İzole Fibula Kırıkları

- a) Proksimalde, diz eklemi travmaları ile birlikte avülsiyon kırıkları olabilir. Yüzeyel peroneal sinir hasarı eşlik edebilir.
- b) Orta hatta meydana gelen fibula kırığı genellikle tibia kırığı ve interosseöz ligaman yaralanması ile birlikte görülür. Bacağın dış yanına düşme ile veya direk darbe ile oluşabilen izole fibula kırığı ise nadir görülen bir kırıktır.
- c) Distal fibula, ayakbileği dış malleolünü oluşturur. Ayakbileği kırığı olarak değerlendirilir (5, 8).

SINIFLAMA

Tibia kırıkları birçok şekilde sınıflandırılabilir. Kırık oluş mekanizmasına göre direk veya indirek kırık, kırık hematomunun dış ortamla temasına göre açık kırık veya kapalı kırık olarak isimlendirilebilir. Kırığın deplase veya nondeplase olmasına, kırık şeklinin transvers, oblik, spiral, parçalı veya segmenter olmasına ve kemikteki lokalizasyonuna göre üst 1/3, diyafiz ve alt 1/3 tibia kırığı olarak tanımlanabilir. Ayrıca

fibula kırığının tibia kırığına eşlik etmesi, kırıkla beraber yumuşak doku yaralanmasının düzeyi prognozu etkileyen önemli faktörlerdir.

Kırık hematomunun dış ortama temas etmesi açık kırık olarak kabul edilir. Açık kırıklar Gustilo sınıflamasına göre üç gruba ayrılır (7, 8, 11).

Gustilo Sınıflaması

1- Tip 1 Açık Kırıklar: Yara büyüklüğü 1 cm den küçük, genellikle düşük enerjili travmalarla oluşan, hafif yaralanmalardır. Yumuşak dokuların, kırık fragmanının ucu tarafından, içerden dışarıya doğru zedelenmesiyle oluşur. Kontaminasyon ve kas hasarı minimaldir. Kırık basit yapıdadır.

2- Tip 2 Açık Kırıklar: Daha yüksek enerjili yaralanmalarla oluşur. Yara genişliği 1 cm den büyüktür. Orta derecede yumuşak doku hasarı ve bazı kaslarda zedelenme vardır. Yaralanma genellikle dışardan içeriye doğru oluşur. Kırık orta derecede parçalıdır.

3- Tip 3 Açık Kırıklar: Cilt, kas, damar ve sinir yapılarını ilgilendiren genellikle 5 cm den büyük yumuşak doku yaralanması olan kırıklardır. Ağır derecede ezilme mevcuttur. Yüksek enerjili travmalarla oluşurlar. İleri derecede kontamine, çok parçalı ve stabil olmayan kırıklardır. Yaranın büyüklüğüne bakılmaksızın ateşli silah yaralanmaları, tarım yaralanmaları, aşırı kontamine açık kırıklar, travmatik amputasyon, damar-sinir yaralanması ile birlikte olan ve sekiz saatten geç müdahale edilen tüm açık kırıklar, tip 3 açık kırık olarak kabul edilir. Tip 3 açık kırıklar kendi içinde 3 alt gruba ayrılır.

Tip 3a açık kırıklar: Yüksek enerjili travma sonucu oluşan, geniş yumuşak doku yaralanması olan, kırılan kemiğin üzerinin yumuşak dokularla örtülebildiği kırıklardır. Kırık segmenter veya çok parçalıdır.

Tip 3b açık kırıklar: Yüksek enerjili travma sonucu oluşurlar. Periostun sıyrılmış kemiğin açıkta kaldığı, aşırı kontamine, geniş yumuşak doku kaybı olan, çok parçalı kırıklardır. Açıkta kalan kemik dokunun üzerinin örtülebilmesi için rekonstrüktif cerrahi girişimlere gerek vardır.

Tip 3c açık kırıklar: Tamir gerektiren damar yaralanması olan, geniş yumuşak doku kaybı bulunan çok parçalı kırıklardır. Açıkta kalan kemiğin örtülebilmesi için rekonstrüktif girişimler gerekir (8).

Kapalı tibia kırıklarında, yumuşak doku yaralanmasını değerlendirmek için Tschernin sınıflaması kullanılmaktadır (şekil 7) (8, 11, 13).

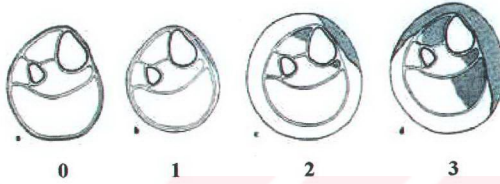
Tscherne sınıflaması

0: Basit kırık var, yumuşak doku yaranlanması yok veya az,

1: Yüzeysel cilt abrazyonu var,

2: Yüzeysel veya derin cilt kontüzyonuyla birlikte olan derin enfeksiyon,

3: Ağır kırıkla birlikte kaslarda parçalanma veya ciltte ciddi ezilme mevcut (13).



Şekil 7 . Kapalı kırıklarda yumuşak doku yaranlanması (13)

Tibia kırıkları için pek çok yazar birçok sınıflama sistemi önermiştir. İdeal sınıflama sistemi; cerrahı, potansiyel tehlikelere karşı uyarmalı ve uygun tedavi yöntemini belirlemede yardımcı olmalıdır. Tibia kırıklarının sınıflamasında en önemli değişkenler; kırığın anatomik yerleşimi, kırık çizgilerinin düzeni, birlikte olan fibula kırığı, fragmanların pozisyonu ve sayısı, yumuşak doku hasarının derecesi ve kırığın ilk andaki deplasman miktarıdır (14).

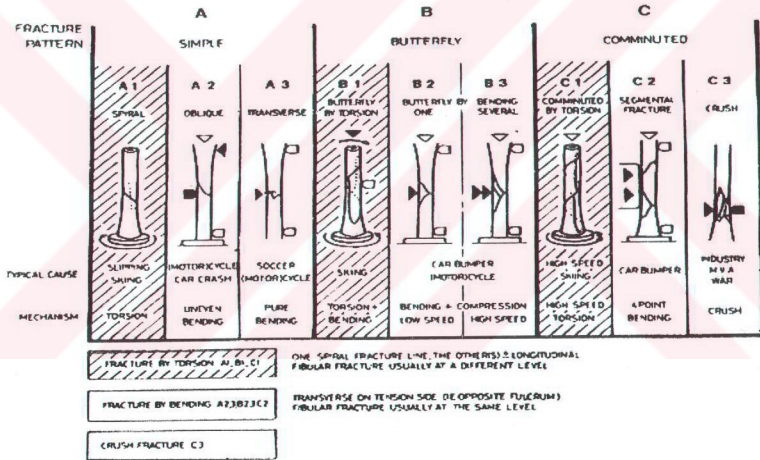
Günümüzde en yaygın olarak kullanılan sınıflama 1991 yılında AO/ASIF (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen / Association for the Study of Internal Fixation) tarafından yayınlanan sınıflamadır (şekil 8). AO grubu uzun kemik kırıklarını hafif ve iyi prognozludan, ağır ve kötü prognozluya doğru sınıflandırmıştır. AO sınıflamasına göre vücudun uzun kemiklerine birer numara verilmiştir. Buna göre 1 numaralı kemik humerus, 2 radius-ulna, 3 femur, 4 tibia-fibuladır. Kırık yerine göre kemikler proksimal, diyafizer ve distal olarak gruplanmış, proksimal bölge kırıkları 1, diyafizer bölge kırıkları 2, distal bölge kırıkları da 3 ile belirtilmiştir. Buna göre tibia cismi 4-2 dir (15).

Tüm kırıklar önce üç tipe (A, B, C), sonra her tip üçer gruba (1, 2, 3) ve her grupta üçer alt gruba (1, 2, 3) ayrılır.

A. Tek Basit kırıklar

A1: Basit spiral kırık

- 1) Fibula sağlam
 - 2) Fibula başka seviyeden kırık
 - 3) Fibula aynı seviyeden kırık
- A2: Basit oblik kırık ($\geq 30^\circ$)
- 1) Fibula sağlam
 - 2) Fibula başka seviyeden kırık
 - 3) Fibula aynı seviyeden kırık
- A3: Basit transvers kırık ($< 30^\circ$)
- 1) Fibula sağlam
 - 2) Fibula başka seviyeden kırık
 - 3) Fibula aynı seviyeden kırık



Şekil 8 . AO Sınıflaması (8, 14)

- B. Kelebek fragmanlı kırıklar
- B1. Ayrılmamış spiral üçgen tipi kırıklar
- 1) Fibula sağlam
 - 2) Fibula başka seviyeden kırık
 - 3) Fibula aynı seviyeden kırık
- B2. Ayrılmamış eğilmeyle olan üçgen kırığı
- 1) Fibula sağlam

- 2) Fibula başka seviyeden kırık
 - 3) Fibula aynı seviyeden kırık
- B3. Parçalı üçgen şeklinde kırık
- 1) Fibula sağlam
 - 2) Fibula başka seviyeden kırık
 - 3) Fibula aynı seviyeden kırık

C. Çok fragmanlı segmenter veya parçalı komplike kırıklar

C1. Kompleks spiral kırıklar

- 1) Arada iki fragman var
- 2) Arada üç fragman var
- 3) Arada üçten fazla fragman var

C2. Kompleks segmenter kırıklar

- 1) Tek segmentli kırıklar
- 2) Bir ara segment ve ilave üçgen kırık
- 3) İki segmenter fragman, parçalı kırıklar

C3. Kompleks düzensiz kırıklar

- 1) İki veya üç fragman
- 2) Sınırlı parçalanma (2 cm den küçük)
- 3) Aşırı parçalanma (4 cm den büyük)

KLİNİK BELİRTİ VE BULGULAR

Tibiannın yüzeysel yerleşimi nedeni ile tibia kırıkları hemen farkedilir. Bilinci açık hastada, ağrı ve deformite nedeni ile tanı kolaydır. Kırık olan bölgede lokal şişlik görülür. Bilinci kapalı hastalarda ise fizik muayene ve radyolojik bulgular tanıda zorunludur.

Ağrı, tibia cisim kırığının temel belirtisidir. Ağrı hemen ortaya çıkar, genellikle şiddetlidir ve kırık bölgesine lokalizedir. Nondeplase veya minimal deplase stabil kırıklarda, kırığın tespit edilmesinden sonra ağrı azalabilir. Tespit edilememiş kırıklarda, kırık fragmanlarının hareketiyle ağrı artar. Ağrı değerlendirmesi yaparken hastanın damarsal dolaşımı değerlendirilmeli, kompartman sendromu akıldan çıkarılmamalıdır.

Deformite, tibiannın ciltaltı konumu nedeni ile genellikle gözle görülebilir ve palpe edilebilir. Yüksek enerjili travmayla ve direk travmayla oluşan kırıklarda açılanma,

deplasman, rotasyon ve kısalık gibi bulgular görülür. Bu bulgular darbenin şiddetine, yönüne ve kırıkta parçalanmaya göre değişik şekillerde görülebilir. Daha basit düşme, burkulma gibi indirek şekilde kırılan tibialarda deformite daha hafif, genelde dış rotasyon ve valgus pozisyonundadır (8, 11).

Kırığın stabilitesi ilk fizik muayene sırasında değerlendirilmelidir. Belirgin bir deformite ve kısalık kırığın mekanik olarak stabil olmadığını düşündürür. Nondeplase kırıklarda kontrollü bir şekilde bacağı varus ve valgus zorlaması yapılarak stabilitesi değerlendirilir. Tibia cisminde instabilite saptanması durumunda nörovasküler yapıları korumak ve ağrıyı azaltmak amacıyla ilk yapılacak iş uzun bacak ateliyle tespit etmektir.

Şişlik, kırığa bağlı hematom ve yumuşak doku reaksiyonu nedeni ile oluşur. Bu lokal ödemin oluşma zamanı değişkendir ve bacağın pozisyonuna bağlıdır.

Krepitasyon ve patolojik hareket, kırık oluşumu ile oluşur fakat hastanın ağrısını ve yumuşak doku hasarını arttırabileceği için aranmamalıdır. Tibianın yumuşak doku örtüsü ekimoz ve ödem için gözlenmelidir. Özellikle tibia kırığı ile birlikte kompartman sendromunun tanısı önemlidir.

Tablo 2 . Kompartmanlar ve barındırdıkları sinirlerin fonksiyonları (1)

SİNİR	KOMPARTMAN	MOTOR	DUYUSAL
Derin peroneal	Anterior	1.parmak dorsifleksiyonu	Dorsal 1. ile 2. Parmak aralığı
Yüzeysel peroneal	Lateral	Ayak eversiyonu	Ayağın dorsolaterali
Tibial	Derin posterior	Plantar fleksiyon	Ayak plantarı
Sural	Yüzeysel Posterior	Gastrosoleus*	Topuk

* : Soleus kası kasıldığı zaman ayağa fleksiyon, supinasyon, addüksiyon hareketleri yaptırır. Gastroknemius kası kasıldığı zaman bacağı ve ayağa fleksiyon, supinasyon hareketleri yaptırır (1).

Tibia kırıklarında, ayrıntılı bir vasküler ve nörolojik muayene yapılmalıdır ve bulgular kaydedilmelidir. Nörovasküler durumdaki değişikliklerin değerlendirilmesi açısından fizik muayene çok önemlidir. Direk sinir hasarı kapalı tibia kırıklarında nadirdir. Fakat fibula başı kırıklarında peroneal sinir ve bazı tibia cisim kırıklarında tibial sinir hasarı meydana gelebilir. Bu nedenle başparmak ve ayağın, plantarfleksiyon ve

dorsifleksiyon muayenesi, alt ekstremitenin duyu muayenesi yapılmalıdır. Mevcut bulguların ağrı, sinir muayenesi ve kompartman sendromu ile ilişkisi araştırılmalıdır.

Büyük damarların yaralanması kapalı kırıklarda pek mümkün değildir. Fakat tibia proksimal bölge kırıklarında anterior tibial arter, interosseöz membranı geçtiği yerde ya fragmanlar tarafından direk olarak yaralanabilir yada kırığın deplasmanı sonucu baskıya maruz kalabilir. Anterior ve posterior tibial arterler, distalde kemiğe yakın geçtiğinden yaralanabilir. Bu nedenle dorsalis pedis ve posterior tibial arter nabızları palpe edilmelidir. Cildin rengi ve duyası, ağrı, kapiller dolum ve kas kontraktilesi dikkatli bir şekilde gözlenmelidir.

Tibia cisim kırıkları genelde büyük bir travma sonucu oluşurlar. Bu yüzden beraberinde diğer organ yaralanmaları ve diğer kemiklerde kırık bulunma olasılığı yüksektir. Sistemik muayene tam ve ayrıntılı olarak yapılmalıdır. Tibia kırığı ile birlikte olan kalça, femur, diz, ayak bileği ve ayak yaralanmaları tedavi yönteminde değişikliklere sebep olabilir (5, 7, 8, 11).

RADYOLOJİK DEĞERLENDİRME

Tibia kırığı rutin radyolojik değerlendirilmesinde iki yönlü direk grafiler çekilir. Anteroposterior (AP) ve lateral grafilerde tibiannın üstündeki diz eklemi ve altındaki ayak bileği eklemi dahil olmak üzere tibia ve fibulanın tamamı görüntülenmelidir. Eşlik edebilecek kırıklara yönelik pelvis, femur, diz ve ayakbileği grafileri de çekilmelidir. Standart AP ve lateral grafilere ek olarak çekilen oblik grafiler özellikle kaynama gecikmesi veya kaynama yokluğunda iyileşmeyi değerlendirmek için faydalıdır. Stres grafileri, konservatif ve eksternal fiksasyonla tedavi edilen kırıklarda kaynamanın yeterliliğini değerlendirmede yararlıdır. Varus ve valgus stres grafilerinde, kırık proksimali ve distalinden tutularak bacak varusa ve valgusa zorlanır, kırık bölgesindeki açılanma değerlendirilir.

Kırık sonrası erken dönemde çekilen direk grafilerde, kırık bölgesindeki kanama ve ödem nedeni ile oluşan yumuşak doku şişliği görülebilir. 10-14 gün sonra rezorpsiyon olması sonucu kırık uçlarının belirginliği kaybolur, sonraki dönemlerde endosteal ve periostal kallus dokusu izlenir. Kallus dokusu ilk başta kırık etrafında düzensiz noktalar şeklinde kalsifikasyonlardır, zamanla miktar ve dansitesinde artış olur. Tamir döneminde kenarları daha yumuşak bir hal alır. Kırık fragmanları arasında hareket varsa aşırı kallus

oluşur. Kaynama yokluğunun radyolojik bulguları; kırık uçlarında skleroz ve düzensizleşmenin ardından, kallus dokusu bulunmasına rağmen kırık hattının izlenmeye devam etmesidir.

Bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntülemenin, eklemle ilişkisi olmayan tibia kırıklarının tanısında yeri yoktur. Teknesyum kemik sintigrafisi ve manyetik rezonans görüntüleme, stres kırıklarının tanısında yararlı olabilir (7, 8, 11).

KIRIK TANIMLAMASI

Bir kırığı tanımlarken yapılacak ilk gözlem; kırığın kapalı veya açık kırık olduğunun değerlendirilmesidir. Sonra kırığın anatomik lokalizasyonu ve yapısı tanımlanır. Tibia cisim kırıklarında lokalizasyon proksimal, orta ve distal 1/3 olarak belirlenir. Kırığın yapısı da transvers, oblik, spiral, kelebek fragmanlı, segmenter veya çok parçalı kırık olarak tanımlanır. Bu değerlendirmelerden sonra kırık sınıflaması yapılır. Günümüzde en çok AO/ASIF kırık sınıflaması kullanılmaktadır.

Kırıkta deformite; kırık fragmanlarının açılma, deplasman, rotasyon, kısalık ve distraksiyonunu ifade eder. Kırığın açılma, proksimal fragman ile distal fragman arasında ölçülen açının derecesidir. Açılmanın yönü açı tepe noktasının pozisyonuna göre tanımlanır. Kırık tepe noktası anteriorda ise retroversiyon, posteriorda ise anteversiyon, lateralde ise varus açılma ve medialde ise valgus açılma olarak adlandırılır. Varus, valgus açılmaları AP grafide, anterior ve posterior açılmalar lateral grafide değerlendirilir. Kırık deplasmanı, kırık fragmanları arasında temas olup olmadığını gösterir. Deplasman, proksimal fragman ile distal fragman arasındaki temas yüzeyi miktarına bakılarak belirlenir. İlk deplasman yumuşak doku hasarı hakkında bilgi verebilir. Rotasyon, klinik olarak diğer ekstremiteler ile karşılaştırılarak değerlendirilir. Radyolojik olarak rotasyon; kırık bölgesinde proksimal ve distal fragmanların kortikal kalınlıklarının farklılığıyla tespit edilir. Başka bir deyişle rotasyon, kırık fragmanlarının birleşim yerindeki transvers genişlikler arasındaki farklılık olarak tanımlanır. Kısalık ve distraksiyon radyografilerde ölçülür ve milimetre olarak ifade edilir (7, 8, 11).

Patolojik kırık; travma olmaksızın veya kırık oluşumunu açıklayamayacak kadar küçük bir travma sonucu oluşan kırıklara denir. Tibiada nadir görülürler. Paget hastalığı veya osteomalazi gibi metabolik kemik hastalıkları yada iyi huylu, metastatik ve primer kemik tümörleri sonucunda oluşabilirler. İnfeksiyon hastalıkları sonucu oluşan patolojik

kırıklar genellikle çocukluk döneminde görülür, erişkinlerde nadirdir. Fakat immün sistemi baskılanmış erişkin hastalarda ortaya çıkabilirler (8, 16).

Stres kırıkları; normalde kırık oluşturmayacak büyüklükteki travmaların tekrarlanması sonucu olan kırıklara denir. Tümörler, infeksiyon hastalıkları ve yumuşak doku yaralanmalarıyla karıştırılabilirler (7, 8, 13, 16).

KIRIK İYİLEŞMESİ

Kırık iyileşmesi süreci, kırık olduğu anda başlar. Darbenin kemiğe geldiği anda, kemiğin absorbe ettiği enerji, kemikte mekanik ve yapısal yetmezliğe neden olur. Kemik bütünlüğündeki bozulmayla beraber, kemiğe olan kan akımında da bozulma oluşur. Kırık oluştuktan sonraki birkaç saat içinde kemik iliğinin normal hücreleri kaybolur. Kırığa yakın bölgelerdeki kan damarları pıhtılaşır. Kemik iliğinin hücresel içeriği, yüksek ve düşük hücresel dansitesi olan bölümler şeklinde tekrar organize olur. Yüksek hücresel yoğunlukta hücre içeren bölgede, kırıktan sonraki 24 saat içinde endotelial hücreler polimorfik hücrelere dönüşürler. Bu hücreler osteoblastik karakterdedirler ve kemik oluşturmaya başlarlar. Düşük hücresel yoğunlukta hücre içeren bölgede ise, kırık uçlarının rezorpsiyonunu sağlayan osteoklastik hücreler hakimdir (15, 17).

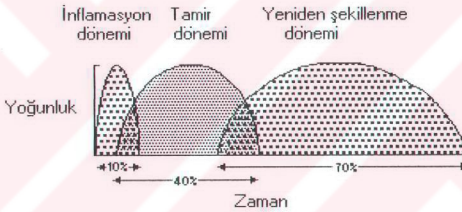
Klasik histolojik değerlendirmede kırık iyileşmesi primer ve sekonder kırık iyileşmesi olarak gruplandırılmıştır.

Primer iyileşme, kortikal bütünlük bozulduğu zaman korteksin eski bütünlüğünü sağlama çabasıdır. Fiksasyon sağlandıktan sonra kırık temas noktaları haricinde kalan boşluklar kan damarları ile dolar. Mezenkimal hücreler osteoblastlara dönüşürler ve açığa kalan kemik doku üzerini osteoid olarak kaplarlar. Bu olay osteoklastik rezorpsiyon olmadan olur.

Sekonder iyileşme, periosta ve dış yumuşak dokulardaki iyileşme cevabıdır. Osteoprogenitör hücreler ve değişmemiş mezenkimal hücreler embryonik intramembranöz kemikleşme ve endokondral kemikleşme ile yeni kemik oluşumunu sağlarlar. İntramembranöz kemikleşme kırık bölgesinin çevresinde olur ve sert kallus oluşumu ile sonuçlanır. Sert kallusta yapısal proteinler çok erken ortaya çıkarlar. Endokondral kemikleşme ile oluşturulan kallus kırığın bitişindedir. Sonradan kalsifiye olarak kemikleşen kırıkdağın yapımını sağlar. Kırık iyileşmesinde dış yumuşak dokuların

cevabı da önemlidir. Çevre yumuşak doku; kırığı stabilize eden, köprüleşen kallustan sorumludur (11, 17, 18).

Kırık oluşumundan sonra vücudun kırığı stabilize etmeye yönelik kallus oluşturmaları sürecine indirek kırık iyileşmesi denir. Bu sürece sekonder veya spontan kırık iyileşmesi de denir. Kallus önce yumuşak doku özelliğinde iken sonradan yoğun bağ dokusu haline gelir. Arada kırık dokusu olsa da olmasa da sonuç olarak kemik yapısındadır. Kırık fragmanları önce gerilmeye dirençli yumuşak dokularla köprülenir sonra sertleşerek kemik kallus gelişir. Kalsifikasyon önce periferden başlar ve kırık merkezine ilerler. Kırık fragmanları temas halinde ve rijit olarak tespit edilmişlerse, fragmanlar arasında hareket yoksa, eksternal ve intrameduller kallus oluşmadan kırık kaynayabilir. Kırık uçları rezorbe olmadan anjiyojenik kemik oluşumu gerçekleşir. Buna direk kırık iyileşmesi denir. Primer veya kontakt kırık iyileşmesi de denir (11, 17).



Şekil 9 . Kırık iyileşme dönemleri (8)

Kırıkların çoğu intramembranöz kemikleşme ve endokondral kemikleşmenin birleşimi ile tamir olurlar. Şekil 9'da görüldüğü üzere, kaynama sürecinin %10'u inflamasyon dönemi, %40'ı tamir dönemi ve %70'i yeniden şekillenme dönemidir. Bir dönem tam olarak bitmeden diğer dönem başlamaktadır. Kırık oluştuktan sonra başlangıç fazında hematoma ve inflamasyon oluşur. Hemen ardından anjiyogenez başlar ve kırık dokuya ulaşmaya başlar. Ardından kırık dokusu kalsifiye olur, kemik formasyonu oluşur ve en sonunda uzun bir süreç olan kemik şekillenmesi başlar.

Kırık iyileşmesi; inflamasyon, tamir ve yeniden şekillenme dönemlerinden oluşur.

a) İnflamasyon dönemi: Kırık olduğu andan itibaren, kemikteki, kemik iliğindeki, periosttaki ve çevre yumuşak dokudaki bütünlüğü bozulan damarlardan, damar dışına çıkan kan, kırık hematoma oluşumuna neden olur. Kırık tamirinde bu hematoma oluşumu ve organizasyonu ilk basamaktır. Deneysel çalışmalarda; kırık hematoma

kaybolursa, kırık kaynamasının geciktiği görülmüştür. Kırık hematomu tamir dokularının göçünü sağlayan fibrin içeriklidir. Büyüme faktörleri, trombositlerden salınan diğer proteinler ve tamir dokusu yapımında görevli olan hücrelerin migrasyonunu ve proliferasyonunu sağlayan hücreleri içerir. Kan pıhtılaşması tamamlanır ve aynı zamanda çevre dokularda, inflamasyonun özellikleri olan, inflamatuvar medyatörlerin salınımı, vazodilatasyon, eksudasyon ve inflamatuvar hücrelerin migrasyonu işlemleri gerçekleşir. Kırık hematomundaki öncü hücreler yeni hücreler oluşturmaya başlarlar. Fibroblastlar, yeni damarlar, hücre içi materyal ve destekleyici hücreler gelişerek, kırık fragmanları arasındaki boşluğu dolduran, yumuşak granülasyon dokusu oluşur. Kırık hematomundaki makrofajlar bu pıhtıyı temizlemeye çalışırlar ve ortaya çıkan osteoklastlar kırık uçlarındaki nekrotik kemik dokuyu rezorbe ederler. Oluşan granülasyon dokusu tamir dönemi için medyatör ortam sağlar (11, 14, 17, 18).

b) Tamir dönemi: Kırık hematomu 48 saat içinde organize olarak tamir dönemini başlatır. Bu dönem kallus oluşum dönemidir. Kırık uçlarına gelen mezenkimal hücreler çoğalır ve değişir. Fibröz doku, kırıkta ve işlenmemiş kemik içeren kallus dokusunu oluşturur. Kırık kallusu kırığın içini doldurur ve çevreler. İyileşmenin erken dönemlerinde sert veya kemiksi kallus, yumuşak veya kırıkta kallus olarak ayrılabilir. Kallusun etrafında intramembranöz kemikleşme ile oluşan kallus sert kallustur. Primer olarak merkezi bölgelerde düşük oksijen gelimi ile oluşan, kırıkta ve fibröz doku içeren kallus yumuşak kallustur. Yeni oluşan kondroblastlar, ekstrasellüler organik matris ve fibröz kallusu oluşturur. Bu materyal üzerine mineraller çökmeye başlar. Mineral içeriğinin artması kırık kallusunun stabilitesi ile direkt ilgilidir. Bu değişim kırık uçlarında yeni köprüler ve kortikal uçlarda devamlılık sağlanıncaya kadar devam eder. Kırık fragmanların stabilitesi internal ve eksternal kallus oluşumu ile artar ve klinik kaynama oluşur. Klinik kaynama, kırık uçlarının stabil ve ağrısız olmasıdır. Radyolojik kaynama, direkt grafilerde kemik trabeküllerinin görülmesi ve kırık hattında kortikal kemik atlaması olarak değerlendirilir.

c) Yeniden şekillenme dönemi: Oluşan kallus, bazı medyatör mekanizmaların uyarımı ile yeniden şekillenerek normal kemik dokuya dönüşür. Mineralize kallusun yerini bir tür örtülmüş kemik doldurur ve primer kanselloz kemik oluşumuna olanak verir. Bunun yerini lameller kompakt kemik alır ve lameller kemik mekanik kuvvetler yönünde ilerler. Medulladaki kallus ve dış kallus rezorbe olarak kemik şekillenir. Yeniden şekillenme dönemi uzun süren bir zaman dilimidir (17).

KIRIK İYİLEŞMESİNE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Dokunun genetik iyileşme kapasitesi dışında kırık iyileşmesini etkileyen birçok faktör vardır.

Kırığa Bağlı Faktörler

a) Açık kırıklar: Ciddi açık kırıklar yumuşak doku bütünlüğünün bozulmasına, kırık deplasmanına ve bazı durumlarda belirgin kemik fragman kaybına neden olur. Yumuşak dokuların zarar görmesi, kırığa giden kan akımının bozulmasına, nekrotik kemik ve yumuşak doku oluşumuna, kırık hematomunun oluşmasının engellenmesine ve tamir dokusunun oluşumunun gecikmesine yol açar. Açık kırıklarda infeksiyon gözardı edilmemesi gereken çok önemli bir etkidir.

b) Yaralanmanın şiddeti: Yüksek enerjili travmalarla oluşan kırıklarda meydana gelen yumuşak doku ezilmesi, kemik fragmanların deplasmanı ve kaybı, kırık hattına gelen kan akımındaki azalma kaynamayı olumsuz etkiler. Yumuşak doku ezilmesinin fazla olması nekrotik doku miktarının fazla olmasına, mezenkimal hücrelerin göçünün ve vasküler invazyonun engellenmesine neden olur.

c) Eklem içi kırıklar: Eklemi ilgilendiren kırıklarda, eklem hareketi ve yüklenme ile kırık fragmanları hareket eder. Bu durum kırık iyileşmesini geciktirebilir. Kırık oluşumu ile açığa çıkan trombositlerden salınan büyüme faktörleri ve interlökinler, kırık iyileşmesi için gerekli hücrelerin çoğalmasında ve farklılaşmasında önemli rol oynarlar. Kırık bölümdaki ve kemik bölümdaki tamir dokuları farklılık gösterir. Eklem yüzey bütünlüğü ve stabilizasyon sağlanamazsa gecikmiş kaynama ve kaynamama ortaya çıkabilir. Uzun süren immobilizasyonda, eklem sertliği oluşabileceği unutulmamalıdır.

d) Segmenter kırıklar: Uzun bir kemiğin segmenter kırığı sonucu kırık parçanın kan akımı bozulur. Aynı zamanda ciddi yumuşak doku yaralanması da varsa periostal dolaşım da bozulur. Bu sebeplerden dolayı kaynama gecikmesi veya kaynamama görülebilir. Segmenter kırık tedavisi yapılırken serbest kemik parçasının yumuşak doku desteği korunmalıdır. Kırık uçları birbirinden uzak veya arada kemik defekti varsa çevredeki damarlar ve kan dolaşımı yetersiz kalarak granülasyon ve revaskülarizasyon işlemleri yavaşlar. Kırık hematomundan kallis dokusu ve kemikleşmeyi sağlayacak yeni

damar gelişimleri gerçekleşemez. Multipotansiyel mezenkimal hücreler yetersiz beslendiği zaman osteojenik indüksiyon potansiyelleri azalır (8, 11, 13).

e) Yumuşak doku interpozisyonu: Kırık fragmanları arasında kas, fasya, tendon, damar ve sinirlerin girmesi kaynamayı olumsuz yönde etkileyebilir. Kapalı redüksiyon sırasında kemik fragmanların bütünlüğü ve düzgünlüğü sağlanamıyorsa yumuşak doku interpozisyonu akla getirilmelidir.

f) Kan dolaşımının bozulması: Kırık bölgenin vasküler destekten yoksun olması kaynamayı geciktirebilir. Yapılan açık girişimlerde kemik çevresindeki yumuşak doku desteği mümkün olduğunca korunmalıdır. Tibia distalinde yumuşak doku desteği az olduğu için kaynaması sorundur (8, 12, 13).

g) Kırığın özellikleri: Kemik fragmanları birbirinden ayrılmamış veya uçları birbirine yakın olan kırıklar, ayrılmış kırıklara göre daha kolay kaynarlar. Spiral ve oblik kırık gibi temas yüzeyi çok olan kırıklarda, transvers kırıklara göre kaynama daha hızlıdır. Kansellöz bölge kırıkları kortikal kemiklere göre daha hızlı kaynar. Kansellöz kırıklarda birbirine temas eden kısımlardan gelişen dokuyla endosteal kallus oluşur. Kortikal kemiklerde fragmanlar sıkı temasta ve tespit yeterli ise endosteal kallus ile kaynama olur. Temas az ve tespit yetersizse kaynama uzun sürede eksternal kallusla olur. Bu duruma indirek kırık iyileşmesi denir ve kaynama uzun sürer. Redüksiyonun yeterli olmaması, kırık uçları arasındaki defektin büyük bir kırık hematomu ve kallus dokusuyla köprülenmesine neden olur. Bunun kemik dokusuna dönüşmesi uzun zaman alır. Tekrarlayan redüksiyon denemeleri kırık uçları arasındaki damar ağışlaşmalarını, granülasyon dokusunu ve yeni kemikleşme için gerekli olan fibrinli yapıyı bozarak kaynamayı geciktirir. Yetersiz tespit ve tespit süresinin kısa tutulması sonucu kırık uçları hareket ederek kırık bölgesindeki yeni damar oluşumları engellenir, kuvvetli internal kallus yerine zayıf olan eksternal kallus gelişir ve kaynama gecikir (8, 11).

Hastaya Bağlı Faktörler

a) Hastanın yaşı: En hızlı kaynama potansiyeli infantlardadır. İskelet gelişimi tamamlanıncaya kadar yaş arttıkça kaynama ve remodelizasyon potansiyeli azalır. İskelet gelişimi tamamlandıktan sonra, yaş arttıkça kaynama potansiyeli belirgin olarak etkilenmez. Yaşlı, osteoporotik kemiklerde kaynama yeteneği daha azdır. Çocuklarda

kaynama ve remodelizasyon potansiyelinin fazla olmasının muhtemel bir sebebi; tamir dokusunu oluşturan hücrelerin değişkenlik gösterebilme kabiliyetinin fazla olmasıdır.

b) Beslenme durumu: Kırık kaynaması oluşabilmesi için hücre proliferasyonu, hücre migrasyonu, matriks sentezi gibi kompleks olaylar olmak zorundadır. Kollajen, proteoglikan, matriks makromoleküllerinin sentezlenebilmesi için yüksek oranda protein ve karbonhidrata ihtiyaç vardır. Bu yüzden hastanın metabolik durumu kırık iyileşmesinde çok önemlidir (8, 17).

c) Sistemik hormonlar: Kortikosteroidler mezenkimal hücrelerden osteoblast gelişimini ve kemik matriksin oluşumu için gerekli yapıtaşlarının sentezini yavaşlatarak kırık iyileşmesini geciktirir. Anabolizan hormonlar proteine bağlı kalsiyumun artışı etkileyerek kırık iyileşmesine yardımcı olurlar. Büyüme hormonu, tiroid hormonları, kalsitonin ve insülinin de deneysel çalışmalarda kaynamayı etkilediği bildirilmiş fakat ne şekilde etkilediği net olarak bildirilmemiştir.

d) Nikotin: Klinik çalışmalarda, sigara içilmesinin kırık kaynamasını olumsuz etkilediği gösterilmiştir. Etki mekanizması tam olarak bilinmemektedir fakat tavşanlarda yapılan deneysel çalışmada, kemik greftin vaskülarizasyonunu bozduğu bildirilmiştir (8, 11, 13, 17).

Dokuya Bağlı Faktörler

a) Kemik şekli: Temas yüzeyleri, hücre sayıları ve vaskülarite farklılığı nedeni ile kansellöz kemikler kortikal kemiklere göre daha hızlı kaynarlar. Kansellöz bölge kırıklarının temas yüzeyi fazladır ve mevcut olan trabeküllerin üzerine yeni kemik oluşumu daha kolay olur. Kortikal kemikte ise temas yüzeyi ve kan dolaşımı azdır.

b) Kemik nekrozu: Kırık oluşumu ile kemik fragmanların uçlarına giden damarsal ağ bozulabilir. Tamirde gerekli hücrelerin kırık bölgeye gitmesi gecikir ve yeni kemik oluşumundan önce bölgedeki nekrotik kemik rezorbe edilmelidir.

c) Kemik hastalığı: Metabolik, tümöral, dejeneratif, radyasyon ve infeksiyon nedeni ile direnci azalmış kemikler, normalde kemiği kıramayacak kadar küçük travmalarla kırılabilirler. Bu kırıklara patolojik kırıklar denir. Osteoporoz, osteomalazi, primer kötü huylu kemik tümörleri, metastatik kemik tümörleri, iyi huylu kemik tümörleri, kemik kistleri, osteogenesis imperfekta, fibröz displazi, Paget hastalığı, hiperparatiroidizm ve infeksiyonlar patolojik kırıklara sebep olabilirler (8, 11, 17).

Tedaviye Bağlı Faktörler

a) Kırık fragmanların uyumu: Kırık fragmanları arasındaki mesafenin az olması kaynamayı hızlandırır (7, 8, 11, 18, 19).

b) Yükleme ve mikrohareket: Kırık kaynaması için ideal koşullar tamir dokusunun yüklenmesini içerir. Kırık fragmana yapılan erken ve kontrollü yüklenme ile uzun kemiklerde mikrohareketler kaynamayı uyarıcı etkiye sahiptir. Kontrollü mikrohareket uygulanan kırık fragmanları arasında belirgin olarak daha hızlı kaynama görülmektedir (18). Fizyolojik yüklenme altında kemiğin elastik deformasyonundan çıkan stres, kemik iyileşmesinin erken döneminde periostal kallus proliferasyonunu artırır, remodelizasyonunu hızlandırır (19).

c) Kırık stabilizasyonu: Kırık fragmanların tespitinin iyi olması, oluşan tamir dokusunun bozulmasını önler. İnterfragmanter hareketler, oluşan kallusun kalitesini ve miktarını etkiler. Kırık fiksasyon rijiditesi arttıkça, eksternal kallus oluşumu azalır (18). Kırık uçları arasında fazla hareket varsa, daha fazla periostal kallus oluşur. Cerrahi insizyon yapılırsa, o bölgede lokal kan akımı bozularak kallus gelişimi azalır (19). Kırık iyileşmesinin özellikle ilk dönemi, çevresel mekanik koşullardan etkilenmeye çok açıktır. Kırık uçları arasındaki kısıtlı aksiyel mikrohareket (0.2-1 mm) kallus gelişimini artırır. Böylece kırığın mekanik stabilitesi artar. Aşırı interfragmanter hareket, kaynama süresini uzatır. Gecikmiş kaynama veya kaynamamaya yol açabilir. Kırık uçları arasındaki makaslama kuvveti, kaynamayı geciktirir (20). Deneysel olarak oluşturulan tibia diyafiz osteotomilerinde, aksiyel yüklenme sonucu %100 kallus köprüleşmesi görülürken, makaslama yüklenmesi sonucu %60 parsiyel kallus köprüleşmesi görülmüştür. Aşırı makaslama kuvvetine izin veren kırık fiksasyonunda kaynama gecikirken, aksiyel yük altında olan kırıklarda daha çabuk kaynama görülmektedir (21). Makaslama kuvvetlerine maruz kalan kırıklarda periostal kallus içinde daha fazla kırık farkılaşması görülmüştür (22). Geniş interfragmanter hareketler daha çok fibrokartilaj oluşumuna, daha az kemik oluşumuna neden olurlar (23). Deneysel olarak oluşturulan tibia diyafiz kırıklarında, aksiyel mikroharekete izin verecek şekilde fikse edilen kırıkların kaynama süresi, rijit fikse edilenlere göre daha kısadır (24).

d) Vitaminler: A ve D vitaminleri normal dozlarda kırık iyileşmesine yardım ederken, yüksek dozlarda kırık iyileşmesinde gecikmeye neden olur. B ve C vitaminleri de kırık iyileşmesi için gerekli makromoleküllerin sentezinde rol alarak etkili olurlar.

e) Hiperbarik oksijen: 2-3 atmosfer basınçla günde 2-3 saat uygulanan yüksek basınçlı oksijen, kırık iyileşmesine yardımcı olurken, fazlası kaynamayı yavaşlatır (8).

f) Elektrik akımı: Kırık bölgesine lokal elektrik akımı verilmesi kaynamayı hızlandırır (8, 17).

BİYOMEKANİK

Biyomekanik Terminoloji

Kuvvet: Bir cisme veya vücuda dışarıdan uygulanan yükür. Uygulanan kuvvet cisimde deformasyona yol açabilir, hareketlendirebilir veya hareket aksını değıştirebilir.

Kuvvet vektörü: Bir cisime uygulanan kuvvetin yönüne kuvvet vektörü denir. Vektörü belirleyen dört temel özellik; kuvvetin büyüklüğü, hareket aksı, uygulanma noktası ve kuvvetin hareket aksına göre yönüdür.

Hareket: Uzayda düzlemsel veya açısız olarak yer değıştirme olarak tanımlanır (4).

Stres: Birim sahaya binen yüklenmedir. Bir cisme uygulanan kuvvetin o cisimde yaptığı etki olarak da tanımlanabilir. Aynı kuvvet küçük bir sahaya uygulandığında, büyük sahaya uygulananndan daha büyük stres elde edilir. $Stres = \frac{Yük}{Saha}$ dir. Yüklenme sonucu ortaya çıkan stres kompresif, tensil, makaslama, bükülme, torsiyon ve kombine olmak üzere 6 çeşittir.

a) Kompresyon tipi streste yüklenme aksiyel yüklenmedir, cisme doğru eşit ve zıt kuvvetler sonucu oluşur ve cismin enine kesitinde tüm yüzeylere eşit olarak dağılır. Kompresif stres, aksiyel kuvvetle paralellik gösterir. Kompresif stres altında cisim kısalmı ve kalınlaşır.

b) Gerilme tipi stres (tansiyon), cisimden dışı doğru olan eşit ve zıt kuvvetler sonucu ortaya çıkar. Tensil kuvvet altında cisim incelmı ve uzar.

c) Makaslama stresinde cismin yüzeyine paralel olarak kuvvet uygulanır. Uygulanan kuvvetler farklı noktalardan zıt yönlerdedir.

d) Bükülme stresinde yüklenme farklı şekildedir. Yükün cisme etki ettiğı bölümde kompresif güçler etkili olurken, cisme yük binmeyen karşı tarafta tensil kuvvetler hakimdir. Nötral aks olarak kabul edilen cismin orta hattında ne kompresif ne de tensil kuvvet vardır, nötral akstaki kuvvet sıfırdır. Kompresif güçlerin tensil güçlerden daha

büyük olması sonucu cisimde bükülme meydana gelir. Kuvvetin uygulanma noktası, nötral akstan ne kadar uzakta ise, ortaya çıkan kuvvetin büyüklüğü o kadar artar. Bükülme; 3 noktadan veya 4 noktadan ayrı kuvvetler uygulanarak oluşturulabilir.

e) Torsiyon stresi cismin bir aks etrafında dönmesi sonucu ortaya çıkar. Makaslama, kompresyon ve gerilme kuvvetlerinin birleşimi sonucu oluşur.

f) Kombine stres ise tüm kuvvetlerin bileşkesi sonucu oluşan yüklenmedir.

Gerilim (Strain) : Deformasyon derecesi ölçüsüdür. Stres durumunda iki çeşit gerilim oluşabilir. Normal gerilim cismin boyundaki artma veya azalmanın, cismin normal boyuna oranıdır. Eğer kemiğin boyu ölçülen gerilim doğrultusunda uzarsa, gerilim tensil ve pozitifdir. Gerilim doğrultusunda kemik boyu azalırsa, gerilim kompresif ve negatiftir. Makaslama gerilimi ise makaslama stresleri ile olan değişikliklerle ilişkilidir. Kırık uçlarındaki gerilim, kırık uçlarındaki harekete göre tanımlanır. İki kemik arasında 2 mm'lik bir açıklık varken 1 mm hareket olursa %50 gerilim oluşur. 2 mm'lik açıklıkta 0.5 mm hareket olursa %25 gerilim oluşur. 4 mm'lik açıklıkta 1 mm hareket olursa %25 gerilimle sonuçlanır. Aralığın küçük olması gerilimi artırır. Kemikteki gerilim, kemiğin lokalize deformasyonunun, orijinal boyuna bölümüdür (9, 25).

Elastisite Modulusu: Stres / gerilim eğrisi olarak tanımlanır. (Şekil 10) Young modulusu olarak da bilinir. Materyalin katılığını belirtir. Elastisite; bir cisme uygulanan kuvvetler kaldırıldıktan sonra cismin orijinal boyutuna ve şekline dönebilme kabiliyetidir. Uygulanan kuvvet elastik limite eşit veya daha düşük ise cisimde meydana gelen deformasyonlar yük kalktıktan sonra tamamen geri döner. Fakat uygulanan kuvvet limiti aşıyorsa cisim orijinal şekline ve boyutuna geri dönemez ve meydana gelen değişiklikler plastik deformasyon olarak tanımlanır (25).

Deplasman: Bir yapıda mekanik veya fizyolojik yüklenme altında meydana gelen deformasyona deplasman denir.

Tork: Bir rotasyon merkezine belirli uzaklıktan uygulanan kuvveti belirtir. Rotasyon merkezine olan uzaklık arttıkça tork miktarı artar.

Katılık (Stiffness): Bir cismin deformasyona karşı koyabilme kabiliyetidir. Yük/Deformasyon veya Tork/Rotasyon eğrisidir. Rijidite ile aynı anlamda kullanılır. Gerçekte tüm cisimler kendilerine kuvvet etkidiğinde bir miktar deforme olurlar. Bazı durumlarda bu deformasyon o kadar az olur ki istenilen analizin sonuçlarını etkilemez, bu cisimlere rijit cisimler denir.

Eylemsizlik Momenti: Eylemsizlik momenti, bir cismin mevcut konumunun değişmesine gösterdiği dirençtir. Yüksek eylemsizlik momenti cismin yapısal olarak güçlü olduğunu gösterir.

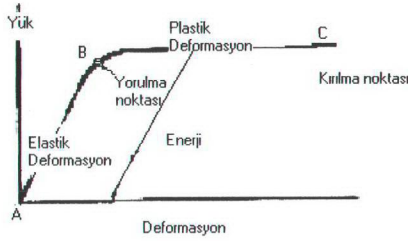
Stabilite: Kırık bir kemiğin stabilitesi, kırık fragmanları arasındaki göreceli hareketi bildirir (26).

Newton Kanunları: Etkiyen kuvvet ve eşlik eden hareketler arasındaki ilişkiyi yöneten birkaç temel kavram vardır. Bunlar arasında Sir Isaac Newton'un kanunları en geçerli olanlardır. 1. kanuna göre bir cisme etkiyen net kuvvet '0' ise istirahattteki bir cisim istirahate devam eder, hareket halindeki bir cisimde sabit hızda hareketine devam eder. 2. kanuna göre bir cisme net bir kuvvet etki ederse, cisim o kuvvetin yönünde ivmelenir ve ivmenin büyüklüğü etkiyen net kuvvetin büyüklüğüyle aynı olur. $F=m.a$ Burada F ; etkiyen kuvvet, m ; cismin kütlesi a ; lineer ivmedir. Eğer cisme birden fazla kuvvet etki ediyorsa F , net kuvveti gösterir (vektörel toplam). 3. kanuna göre her etkiye bir tepki vardır ve etki tepki kuvvetleri eşit büyüklükte, paralel, zıt yönde ve aynı düzlemde etki etmektedir (4, 9, 27).

Kemik Biyomekaniği

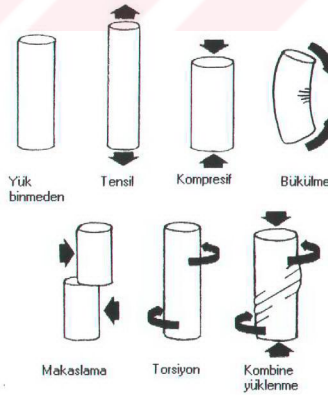
İskelet sisteminin görevi iç organları korumak, kaslara tutunma alanları yaratmak, kas ve vücut hareketlerine yardımcı olmaktır. Kemik bu işlevlerini yerine getirebilmek için özel bir yapıya ve mekanik özelliklere sahiptir. Dinamiktir ve metabolik olarak aktif dokulardan biridir. Hayat boyu aktif kalır. Oldukça vasküler bir dokudur. Mükemmel bir yenilenme özelliğine sahiptir ve mekanik ihtiyaca göre özelliklerini ve konfigürasyonunu değiştirebilir. Kortikal kemiğin stres-gerilim davranışı, yüklenme yönüne bağlıdır. Kortikal kemikler uzunlamasına ekseninde, transvers eksene göre daha güçlü ve daha katıdır. Uzunlamasına ve transvers eksenlerde kompresif güçlere karşı dayanma gücü, tensil güçlere olduğundan daha fazladır (4, 9, 12).

Fonksiyonel olarak kemiğin en önemli mekanik özellikleri sağlamlığı ve sertliğidir. Kemiğin yüklenmeye karşı cevabı, kemiğin geometrisine ve yapısal özelliklerine göre değişir. Geniş yüzeyli bir kemik, aksiyel yüklenmeleri daha geniş bir yüzeye dağıttığı için, yüzeylerde daha az stres oluşur. Yüklenme bir maddede deformasyona yani boyutlarının değişmesine neden olur.



Şekil 10 . Yük deformasyon eğrisi (27)

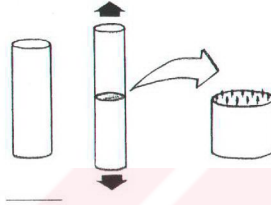
Şekil 10'da gösterilen eğrinin ilk bölümü elastik bölgedir ve yapının elastisitesini gösterir. Cismin yük kaldırıldıktan sonra, orijinal şekline dönebilme kapasitesidir. Yük uygulandıkça deformasyon olur ancak kalıcı değildir. Yük kaldırıldığında yapı eski şeklini alır. Yüklenme devam ettiğinde yapının en dıştaki lifleri bir noktadan sonra ayrılmaya başlar. Bu yorulma noktası, cismin elastik limitini gösterir. Yüklenme bu limiti aşarsa yapı plastik davranışını ortaya koyar. Yorulma noktasından sonra belirtilen bölge plastik bölgedir. Yük kaldırılrsa bile cisim eski şekline dönemez. Yük progresif olarak arttırılırsa, cisim bir noktadan sonra yetmezliğe girecektir. Bu nokta, eğride nihai yetmezlik noktası olarak gösterilmiştir. Eğrinin altında kalan alan, toplam enerjiyi gösterir (4, 9, 27).



Şekil 11 . Kemiğe etkiyen yükler (27)

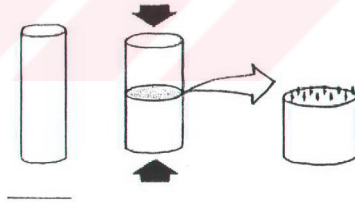
Bir cisme kuvvet ve momentler değişik yönlerde etki edebilir. Bu kuvvetler gerilme, kompresyon, eğilme, makaslama, torsiyon veya bunların kombinasyonu şeklinde olabilir (şekil 11).

Tensil kuvvetler sonucu oluşan kırıklar genellikle kansellöz kemiği bol olan kemiklerde görülür (şekil 12). Aksiyel yüklenmelerde kemiğin yapısal cevabını belirleyen, kesit alanı ve elastisite modulusudur.



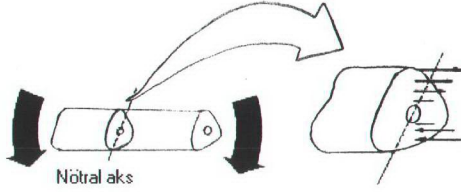
Şekil 12 . Tensil yüklenme (27)

Kompresif yüklenme esnasında cismin yüzeyine eşit ve zıt yönlerde kuvvet uygulanır ve cismin içinde kompresif stres ve gerilim oluşur (şekil 13). Klinik olarak kompresyon kırıkları, büyük yüke maruz kalan omurgalarda görülür.



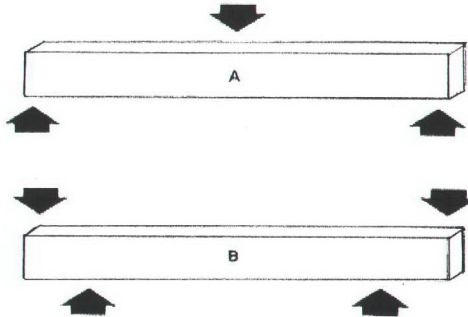
Şekil 13 . Kompresif yüklenme (27)

Bükülme kuvveti, cisme öyle bir şekilde etki ki, cismi bir aks etrafında bükülmeye zorlar. Bir kemik bükülme stresine maruz kaldığında, konveks tarafta yüksek tensil stres oluşurken, konkav tarafta kompresif yükler hakimdir (şekil 14). Tensil tarafta transvers kırık hattı oluşurken, kompresif tarafta oblik kırık hattı oluşur. Kompresif tarafta iki kırık hattı oluşarak kelebek fragmanını oluşturur. Yüklenme ani ve daha yüksek miktarda ise daha fazla parçalanma olur (4, 9, 12).



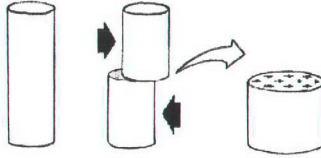
Şekil 14 . Bükülme kuvveti (27)

Bükülme kuvvetinde, tensil stres ve gerilimler nötral aksın bir tarafına etki ederken, kompresif stres ve gerilimler nötral aksın karşı tarafına etki ederler. Nötral aks boyunca hiçbir stres ve gerilim yoktur. Üç nokta bükülme kırığı klinik olarak kayakçılarda bot üstünde meydana gelen kırık modelidir. 1. moment; kayakçı kayağın üzerine düştüğünde proksimal tibiaya etki eder. Buna eşit bir moment, sabit ayak ve kayak tarafından üretilir ve distal tibiaya etki eder. Proksimal tibia öne doğru bükülme yapacağından kompresif stres ve gerilimler tibia ön yüzüne, tensil stres ve gerilimler tibia arka yüzüne etki eder. Tibia ve fibula bot üstünden kırılır. Yetişkin kemiği kompresyona göre gerilmeye karşı daha güçsüzdür ve yetmezlik gerilme olan tarafta görülür. Dört nokta bükülme kırığında iki çift kuvvet bir cisme etki eder ve eşit momentler yaratır oluşur. Kuvvet çifti, bir cisme karşı yönlerden etkileyen, birbirine paralel ve eşit büyüklükteki iki kuvvetin oluşturduğu bir bütündür (şekil 15). Bükülme momentinin büyüklüğü eşit olacağından, kemik en zayıf olduğu yerden kırılır (9, 12, 27).



Şekil 15 . Üç nokta ve dört nokta bükülme (27)

Makaslama yüklenmesinde kuvvet cismin yüzeyine paralel olarak etki ve cismin içinde makaslama stres ve gerilimi görülür. Makaslama kuvvetine maruz kalan cisimde açılmal deformasyon olur (şekil 16).



Şekil 16 . Makaslama kuvveti (27)

Torsiyon yüklenmesinde ise cismin bir eksen etrafında dönmesine neden olacak bir kuvvet uygulanır (şekil 17). Stresler nötral akstan ne kadar uzaksa, büyüklükleri de o kadar fazladır. Torsiyonel yüklenmede, maksimal makaslama kuvvetleri, yapının nötral aksına paralel ve dik planlara etki eder. Torsiyonel kuvvetlerle oluşan kırıklarda kemik yüzeyinde önce bir kırık hattı başlar. Yüksek tensil streslerin olduğu düzlemde spiral bir kırık hattı oluşur (12, 28).



Şekil 17 . Torsiyon yüklenmesi (27)

Maksimal tensil ve kompresif stresler, yapının nötral aksına çapraz planda etki ederler. Kemikler birçok tespit edilemeyen yüklere maruz kaldığı için ve geometrik yapıları düzensiz olduğu için kombine yüklenmelere maruz kalır. Tibiaya binen yükler, yürüme esnasında, topuk basmada kompresif, salınım fazında tensil, itme fazında tekrar kompresiftir (27).

Kemik kırıkları, kırık sırasında açığa çıkan enerji miktarına bağlı olarak düşük, yüksek ve çok yüksek enerjili olmak üzere üç gruba ayrılır. Kırıklar, kemiğin son gücünü aşan tek bir yük tarafından veya daha düşük büyüklükteki tekrarlayan yüklerin uygulanmasıyla oluşabilir. Tekrarlayan yüklerin uygulanması ile oluşan kırık yorgunluk

veya stres kırığı olarak adlandırılır. Kemik mekanik ihtiyaçlara göre yapısını, şeklini ve boyutunu değiştirerek tekrar şekillenme yeteneğine sahiptir. İnaktivite, iskelet sistemi üzerine olumsuz etkilidir. Bir haftalık yatak istirahati ile %1 lik kemik kaybı olur. Parsiyel veya total immobilizasyonda, kemik olağan mekanik streslerle karşılaşamaz, periostal ve subperiostal kemik kaybı nedeni ile kemiğin mekanik özelliklerinde azalma olur (12, 27).

Birçok deneysel çalışma sonucunda ulaşılan Wolff kanununa göre; artmış kompresif ve distraktif kuvvetler osteoblastları aktive ederken, azalmış kompresif ve distraktif kuvvetler osteoblastları inhibe ederler. Kemik, mekanik adaptasyonunu üstüne binen yüklere göre organize eder. Fonksiyonel kompresyon, kırık konsolidasyonunda kallus oluşumunu uyarırken, tensil ve makaslama kuvvetleri kemik rejenerasyonunu geciktirirler (4, 15, 29).

Sonuç olarak:

- Kemik dayanma gücünü aşmayan kompresif güçler, kemik yapımını uyarır.
- Orta düzeyde kompresyon tamir oluşumunu uyarırken, aşırı kompresif kuvvet rejenerasyonu baskılayabilir, kemik nekrozuna sebep olabilir.
- Kemik yapımını uyarıcı ideal kompresyon miktarı, kas traksiyon gücü ve vücut ağırlığı ile oluşan basınç miktarı kadardır.
- Stabil fiksasyon yapıldığında kemik; aktif olarak endosteumun hücresel elementleri, kemik iliği ve periost tarafından oluşturulur. Stabil fiksasyon yoksa kırık uçları arasında interfragmanter hareket oluşur. Kompresyon, interfragmanter sürtünmeyi artırarak kırık uçlarının ve çevre tamir dokusunun nekrozuna sebep olabilir. Böylece fokal nekrotik değişiklikler ve rezorbsiyon oluşur.
- Aksiyel kompresyonla birlikte o bölgenin kan dolaşımının artması, kemik kitlesinde artmaya sebep olur. Ekstremitenin kan dolaşımı miktarı kas fonksiyonu ile ilişkilidir. Normalde tibia kemiğine, fibulaya göre daha fazla aksiyel yük biner. Aynı seviye tibia fibula kırıklarında, fibulanın kan dolaşımı daha iyi olduğu için yüklenme ile fibular hipertrofi daha belirgindir. Buna dayanarak kemik yapımı direk olarak kemiğin kan dolaşımı, aksiyel kompresyon ve çevresel mekanik faktörlerle ilişkilidir.
- Bir ekstremitenin fonksiyonel aktivitesinin azalması, kemik, kas ve yumuşak dokuların atrofisine, dokuların tamir kabiliyetinin azalmasına neden olur.

- Ekstremitenin normal fonksiyonel kapasitesinin korunması, kemik fragmanlarının hızlı ve güçlü kaynamasını, doku tamininin normal yapılmasını sağlar.
- Normal fonksiyonel kapasitesini kaybeden ekstremitede, venöz dönüş ve lenfatik dönüş bozulur. Tromboemboli riski artar. Venöz göllenmeye bağlı arteryel akımda azaldığı için kırık kaynaması gecikir (7, 11, 13, 17, 29).

Kırık Biyomekaniği

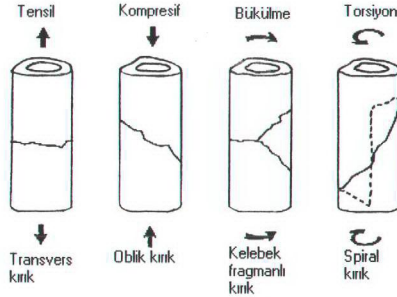
Kırıklar, kendilerini oluşturan kuvvete göre gruplandırılabilir. Normalde tek uygulama ile kırık oluşturmayaacak büyüklükteki travmanın, uzun süre boyunca uygulanması ve tekrarlaması sonucu kırık oluşabilir. Bunun yanında kemik yaşayan bir dokudur ve travma periyodları arasında, mikroskopik kırıkların çevresinde yeni kemik oluşumu ve periostal kallus oluşumu görülebilir.

Tek uygulama ile oluşan kırıklar, kuvvetin büyüklüğüne ve uygulanma alanının genişliğine göre gruplandırılabilir. Travma direk ise yumuşak doku yaralanması ve kırık fragmanlarda parçalanma miktarı artar. Kuvvetin uygulanma yerine bakılmaksızın kemikte kompresif, tensil, makaslama, bükülme, rotasyon kuvvetleri veya hepsinin kombinasyonu şeklinde yüklenmeler ortaya çıkar. Kortikal kemik genellikle tensil ve makaslama kuvvetlerine karşı zayıftır. Kemikğin uzun aksına ne kadar büyük oranda tensil stres uygulanırsa kemikğin kırılması o kadar kolaylaşır. Erişkin kortikal kemikği kompresyona daha dayanıklı iken gerilim güçlerine karşı daha zayıftır (7, 8, 15, 17, 30).

a) Transvers kırıklar sade tensil kuvvetlerin veya bükülme kuvvetlerinin sonucu oluşur. Kemikteki tensil kuvvete karşı yetersizliğin ilk cevabı; parçalı olmayan transvers kırıktır. Bükülme kuvvetleri ile kemikte basit transvers bir kırık hattı oluşur.

b) Oblik kırıklar düzensiz bir bükülme kuvveti ile oluşabilir. Kompresyon altındaki korteks, tensil stres ile oluşan kırık tüm kemik hattı boyunca yayılmadan önce, oluşan makaslama kuvveti ile kırılır. Böylece kompresif tarafta parçalanma oluşur ve tek veya multipl kelebek fragmanlı kırık oluşur.

c) Spiral kırıklar saf torsiyonel yaralanmalar sonucu oluşur. İki farklı kırık çizgisi mevcuttur; biri kemik etrafınca dönen açılı bir çizgi, diğeri de spiralin proksimal ve distaline uzanan uzunlamasına kırık çizgisidir (şekil 18).



Şekil 18 . Kuvvetlere göre kırık şekilleri (27)

Tek travma ile kırık oluşumunda kemiğin elastisite modülü ve anizometrik özelliklerinin yanında kemiğin enerji absorbe edebilme kapasitesi rol oynar. Ani yüklenmeye maruz kalan kemik yavaş yavaş yük binen kemikten daha fazla enerji absorbe etmek zorundadır. Kemiğe yük bindiren cismin kinetik enerjisi $\frac{1}{2} MV^2$ formülü ile hesaplanır. M harfi cismin kütesini, V harfi ise cismin hızını gösterir. Dolayısı ile hızdaki çok az artış bile enerjide büyük artışlara neden olur. Yüklenme anında kemiğin absorbe ettiği enerji, kırılma ile boşalır. Bu durum ani yüklenmeler sonucu oluşan kırıklarda, daha fazla yapısal değişikliklerin ortaya çıkmasını, daha fazla fragman parçalanmasını ve daha çok deplasman olmasını açıklar. Aynı durum indirek kırıklarda da geçerlidir. Düşük hızlı, bükülme ve tensil stres sonucu oluşan kırıkta tek kelebek fragman olurken, yüksek hızlı aynı mekanizmalı kırıkta çok sayıda kelebek fragman oluşur. Bükülme komponenti olmadan sadece yüksek hızlı torsiyon mekanizması ile parçalı spiral kırıklar oluşabilir. Segmenter kırıkların oluşumunda en sık görülen mekanizma dört nokta bükülme mekanizmasıdır. Ayakta duran bir kişinin tibiasına araba tamponu çarpması mekanizması, dört nokta bükülme mekanizmasına örnek olarak verilebilir (7, 8, 15, 17, 27).

İntramedüller Çivilerin Biyomekaniği

İntramedüller çiviler, kırık bir kemikte temel olarak internal destek görevi görürler. Bu çiviler özellikle bükülme kuvvetlerine karşı koymada çok etkilidirler. Kilitleme işlemi yapılmazsa, aksiyel yüklenmeler sonucu oluşan kısılmalara ve rotasyonel kuvvetlere karşı yeterince güçlü değildirler (7, 8, 11, 26).

İntramedüller çivilerin intrinsik mekanik özellikleri:

1) İnternal destek: İntramedüller çiviler kemiğe içerden destek görevi görürler. Hareketli kayıcı implant olarak adlandırılabilirler. Kayan bir implant olan intramedüller çiviler, güçlendirilmedikleri durumlarda kısılmayı, aksiyel yüklenmeyi ve rotasyonu kontrol edemezler. Fakat bükülme kuvvetlerini çok iyi kontrol ederler.

2) Geometri: İntramedüller çivinin geometrisi, çivinin gücünden, sertliğinden ve kemikle olan fiksasyonundan sorumludur. Bir intramedüller çivinin önemli geometrik özellikleri uzunlamasına öne eğriliği, kesit şekli, transvers çapı, yarık karakteri, materyal özelliği ve yapısal sertliğidir.

a) Uzunlamasına öne eğrilik: İntramedüller çivinin giriş yeri doğru olduğu takdirde, çivinin uzunlamasına öne eğriliği sayesinde çivinin kontrolü ve kemik çivi uyumu kolay olur. İntramedüller çivinin şekli ile intramedüller kanalın uyumsuzluğu, kemik çivi fiksasyon stabilitesini olumsuz yönde etkiler. Giriş deliğinin yanlış olması da uyumsuzluğa neden olabilir. Tibia çivilerinde düz tibial kanala girişi kolaylaştırılan proksimal eğrilik vardır. Bu eğriliğin yeri kemik çivi uyumsuzluğuna etki eder ve özellikle proksimal tibia kırıkları için önemlidir. Kırık eğriliğin proksimalinde ise çivi distal fragmanı daha distale itebilir.

b) Kesit şekli: Herhangi bir boyuttaki intramedüller çivinin kesit şekli çivinin eylemsizlik momentini belirler. Çeşitli kesit şekillerde pekçok intramedüller çivi mevcuttur. En yaygın Küntscher'in yonca yaprağı şeklinde olan çivisidir. İntramedüller kanalın tıkanmasını önlemek ve neovaskülarizasyona imkan tanımak için boşluklar bırakmak hedeflenmiştir. İntramedüller çivilerin daha derin veya daha sık kanallı şekilleri olduğu gibi duvar kalınlığı farklı olan şekilleri de mevcuttur. Bu çivilerin herbiri için eylemsizlik momenti medial-lateral ve anterior-posterior yönlerdedir. Çivinin esnekliği ve momenti birleştiğinde, çivinin sertliği veya eğilme rijiditesi belirlenir. Kesit şekli keskin kenarlı olan çiviler yüksek oranda torsiyonel stabilite sağlarlar. Dezavantajları çıkarılmalarının zor olmasıdır.

c) Boy-Çap: Çivinin boyu da çapı da eylemsizlik momentine etki eder. Küçük bir çivinin eylemsizlik momenti küçük olur. Çaptaki 1 mm lik artış eylemsizlik momentinde hızlı artışa neden olur. Dolayısı ile aynı kesit şekle sahip çivilerden büyük çaplı olanlar daha sert ve rijit olacaktır. Bu yüzden bazı çiviler yapılırken bu özellik göz önünde bulundurulmuş ve çap küçüldükçe duvar kalınlığı artırılmıştır. Farklı üretilmiş çiviler

arasında aynı çaplı olsalar dahi esneme sertlikleri arasında 2 kat, torsiyon modüllerinde ise 3 kat fark bulunabileceği akıld tutulmalıdır.

d) Yarıık: Oymasız çiviler hariç diğer çivilerin içleri boştur. İçi boş intramedüller çiviler açık kesitli (yarık) veya kapalı kesit şekillidirler (yarıksız). Çivide yarıık bulunmasının amacı, çivi çakılırken radial kompresyona imkan sağlayarak kemik çivi geometrik uyumsuzluğunu önlemektir. Çivinin radial kompresyonu ile artmış sürtünme fiksasyonu elde edilir. İntramedüller çivilerin kanala yerleştirilmesinde belli derecede kayma gösterdiği gözlenmiştir. Bu durum distal kilitleyici vidaların uyumsuzluğuna neden olmaktadır.

e) Metal özelliği: Metalin özelliği çivinin gücüne ve sertliğine etki eder. Çoğu paslanmaz çelik, bir kısmı da titanyumdur. Titanyumun elastiklik modülü, paslanmaz çeliğin yaklaşık yarısı kadardır. Titanyumun azami gücü paslanmaz çeliğin yaklaşık 1.6 katıdır.

f) Yapısal sertlik, Esneklik rijiditesi: Çivinin şekli ve metalinin özelliği sertlik ve gücünü etkiler. Çivi çapındaki her milimetrik artış esneklik rijiditesinde katlı artışa neden olur. Çelik bir çivinin çapı 10 mm den 11 mm ye çıkarsa sertliği 40 Nmm² den 52 Nmm² ye yükselirken, 16 mm den 17 mm ye çıkarsa 170.1 Nmm² den 241.4 Nmm² ye yükselir.

3) İntramedüller çivinin yorgunluğu: Çivileme sırasında ve tedavi süresince nadiren kırılabilir. Kırılma yeri genellikle iki distal vidanın proksimali ve vida deliklerinin olduğu yerdir. Bazen kırık iyileşmesinden sonra çivi kırılmaları gözlenebilir. Bu durum önceden varolan mikrokırık veya defekt varlığı ile ilgili olabilir. İyileşmeden sonra devam eden metal yorgunluğuna bağlı da olabilir. Metal cinsi ve yapım kalitesi ile ilgilidir.

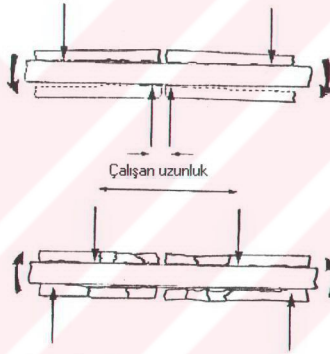
4) İntramedüller çivi uygulanmasına ait özellikler:

a) Medullayı oyma: Oyma işleminin sonucu daha geniş çaplı, daha güçlü çivi uygulanabilir. Bunun sonucunda çivi ve kemik arasında daha geniş bir temas alanı oluşur, böylece tespitin sürtünme komponenti artarak stabilite artırılır. Aynı zamanda oyma işleminin kırık hattında kemik oluşumunu uyarabilir. Oyma işleminin dezavantajları ise; endosteal kan akımının bozulması ve yağ embolisi riskinin artmasıdır. Ayrıca oyma işleminin kemik korteksini incelterek kemiği zayıflatabilir (8, 11, 13, 26).

Oyma işleminin medüller damar bütünlüğünün bozulması, ani kortikal damar dolaşımı bozukluğuna sebep olur. Kırık ile kemik bütünlüğü bozulmasına karşılık

intramedüller içerik henüz bozulmamıştır. İntramedüller boşluk yüksek akışkan özellikte yağ içerir. Medüller boşluğa oyuncu sokulduğu zaman, medulla içeriği kırık hattından veya oyuncu giriş deliğinden dışarı çıkar. İntramedüller basınç artışı ile medüller yağ içeriği sistemik dolaşıma girerek emboli riskini artırır. Oymasız intramedüller çivilemede, intramedüller damarlar bir miktar zedelenebilir, ama en azından duvarlardaki damarlar sağlam kalır (8, 11, 26, 31).

b) Yüklenme: İntramedüller çivi günlük yaşamda bir çok yüke maruz kalır. En önemli yüklenme şekli bükülmedir, bunun yanında yürüme esnasında kompresyon, sandalyeden kalkarken veya merdiven çıkarken torsiyonel yüklenme olur (şekil 19). Bükülme tarzı yüklenmede lateral kortekste ve metalin lateralinde gerilme, medial kortekste ve metalin medial duvarında kompresyon oluşur.

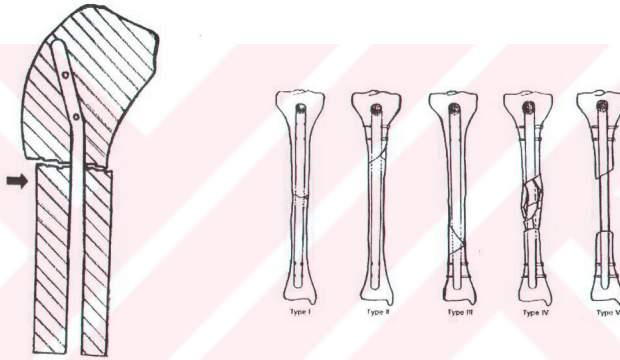


Şekil 19 . Kırığa göre çivi teması (32)

Kırık alanında oluşan kompresyon kuvvetleri kas hareketlerinden ve vücut ağırlığından kaynaklanır. Kilitli çiviler intrinsik stabiliteyi ve vidaları sayesinde aksiyel yüklenmelere karşı koyarlar. Çivi vidalı değilse, aksiyel yüklenmelere karşı koyamayan kayıcı bir implant olduğu için kırık hattında kompresyon olur. Bu yüzden parçalı olmayan transvers kırıklarda kiltsiz çivi kullanılabilir. Torsiyon kuvveti ile kırık hattında rotasyon meydana gelir. İntramedüller çiviler kayıcı implantlar oldukları için torsiyonel güce az direnç gösterirler. Kilitli çiviler ise torsiyonel stabilitesi yüksek çivilerdir. Kırık fragmanları dişlenmiş ise rotasyona karşı intrinsik direnç oluşacaktır (11, 26, 32).

c) Kırık konfigürasyonu ve yerleşimi: Kırık konfigürasyonu kırık hattındaki intrinsik stabiliteyi belirler. Kırık yerleşimi, kırığın proksimal ve distalindeki kemiklerin

çivi ile temasını etkiler. Orta hattaki transvers kırıklar intramedüller çivileme için ideal olgulardır. Çünkü kemik ile çivi arasında kırığın proksimalinde ve distalinde temas vardır. Bu temas kırık iyileşmesi için gerekli olan tespiti sağlar. Oblik ve parçalı kırıklarda, kırık hattında, aksiyel ve torsiyonel yüklenmelere karşı yeterli intrinsik stabilite sağlanamaz. Bu tür kırıklarda genelde dışardan bir tespite ihtiyaç vardır. Kilitli çivilemede statik vidalar, çivinin kemik içinde kaymasını önler. Bu sayede hem aksiyel kısılma, hem de rotasyon önlenmiş olur. Statik kilitlenen çivilerde kırık hattında konsolidasyon olana kadar yük verilmesi önerilmez. Dinamik olarak kilitlenmüş çiviler, çivinin kemik içinde kaymasına izin verirler. Bu nedenle dinamik kilitlenmüş çivilerde erken yük verilebilir.



Şekil 20 . Kırık tipine göre intramedüller çivi vidalama (33)

Tibia orta hattındaki transvers kırıklarda, kırık hattının proksimalinde ve distalinde intramedüller çivi kemiğe tam oturduğu için vidalama işlemi yapılmayabilir (şekil 20). Bu şekilde tespit aksiyel yüklenmelere izin verir. Çivi istmusa tam olarak tespit edildiye rotasyonel hareket olmayabilir. Kırık hattı proksimal veya distale yakınsa, yakın olan taraftan statik kilitleme yapıp, kırığa uzak olan taraf dinamik bırakılabilir. Çok parçalı kırıklarda veya segment kaybı olan kırıklarda, boy kaybını önlemek için kırığın hem proksimali hemde distali statik olarak kilitlenmelidir.

d) Vida Gücü: Vidaların dış çapı (dişlerin dış hattını oluşturan çap), kök çapı (dişler başlamadan önceki gövde çapı) ve yivleri (dişler arasındaki mesafe) vardır. Dişlerin şekli, yük taşıyan faktördür. Keskin bir şekil yuvarlak olana göre daha kolay kırılır. Vidanın gücü kök çapına bağlıdır. Çaptaki küçük bir artış güçte büyük bir artışa

neden olacaktır. Vidanın çekme gücü dış çapına bağlıdır. Dış çap genişledikçe kemikle temas artar ve daha güçlü tespit sağlanır. Benzer şekilde diş sayısının artışı da tespit gücünü artırır. İki korteksi tutan dişli vidalar tek korteksi tutanlardan daha sağlamdır. Vidalar kırılmanın en sık olduğu yerlerdir. İntramedüller çiviyi kilitlemede kullanılacak en geniş çaplı vida, kullanılan çivinin vida delik çapı ile sınırlıdır. Vida çapını arttırmak için çivinin vida deliğinin büyütülmesi gerekir. Bu durum ise çivinin zayıflamasına ve o bölgeden kırılmasına neden olabilmektedir.

Kaynama gecikmesi olan olgularda, vidalara uzun süre tekrarlayan yük binmesi veya küçük çaplı çivi uygulanması sonucu vidalara aşırı yük binmesi, implant yetmezliğine sebep olabilir (26, 32, 34).

İlizarov Eksternal Fiksatorün Biyomekaniği

1951 yılında Rus cerrah Gavriil Abramovich İlizarov, Kurgan kliniğinde sirküler bir eksternal fiksator geliştirmiştir. Halkalar, Kirschner telleri (K teli) ve yivli rodlardan oluşan bu yöntemde, İlizarov ekstremiteyi halka içine alarak, K telleri vasıtasıyla kemik ile halkayı, yivli rodlarla da halkaları birleştirmekte ve böylece rijit bir fiksasyon elde etmiştir.

Bir fiksator sistemde bulunması gereken iki faktör stabilite ve rijiditedir.

Stabilite tedavi süresince gereken mekanik konfigürasyondur. Rijidite ise fiksatorün mekanik yanıtıdır. Tüm fiksator sistemlerinde stabil bir çatı ve çivi dizilimi, iyi bir klinik sonuç için gereklidir. İlizarov fiksator sistemi çember, tel, rod, bağlantı elemanları ve bunlara ek birçok parçadan oluşmuştur. Birçok eksternal fiksator sistemlerde 4,5,6 mm lik çiviler kullanılırken, İlizarov sisteminde 1.5 ve 1.8 mm lik K telleri ile kemik fragmanlara pozisyon verilmektedir. Bu teller 500-1500 Newton'a (N) kadar gerilmektedir. Düz K tellerinin yanında stoplu K telleri ile gerektiğinde fragmana daha kolay yön verilebilmekte ve telin kayması engellenmektedir (29, 35).

İlizarov sistemi ile kırık sahasına aksiyel dinamizasyon verilebilmektedir. Kırık sahasında aksiyel mikrohareketin kırık iyileşmesinde olumlu etkisinin olduğu, aşırı hareketin ise iyileşmeyi olumsuz etkilediği bildirilmiştir (20). Sistemin en büyük avantajlarından biri; yumuşak dokulardan minimal transfiksasyon ile stabilite elde edilebilmesidir. İlizarov tellerinin değişik lokalizasyonlarda ve multipl uygulanması sistemin avantajı sayılabilir.

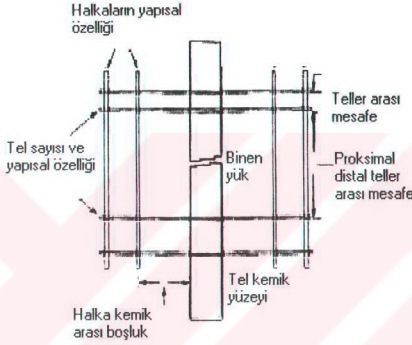
a) Halkalar: Aksiyel yüklenmede halkanın büyüklüğü etkili olmaktadır. Halka çapı 16 cm den 6.25 cm ye inince, aksiyel stabilitenin %250 arttığı gösterilmiştir. Stabilite parametrelerine, halka büyüklüğünün diğer parametreler içinde %20 etkisi olduğu gösterilmiştir. Alüminyum ve karbon kompoze halkalar, paslanmaz çelik halkaya göre daha hafiftir. Paslanmaz çelik halkalar daha incedir. Paslanmaz çelik, karbon kompoze ve alüminyum halkaların biyomekanik dayanıklılık özellikleri tablo 3'te gösterilmiştir. Kompresyon ve torsiyon güçleri altında en dayanıklı halka paslanmaz çelik iken, üç nokta eğilme testlerinde en dayanıklı halka alüminyumdur. Tel stabilitesi en fazla alüminyum halkadadır.

Tablo 3 . İlizarov halkalarının özellikleri (35)

Materyal	Kompresyon	Üç nokta eğilme	Halka torsiyonu	Tel stabilitesi
Paslanmaz çelik	1.00	1.00	1.00	1.00
Karbon kompoze	0.65	0.78	0.82	1.00
Alüminyum	0.87	1.20	0.95	1.30

b) Teller: Tellerin çapı, gerginliği, yerleşimi ve sayısı önemlidir. Sağlam bir sistemde tellerin 60 kg dan 120 kg a kadar gerilmesinin sistem stabilitesine %10 etkisi olduğu gösterilmiştir. 1.5 mm çapındaki tellerin gerilmesi 90 kg ı bulurken 1.8 mm çapındaki tellerin gerginliği 130 kg olabilmektedir. Podolsky (36), İlizarov sisteminin stabilitesini etkileyen parametreler içinde en önemli faktörün tel çapı olduğunu ve 1.8 mm telin kullanılmasının, aksiyel kompresyon, torsiyon, AP ve lateral eğilme yönünden avantajlı olduğunu, tel gerginliğinin aksiyel stabiliteye etkisinin, gerginlik arttıkça arttığını göstermiştir. Podolsky (36), aksiyel ve torsiyonel stabilitenin eksantrik yerleşimli tellerle arttığını göstermiştir. Telleri kemikten santralize geçip, çemberden santralize geçmeyen fiksatorlerde aksiyel kompresyon stabilitesi artarken, torsiyonel stabilitenin azaldığı görülmüştür. Tellerin gerginliğinin 900 N veya 1300 N olarak uygulandığı bir çalışmada, tellerin gerginliği arttıkça bükülme ve aksiyel stabilitenin arttığı, torsiyonel stabilitenin ise azaldığı bildirilmektedir (36). Düz K teli yerine stoplu K teli kullanılmasının bükülme, torsiyonel ve aksiyel stabiliteyi artırdığı gösterilmiştir. Dört nokta eğilme testlerinde, 45° ve 90° tel uygulamalarında, 90° eksantrik yerleşimli fiksatorlerde stabilitenin arttığı belirtilmektedir. 45° açılı fiksatorlerde aksiyel

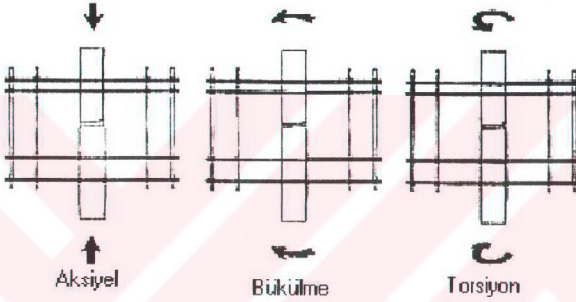
kompresyonda daha az stabilite olduğu gözlenmiştir. Daha az açılı uygulamalarda halka beklenmeyen kuvvetlerle karşı karşıya kalmakta ve halka deforme olabilmektedir (36). Tel sayısı, bükülme ve aksiyel stabiliteye direk olarak etkilidir. Stoplu K tellerinin kullanılması bükülme dayanıklılığını ve stabiliteyi artırır, kemiğin translasyonunu en aza indirir. Kırık fragmanları arasındaki makaslama kuvvetlerinin kaynamayı geciktirici etkisi vardır. Halka eksternal fiksatörlerde, fragmanlar arasındaki makaslama kuvvetlerini azaltmak amacıyla stoplu K tellerinin kullanılması kaynamayı hızlandırır (29, 35-37).



Şekil 21 . Eksternal fiksasyon stabilitesine etki eden faktörler (32)

Bükülme mekaniği: Fiksatörün kırık sahasında translasyonu önleyici etkisi, sistemin bükülmesi diye değerlendirilebilir. Fiksatörün bükülme stabilitesi, kırık hattının bükülme gücünden büyük olmalıdır. Stoplu K tellerinin eğilme (AP ve lateral) ve bükülme stabilitesini arttırdığı fakat torsiyonel stabiliteyi arttırmadığı görülmüştür. Aksiyel yüklenme kırık sahasına aksiyel yönde hareket ettirebilme olarak tarif edilir. 90° açılı, kemik ve halka santralize İizarov uygulamalarında, aksiyel stabilite en yüksek bulunmuştur. Asimetrik şekilli eksternal fiksatörler aksiyel planda rijit olsa da, bükülme kuvvetleri karşısında makaslama deformasyonlarına izin verebilir (38). Tel gerginliği arttırdığı durumlarda aksiyel kompresyon altında aksiyel stabilite artar. Halkalar arasındaki uzaklık fazla olduğu zaman sistem torsiyonel yer değiştirmeye daha fazla imkan tanır. Podolsky (36) eksenrik kemik yerleşiminde sistemin tüm stabilitesinin torsiyonel olarak arttığını yazmıştır. Kırık hattında sıklık yüklenmelerle oluşan mikrohareketler kırık iyileşmesinde yararlıdır (18, 29, 39).

Fiksasyon stabilitesi: Stabil bir fiksasyon elde edebilmek için sistemi kurarken dikkat edilmesi gereken bazı kurallar vardır (şekil 21). Mümkün olduğunca küçük halka kullanılmalı ve halkalar arasındaki desteksiz uzunluk en aza indirilmelidir. Kemik ile fiksator sistem arasındaki mesafe artarsa, sistemin rijiditesi aksiyel ve lateral planda (makaslama) hızlıca azalır (şekil 22) (38). Kemik fragmanlarını veya serbest uçları, özellikle kompresyonda kontrol etmek için stoplu tel kullanılmalı, kullanılan tel kalın olmalı, çember başına fazla tel kullanılmalı ve teller maksimum gerginlikte olmalıdır. Tel çaprazlaması en az 60° açı ile olmalıdır.



Şekil 22 . Eksternal fiksatöre binen yükler (32)

Uygulamada temel prensipler: Kemik fragmanlar aynı pozisyonda olmalı veya halkalarla düzenlenmelidir. Yivli rodler birbirine paralel olmalı, rodler arasında mesafe aynı olmalı, kemik longitudinal ekseni her seviyede aynı olmalıdır. Teller aynı oranda gerilmeli ve kemik kaynamaya başlayıncaya kadar stabil olarak kalmalıdır. Kemik fragmanların stabil fiksasyonu az sayıda tel ile mümkün olabilmelidir, teller kemik iliğinin vasküler bağlantılarını travmatize etmemelidir. Çember çapı ekstremité çapının 1.5-2 katından fazla olmamalıdır. Teller eklem hareketlerini engellemeyecek şekilde yerleştirilmelidir. Teller fragmanları yeterince fikse edebilecek sayıda ve fragmanların pozisyonlarını kontrol edebilecek şekilde yerleştirilmelidir. Mekanik olarak tellerin sayısı, dayanıklılığı, şekli, pozisyonu, birbirine olan uzaklığı ve yerleştirilme planı önem taşımaktadır. Biyolojik olarak kırığın çevresindeki yumuşak dokuların, kemikle ilişkili dokuların ve interfragmanter yumuşak dokuların dayanıklılığı, fragman uçlarının kontakt yüzeyi ve genişliği, kırığın proksimal ve distal parçalarının durumu önemlidir (29, 35).

İdeal tespit yöntemi:

- Kırığın redüksiyonunu ve uygun fiksasyonunu sağlamalı,
- Erken ve tam fonksiyonel aktiviteye izin vermeli,
- Geniş uygulama alanı olmalı,
- Uygulama sırasında ekstremiteye minimal zarar vermeli,
- Basit şekilde olmalı ve değişken komponentler içermelidir.

Bu kriterler göz önünde bulundurulduğunda ideal eksternal fiksasyon sistemi:

- Fragmanlara kapalı pozisyon yapabilmek için istenilen her yönde kuvvet uygulanmasına izin vermeli,
- Eklem hareketleri esnasında stabil fiksasyon sağlamalıdır. Böylece normal ekstremité fonksiyonu sağlayarak kırık tamiri için gerekli şartlar korunmalı,
- Kırık tipine ve yumuşak doku hasarına göre özelleştirilebilmeli,
- Sistem az sayıda fakat çok yönlü komponentlerden oluşabilmelidir (29, 35).

KOMPLİKASYONLAR

Tibia kırıkları sonucu kırığın kendisine veya uygulanan tedavi yöntemine bağlı olarak pek çok komplikasyon görülebilir (40). Bu komplikasyonları sistemik ve bölgesel olmak üzere iki grup altında toplayabiliriz.

İnsan vücudunun en büyük kemiklerinden biri olan tibianın kırılması sistemik komplikasyonlara yol açabilir. Genellikle şiddetli bir travma ile kırılır ve çoğunlukla multipl organ yaralanmaları ile birlikte görülür. Açık kırıklarda kırık bölgesinde, politravmatize hastalarda kırık ve yaralanma bölgelerinde meydana gelen kanamalar aşırı kan kaybına sebep olabilir. Kan kaybıyla taşikardi ve vazokonstriksiyon olur. 1-2 litre kan kaybindan sonra hipovolemi bulguları ortaya çıkar. Hipovolemik şok ise hayatı tehdit eden bir komplikasyondur. Erken, hızlı ve doğru bir şekilde tedavi edilmelidir. Yoğun kanama veya hemolitik kan transfüzyon reaksiyonları sonucu kanın damar içinde pıhtılaşması ile dissemine intravasküler koagülasyon meydana gelebilir. Bu yüzden multi travmalı hastaların böbreklerinde, akut tubuler nekroz görülebilir. Ayrıca medüller kanal içeriğinin dolaşıma katılması sonucu gelişen yağ embolisi erişkin respiratuar distres sendromuna sebep olabilir. Travmadan 12-36 saat sonra ateş, taşikardi, taşipne, nörolojik bulgular, arteryel oksijen basıncında düşme ve peteşiler ortaya çıkar. Yağ embolisi ciddi bir komplikasyondur, erken tanı ve tedavi hayat kurtarıcıdır. Özellikle açık kırıklarda

oluşabilecek infeksiyon da başedilmesi gereken önemli bir sistemik komplikasyondur (8, 11, 13, 17, 40).

Tibia kırıklarının bölgesel komplikasyonlarının çoğu direk veya indirek olarak çevre yumuşak doku yaralanması ile ilgilidir.

Damar Yaralanması

Damarsal yapının hasarı kompartman sendromuna, kaynama sorunlarına ve infeksiyona yol açar. Tibia kırıklarında damar yaralanması nadiren görülmesine rağmen, parçalı ve deplase kırıklarda damar hasarı açısından uyanık olunmalıdır. Dorsalis pedis ve posterior tibial arter nabızları dikkatlice kontrol edilmeli, nabızlar alınabiliyor olsa bile arter yaralanması olabileceği akılda tutulmalıdır. Kırık acil olarak redükte edilmeli ve stabil hale getirilmelidir (8, 11, 12).

Kompartman Sendromu

Tibia diyafiz kırıkları; kompartman sendromunun en önemli sebebidir. En sık anterior kompartmanda görülür. Travma sonucunda kırıkla birlikte olan kanama ve yumuşak doku ödemi kompartman içindeki basıncın artmasına yol açar. Basıncın artması ile venüller ve arterioller kollabe olarak dolaşım bozulur, böylece ödem daha fazla artarak kısır döngü meydana gelir. Erken müdahale edilmezse, kompartman içindeki kaslarda iskemik nekroz, fibrozis ve kontraktür gelişir. Kompartman üzerinde palpasyonla ortaya çıkan ağrı, travma ile açıklanmayacak kadar şiddetlidir. Kompartman kaslarının pasif olarak gerilmesi de ağrıyı artırır. Dolaşım bozulması sonucu sinirler de etkilenir. Önce parestezi veya hipoestezi, sonra anestezi ve paralizis görülür.

Sinir Yaralanmaları

Tibia kırıklarında direk travmaya bağlı sinir yaralanmaları sık görülür. Birlikte fibula boyun kırığı varsa peroneal sinir zedelenmesi görülebilir. Bunun yanında yumuşak doku ödeminin sinire basısı veya fibula boynu üzerine alçı basısı sonucu sekonder sinir yaralanmaları sık görülmektedir. Posterior tibial sinir, derin ve yüzeysel peroneal sinirlerin motor ve duyu muayeneleri dikkatli yapılmalıdır.

Refleks Sempatik Distrofi

Sudeck atrofisi olarak da bilinir. Yumuşak doku hasarı fazla olan tibia kırıklarında, uzun süreli alçı tespiti uygulanan ve geç yük verilen olgularda sık görülmektedir. Ayırıcı tanıda tenosinovit, kullanıma atrofisi, senil osteoporoz, periferik nörit ve periferik vasküler hastalıklar dikkate alınmalıdır. Radyolojik olarak tibia distal ucu ve ayak kemiklerinde benekli osteoporozla karakterizedir.

İnfeksiyon

Tibia cisim kırıklarında osteomyelit ve infekte psödoartroz sık görülen komplikasyonlardır. Uzun bir tedavi süreci gerektirir. Yumuşak doku travmasının ve dolaşım bozukluğunun şiddeti, hastanın genel vücut direnci, yarının kontaminasyonu, ortamda bulunan mikroorganizmaların virülansı ve uygulanan tedavi yöntemi prognozu belirleyen faktörlerdir.

Osteoporoz

Hastaya ve immobilizasyon süresine bağlı olarak tibia diyafiz kırıkları sonrası osteoporoz görülebilir. Immobilizasyon sürecinde vücuttan kalsiyum atılımının artması sonucu negatif kalsiyum dengesi gelişir. Erken dönemde hiperkalsemi, hiperkalsüri ve serumda alkalin fosfataz seviyesinde artış olur. Kemik rezorpsiyonunda belirgin artış vardır. Radyolojik olarak osteoporoz homojen, noktalı veya bant şeklindedir.

Kaynama Gecikmesi, Kaynamama, Hatalı Kaynama

Kallus oluşumunda çeşitli sebeplere bağlı gecikme sonucu, kaynamanın beklenen süreden geç olması, kaynama gecikmesi olarak adlandırılır. Düşük enerjili travmalar sonucu oluşan tibia kırıklarının ortalama kaynama süresi 4 ay iken, yüksek enerjili travmalar sonucu oluşan tibia kırıklarının ortalama kaynama süresi 6 aydır (11). Kaynama gecikmesi, önlem alınmazsa kırık hattında iyileşme sürecinin aktivitesini yitirmesiyle kaynama yokluğuyla sonuçlanır. Hastanın genel durumu, yaşı, beslenme durumu ve sistemik hastalıkları kaynamayı etkiler. Tibianın anatomik özelliklerinden

dolayı orta ve distal 1/3 bölümleri iyi kanlanmaz ve bu bölge kırıklarında kaynama gecikmesi sık görülür. Kırığın patolojik oluşu ve kırık bölgesinde infeksiyon gibi nedenler de kaynamayı geciktirir. Geniş yumuşak doku hasarı olan kırıklar, açık kırıklar, kemik kaybı ve fragmanlar arasında yumuşak doku interpozisyonu olan kırıklar daha geç kaynamaya veya kaynama yokluğuna adaydırlar. Uygulanan tedavi yöntemi sonucu kırık hattında distraksiyon ve deplasman gelişmesi, kırığın yetersiz tespiti, tekrarlayan düzeltme girişimleri ve erken yük verme gibi nedenler kaynama gecikmesine veya kaynama yokluğuna sebep olabilirler.

Kozalji

Yanma tarzında ağrı olarak tanımlanan kozalji, duyu lifleri taşıyan bir periferik sinirin lezyonu ile ilişkili olup, etkilenen ekstremitede aşırı ağrıyla karakterizedir. Kozalji spontan, sıcak, yanma tarzında, yoğun, yaygın, aralıklarla gelen ve kalıcı bir ağrıdır. Ağrının süresi çok değişkendir. İlk birkaç ayda en şiddetli düzeye ulaşır ve uzun süre devam edebilir. Sempatektomi ile kozalji iyileşebilmektedir.

Komşu Eklemlerde Hareket Kısıtlılığı

Tibia diyafiz kırıklarında travmaya veya uygulanan tedaviye bağlı olarak diz ve ayakbileği eklemlerinde hareket kısıtlılığı ve kontraktürler ortaya çıkabilmektedir. Travma sırasında kas, tendon, eklem kapsülü ve eklem kıkırdağı gibi dokularda oluşan yaralanmalar, iskemiye ve immobilizasyona bağlı fibrozis, kontraktüre yol açabilmektedir. Kapsüller, perikapsüler kontraktürler ve eklem fibröz bağ dokusuyla obliterasyonu sonucu eklem hareketleri kısıtlanabilir. Kıkırdakta fibrilasyon, erozyon, atrofi ve subkondral kistler görülebilir. Tibia kırığında tedavi yöntemini seçerken eklemlere erken hareket verebilecek yöntemlerin tercih edilmesi, uygun olan en erken zamanda rehabilitasyona başlanması bu komplikasyonun görülme sıklığını ve şiddetini azaltır.

Kırığın hatalı kaynaması, kırık taraf ayakbileği ekleminde ve subtalar eklemden yüksek oranda osteoartrite neden olmaz. Varus açılması diz medial kompartmanında osteoartrite neden olabilir (41).

Amputasyon

Amputasyon, aşırı kemik ve yumuşak doku yaralanması olan, tamiri mümkün olmayan veya gecikmiş arter yaralanması olan tibia kırıklarından sonra uygulanabilir. Travmatik amputasyonlardan sonra revizyon amacıyla yapılabilir (8, 11-13).

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı'na, Ocak 2000 ile Ocak 2004 tarihleri arasında, kapalı tibia kırığı nedeni ile başvuran ve intramedüller çivileme ve İlizarov eksternal fiksasyon uygulanan erişkin yaştaki hastalar değerlendirmeye alındı. Konservatif yöntemlerle tedavi edilen hastalar, 16 yaşından küçük hastalar ve herhangi bir sebeple açık tibia kırığı olan hastaların yanısıra tek planlı eksternal fiksatör, kilitsiz veya şişme intramedüller çivi uygulanan hastalar çalışma grubuna dahil edilmedi.

26 erişkin tibia diyafiz kırıklı hasta çalışma grubumuzu oluşturdu. İntramedüller çivileme uygulanan 14 (%53.8) hasta ile, İlizarov eksternal fiksasyon uygulanan 12 (%46.2) hastanın, takip sonuçları karşılaştırıldı.

Tibia kırıkları AO sınıflamasına göre değerlendirildi. Cerrahi tedavi planlanırken, hastaların ekstremitelerindeki şişlik, cilt sorunları, başvuru ve kırık oluşum zamanı göz önünde bulunduruldu. Tibia kırıklı olgularımızda preoperatif dönemde derin ven trombozu ve emboli riskini azaltmak amacıyla düşük molekül ağırlıklı heparin uygulandı. Postoperatif dönemde antibiyotik profilaksisi ile birlikte düşük molekül ağırlıklı heparin uygulamasına devam edildi. İntramedüller çivileme uygulanan grupta, ameliyat sonrası dönemde hastaların her iki alt ekstremitesine elastik bandaj uygulaması yapıldı.

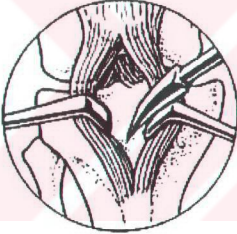
Olgularımız, standart ameliyat masasında, supin pozisyonunda, skopi yardımı ile opere edildi. İntramedüller çivileme uygulanan bazı olgularda havalı turnike kullanıldı. Hastalara, genel durumuna uygun olarak genel anestezi, epidural anestezi veya spinal anestezi uygulandı. Kırık redüksiyonunun kolay yapılabilmesi için hastalarda kas gevşemesi sağlandı.

Betadin (povidon iyodür) ile ekstremitenin bölgesel antisepsisi sağlandı. Ardından dizüstü seviyesine kadar steril örtülerle örtüldü. Ayak ve ayakbileği bölgesi, ayak florasının kontaminasyonunu önlemek amacıyla steril sargı bezi kullanılarak ayrıca örtüldü.

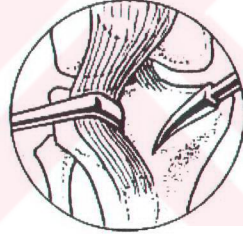
İntramedüller Çivileme

Hastanın dizi fleksiyon pozisyonunda iken, patellar tendonunun medialinden yaklaşık 5 cm lik cilt insizyonu ile girildi. Cilt, ciltaltı geçilerek patellar tendona ulaşıldı. Patellar tendon iki farklı yöntemle geçildi .

- 1) Patellar tendon uzunlaşmasına ortadan ikiye ayrılarak tibial interkondiler bölgeye ulaşıldı (şekil 23a).
- 2) Patellar tendon laterale çekilerek tendonun medialinden tibial interkondiler bölgeye ulaşıldı (şekil 23b).



a

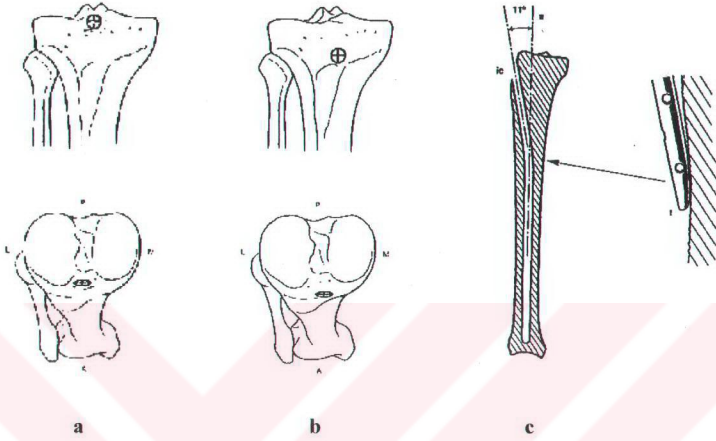


b

Şekil 23 . İntramedüller çivi giriş yeri (15)

İntramedüller çivinin tibiaya giriş noktası olarak superior veya anterior giriş noktalarından birisi tercih edildi. Superior yaklaşımda giriş noktası, tibia platosunun orta hattında, platonun ön ve üst yüzünün birleşim yeri olacak şekilde ve medüller kanal ile aynı hizadadır. Anterior yaklaşımda ise giriş noktası, medüller kaviteye paralel ancak tibial platonun 1 cm distalinden olacak şekildedir. Çivi çakılırken posterior korteks zorlanmamalıdır. Giriş kanalı ile medüller kanalın aksı arasında 11° açı olmalıdır (şekil

24c). Böylece arka korteksin delinmesi önlenir. Skopi yardımı ile arka korteksten çıkmamaya dikkat edilir.

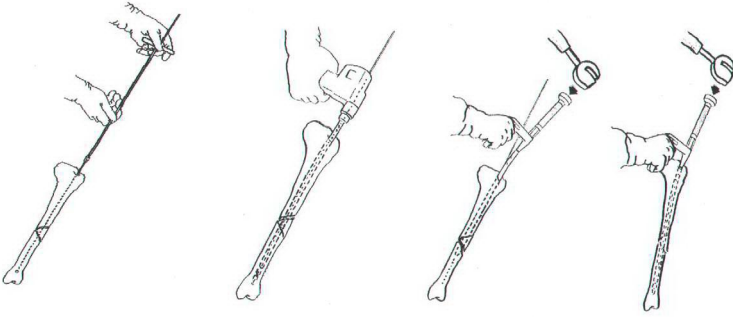


Şekil 24 . a) Superior giriş yeri, b) Anterior giriş yeri, c) Giriş aksı (15)

Tercih edilen giriş noktasından, ilk oyuncu yardımı ile medüller kanala girildi. Tibia proksimalinde, skopi yardımı ile açılı delici kullanılarak giriş deliği genişletildi. Medullaya ulaşıldıktan sonra skopi vizyonu altında kırık redüksiyonunu takiben kılavuz tel intramedüller olarak gönderildi. Kılavuz tel, skopi görüntülemesi ile ayakbileği eklemının 1 cm proksimalinde olacak şekilde yerleştirilerek, gönderilecek çivinin boyu hesaplandı. Preoperatif dönemde çivi boyu hesaplaması için:

- 1) Diz eklemi ile ayak bileği eklemi arasındaki uzunluk ölçülüp bundan 3 cm çıkartıldı.
- 2) Hastanın sağlam bacağıının grafisi 1 metre mesafeden çekilip, tibial tüberosit ile ayakbileği eklemının 1 cm proksimali arasındaki mesafe ölçüldü.

Hastaların hiçbirinin tibiasında oyma işlemi yapılmadı. Giriş deliğinden, uygun boy ve genişlikteki intramedüller çivi kırık hattına kadar küçük darbelerle çakılarak gönderildi. Skopi yardımı ile redüksiyon sağlanıp, çivi kılavuz tel yardımı ile distale geçirildi. Çivi, ayakbileği eklemının yaklaşık 1 cm proksimalinde kalacak şekilde yerleştirildi (şekil 25).



Şekil 25 . İntramedüller çivi yerleştirme tekniği (11)

Skopi altında redüksiyon kontrolü yapıldı. Skopi kontrolünde özellikle kırık hattının distrakte olmamasına dikkat edildi. Distal vidalar serbest el tekniği kullanılarak yerleştirildi. Bu teknikle; skopi yardımı ile distaldeki çivi delikleri lateral planda tam daire olacak şekilde görüldü. İzdüşümü dairenin tam ortasında olacak şekilde, bacağıın medialinden yaklaşık 1 cm lik cilt insizyonu yapıldı. Cilt, ciltaltı geçilerek kemiğe ulaşıldı. Uygun genişlikteki matkap yardımı ile önce yakın korteks oyuldu. Matkap ucu çivinin deliğinden geçirildikten sonra karşı korteks delindi. Distaldeki deliklere uygun uzunluktaki vidalar, medialden laterale doğru yerleştirildi. Rotasyon ve redüksiyon kontrolü yapıldı. Proksimal vidalar genellikle proksimal kilitleme aparatı üzerinden, medialden laterale doğru yerleştirilerek statik ve dinamik kilitlemeler yapıldı. Kilitleme işlemi bittikten ve redüksiyon kontrolü yapıldıktan sonra intramedüller çivinin tepe vidası yerleştirildi. Turnike açılıp kanama kontrolü yapıldıktan sonra, cilt kesileri primer kapatılarak operasyona son verildi (8,11).

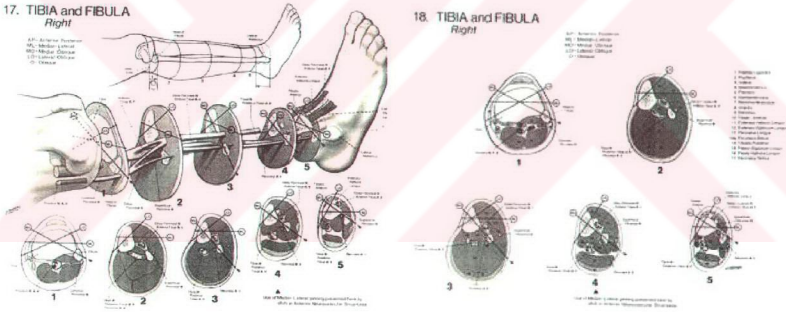
Ameliyat sonrası hastaların ekstremitelerine eksternal tespit uygulanmadı. İlk pansumanları ameliyat sonrası ikinci gün yapıldı. 15. günde dikişleri alınmaya kadar gūnaşırı pansuman uygulandı. Ameliyat sonrası 2. günde hastalar koltuk değneği veya yürüteç yardımı ile ayağa kaldırıldılar. Pasif ayak bileği ve diz hareketleri, kuadriseps güçlendirici izometrik hareketler erken postoperatif dönemde hastalara öğretildi.

Hastalarımızın ameliyat sonrası yük verme programları farklılık gösterdi. Statik kilitli intramedüller çivileme uygulanan hastalarda erken dönemde yük verilmedi.

Radyolojik olarak kallus görüldükten sonra dinamizasyon yapıldı ve ardından kısmi yük verildi. Dinamizasyon işlemi kırığın stabilitesine göre 8-12. haftalarda, proksimal statik kilit vidası çıkarılarak yapıldı.

Eksternal Fiksasyon

İlizarov eksternal fiksatorü uygulanan olgularda, ameliyatlar standart cerrahi masada yapıldı. Hastalar supin pozisyonda yatırıldı. Olgularda turnike kullanılmadı. Kırık fragmanlarının rotasyonu, patella her iki femur kondilinin ortasında iken ve ayak ikinci parmağı dik pozisyonda iken değerlendirildi. Kırığa traksiyon yapılarak redüksiyon sağlanmaya çalışıldı. Damar, sinir hasarı oluşturmamak için aşırı ve uzayan traksiyondan kaçınıldı. Hastanın bacağı ile halkalar arasında en az 2-3 cm boşluk olacak şekilde önceden hazırlanan sistem bacağına yerleştirildi. Skopi vizyonunda halkaların kırıkla olan uyumu değerlendirildi. Uyumlu olmadığı görülen halkalar ameliyat esnasında değiştirildi.



Şekil 26 . İlizarov uygulama prensipleri (42)

Kırığın proksimal ve distalindeki halkalardan geçirilen teller, kırık hattından yaklaşık 2 cm uzakta olacak şekilde ayarlandı. Diz hareketlerine engel olmamak için, en proksimalde tam halka yerine posterioru açık 5/8 halka tercih edildi. Halkalar kemiğin uzun eksenine dik olacak şekilde yerleştirildi. Kırığın proksimal ve distalindeki iki halka arasındaki mesafe mümkün olduğunca kısa tutulmaya çalışıldı. Teller birbirini en az 60° çaprazlayacak şekilde yerleştirildi. Kemik vasküler dokusunu bozmamak amacı ile her halkadan genellikle iki adet tel geçirildi. Teller, şekil 26'da görülen İlizarov uygulama

prensipleri rehberliğinde geçirildi. Metafizler bölgelerde trokar uçlu, kortikal kemikte ise süngü uçlu teller tercih edildi. Kırık hattına yakın bölgelerde redüksiyona yardım amacı ile stoplu K telleri kullanıldı. Motor yardımı ile yavaş hızda karşı kortekse kadar geçirilen teller, karşı yumuşak doku içinde pense ve çekiç yardımı ile ilerletildi. Teller, proksimalde tibia platosuna, distalde ise ayakbileği eklemine paralel olacak şekilde yerleştirildi. Cilt sorununa yol açmamak için, teller ciltten geçerken cildin gergin olmasına dikkat edildi. Teller, tel tutucular vasıtasıyla halkalara tespit edildikten sonra gerdirildi. Tellerin eşit gerginlikte olmasına dikkat edildi. Redüksiyon problemi olan olgularda destek amacı ile schanz çivisi kullanıldı. Skopi vizyonu ile kırık redüksiyonu kontrol edilerek halkalar sabitlendi. Betadin ile tel dibi pansumanları yapılarak ameliyata son verildi (11, 29, 35).

Ameliyat sonrası hastaların bacaklarının ön-arka ve yan grafileri çekildi. Postoperatif erken dönemde, hastalar mobilize edildi. Aksiyel planda stabil olan hastalara ağrı sınırında yük verdirildi. Aksiyel planda stabil olmayabilecek hastalarda radyolojik olarak kallus görülünceye kadar tam yük verdirilmedi. Ayak bileği ve diz hareketlerine erken dönemde başlanarak eklem hareket kısıtlılığı oluşması önlenmeye çalışıldı. İki günde bir olacak şekilde, betadin ile tel dibi pansumanları yapıldı. Pansuman sonrası tel dipleri steril gaz ile örtüldü.

Erken postoperatif dönemde elevasyon ve soğuk uygulama yapılarak kompartman sendromu takibi yapıldı. Cerrahi profilakside 1. kuşak sefalosporinler ve düşük molekül ağırlıklı heparin kullanıldı. Postoperatif ikinci günde hastaların pansumanları değiştirildi.

Hastalar taburcu edildikten sonra postoperatif birinci ayda poliklinik kontrolüne çağrıldı. Kontrolde ön-arka ve yan grafiler çekildi. Yara yeri ve tel dibi kontrolleri yapıldı. Postoperatif ikinci ayda tekrar değerlendirmeye çağrılan hastalarda, tekrar grafi kontrolü ile kallus değerlendirilmesi yapıldı. Kaynama oluncaya kadar hastalar aylık kontrollere çağrıldı. Kaynama süresi 16 haftayı geçen hastalarda kaynama gecikmesi olduğu düşünüldü. Ön-arka ve yan grafilerde dört korteksten üçünde kallus görülmesi kaynama bulgusu olarak kabul edildi. Kaynadığı düşünülerek eksternal fiksatorü çıkarılan hastalarda patolojik hareket muayenesi yapıldı. Şüpheli olgularda PTB (patellar tendon bearing) alçı uygulandı. Alçı ile yürüme ve bacaklarına yük vermeleri sağlandı.

Mart 2004 tarihinde kontrole çağrılan hastalar, tibia kırıkları ile ilgili bilimsel yayınları göz önüne alarak oluşturduğumuz, opere tibia kırıkları değerlendirme formu ile (tablo 4) değerlendirildi.

Tablo 4 . Opere tibia kırıkları değerlendirme formu

OPERE TİBİA KIRIKLARI DEĞERLENDİRME FORMU

Vaka no : Protokol no:
Adı, Soyadı :
Yaş : Cinsiyet:
Adres :
Telefon :
Kırık taraf : R L
Kırık yeri ve tipi :
Ek Patoloji varlığı :
Trauma Şekli:
a) Yüksekten düşme:
b) Araç içi trafik kazası
c) Araç dışı trafik kazası
d) Ateşli Silah Yaralanması
e) Diğer
Olay tarihi :
Trauma sonrası operasyona alınma süresi:
Ameliyat tarihi:
Taburcu olma tarihi:
Tespit Şekli: IM EF
Postoperatif Komplikasyon:
Revizyon:
Takip Süresi:
İmplant Çıkarılma Zamanı:
Postoperatif kaçınıcı gün mobilize olduğu:
Kaçınıcı haftada kaynama olduğu:
Eksternal fiksator çıkarılma zamanı:
Günlük aktiviteye desteksiz dönme zamanı:
Kaynamama :
Hatalı Kaynama :
Nörolojik Defisit :
Vasküler Yaralanma :
Ağrı :
Aksama :
Yürüme :
Spor Aktivitesi :
Bacakta şişme :
Deformite
Varus :
Valgus :
Anteversiyon :
Retroversiyon :
Rotasyon :
Kısalık :
Postoperatif lokal enfeksiyon :

Hareket	Kırık Taraf		Sağlam Taraf	
	Aktif	Pasif	Aktif	Pasif
Diz fleksiyonu				
Diz ekstansiyonu				
Ayakkabığı plantar fleksiyonu				
Ayakkabığı Dorsifleksiyonu				

Diz ve ayak bileği hareketleri, nötral sıfır yöntemine göre değerlendirildi. Ayak bileği plantar fleksiyonu 45°, dorsifleksiyonu 20°, diz fleksiyonu 135°, ekstansiyonu 0° normal değerler olarak kabul edildi (43).

Radyolojik değerlendirme için hastaların her iki bacak iki yönlü grafileri çekildi. Grafilerin ayak bileği ve diz eklemi görülecek şekilde çekilmesine özen gösterildi. Ön arka ve yan grafilerde tibial açılanma değerlendirilmesi yapıldı. Ön arka grafilerde diz ve ayakbileği eklem eksenlerine dik çekilen çizgilerin kesişmesi ile varus ve valgus açılanması ölçüldü. Yan grafilerde ise kırık proksimalindeki tibia ön korteksi ile kırık distalindeki tibia ön korteksinin kesişme açısı anteversiyon ve retroversiyon açıları olarak değerlendirildi. Kırık tepe noktası posteriorda olanlar antevvert, anteriorda olanlar retrovert kabul edildi. Rotasyonel deformite klinik olarak değerlendirildi. Hastalar, patellaları karşıya bakacak şekilde oturtularak bacakları sarkıtıldı. Sağlam taraf ile kırık taraf ayaklarının pozisyonu arasındaki açı farkı, rotasyonel deformite olarak değerlendirildi (11-13, 44).

Tablo 5 . Johner-Wruhs değerlendirme kriterleri (44)

	ÇOK İYİ	İYİ	ORTA	KÖTÜ
KAYNAMAMA, AMPUTASYON	Yok	Yok	Yok	Var
NÖROVASKÜLER ZEDELENME	Yok	Minimal	Orta	Ciddi
DEFORMİTE				
Varus/valgus	Yok	2°-5°	6°-10°	>10°
Anteversiyon/ Retroversiyon	0°-5°	6°-10°	11°-20°	>20°
Rotasyon	0°-5°	6°-10°	11°-20°	>20°
Kısalık	0-5 mm	6-10 mm	11-20 mm	>20 mm
HAREKETLİLİK				
Diz	Normal	>%80	>%75	<%75
Ayak Bileği	Normal	>%75	>%50	<%50
Subtalar Eklem	>%75	>%50	<%50	
AĞRI	Yok	Arasıra	Orta	Ciddi
YÜRÜME	Normal	Normal	Belirsiz aksama	Belirgin Aksama
YORUCU AKTİVİTE	Mümkün	Kısıtlı	Ciddi Kısıtlı	İmkansız

Johner-Wruhs (44) değerlendirme kriterlerine göre; amputasyon, kaynamama, nörovasküler zedelenme, açılanma, rotasyon, kısalık, diz, ayak bileği ve subtalar eklem

hareket açıklığı, ağrı, yürüme ve yorucu aktivite yapabilme yeteneği değerlendirildi. Bu kriterlere göre, yukarıda belirtilen gruplarda mükemmel, iyi, orta, kötü olarak değerlendirilen hastaların herhangi bir kriterden aldığı en düşük skor, değerlendirmenin sonucu olarak kabul edildi (44).

Çalışmamızın istatistiksel bölümü, Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Halk Sağlığı Ana Bilim Dalının katkılarıyla gerçekleştirildi. İstatistiksel analizler, Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı Bilgi İşlem Merkezi'ndeki S0064 Minitab Release 13 (Lisans numarası : WCP : 1331,00197) istatistik programı kullanılarak gerçekleştirildi. Verilerin değerlendirilmesinde Mann Whitney U testi, Fisher ki-kare testi ve One Sample t testi kullanıldı.

BULGULAR

Çalışma grubumuzu, Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı'na başvuran erişkin, kapalı, tibia diafiz kırıklı 26 hasta oluşturdu. 26 hastanın 12'sine Ilizarov eksternal fiksator, 14'üne de intramedüller çivi uygulandı. Eksternal fiksasyon uygulanan hastalar için genel özellikler tablo 6 da verilmiştir. Olgu numaraları hastaların kontrole gelme sırasına göre belirlenmiştir.

Tablo 6 . Eksternal fiksasyon uygulanan hasta grubuna ait genel özellikler

Olgu No	İsim	Protokol	Yaş	Cins	Kırık taraf	Opere olduğu gün	Kırık tipi (AO)	Kayna ma zamanı (hafta)	Takip süresi (ay)
1	N.E.	99793	43	K	Sol	7	C2-2	12	8
4	B.Y.	41080	18	K	Sol	1	A2-3	8	41
6	B.D.	20362	34	E	Sağ	7	A1-2	10	30
9	C.A.	45651	17	E	Sağ	4	A1-1	8	24
12	S.A.	90360	54	E	Sağ	3	A2-1	26	17
13	S.Ö.	5943	30	K	Sol	7	A1-3	8	15
18	H.S.	26099	45	E	Sol	9	A3-3	24	30
19	A.U.	44493	70	E	Sol	1	A3-2	16	38
20	F.L.	79527	21	K	Sol	5	A2-3	12	20
22	R.D.	42571	70	E	Sol	5	A1-2	16	41
23	İ.B.	135709	47	E	Sağ	3	C2-2	24	6
24	L.C.	54238	31	E	Sağ	6	C3-2	20	25

İntramedüller çivileme uygulanan hasta grubuna ait genel özellikler tablo 7 de verilmiştir.

Tablo 7 . İntramedüller çivileme uygulanan olguların genel özellikleri

Olgu No	İsim	Protokol	Yaş	Cins	Kırık taraf	Opere olduğu gün	Kırık tipi (AO)	Kaynama zamanı (hafta)	Takip süresi (ay)
2	B.Ö.	43580	19	E	Sağ	5	A3-1	14	40
3	İ.Ö.	39273	63	E	Sol	15	A3-3	18	46
5	M.Ö.	47996	29	K	Sağ	20	B2-3	12	48
7	D.G.	44215	63	E	Sol	5	A2-2	16	39
8	Ş.A.	138665	31	E	Sağ	8	A1-2	14	4
10	H.T.	47328	55	E	Sağ	8	C2-2	12	35
11	H.O.	132345	21	E	Sol	26	A2-3	16	6
14	M.A.	45274	23	E	Sağ	7	B3-1	10	26
15	A.O.	61006	21	E	Sol	6	A2-3	8	24
16	T.K.	20567	70	K	Sol	10	A1-2	8	31
17	E.H.	126728	37	E	Sağ	12	A2-3	8	8
21	N.E.	60450	23	K	Sol	6	A2-3	20	24
25	H.K.	40816	49	E	Sol	6	B3-3	12	43
26	F.Z.	40975	40	E	Sağ	6	A3-3	12	40

Olgularımızın 19'u erkek (%73), 7'si kadın (%27) idi (tablo 8). Çalışmaya dahil edilen 26 hastanın 14'üne (%53.8) intramedüller çivileme, 12'sine (%46.2) İllizarov eksternal fiksasyon uygulandı.

Tablo 8 . Tedavi şekline göre cinsiyet

Hasta Sayısı	Eksternal Fiksasyon			İntramedüller			Toplam		
	Erkek	Kadın	Genel	Erkek	Kadın	Genel	Erkek	Kadın	Genel
	8	4	12	11	3	14	19	7	26

Yaş ortalaması erkek hastalar için 41.8, kadın hastalar için 33.4, tüm hastalar için 39.5 (17-70) idi (tablo 9). Kırık tibiaların 11'i sağ (%42.3), 15'i sol (%57.7) alt ekstremitede idi.

Tablo 9 . Tedavi şekline göre yaş ortalaması

Yaş Ortalaması	Eksternal Fiksasyon			İntramedüller			Toplam		
	Erkek	Kadın	Genel	Erkek	Kadın	Genel	Erkek	Kadın	Genel
	48.6	28	40	38.3	40.6	38.8	41.8	33.4	39.5

İntramedüller çivileme uygulanan 14 hastanın; 2'si araç içi trafik kazası, 4'ü araç dışı trafik kazası, 3'ü spor yaralanması ve 5'i de bacağının üstüne çeşitli cisimler düşmesi sonucu kliniğimize başvurdu. Eksternal fiksasyon uygulanan 12 hastanın; 6'sı araç dışı trafik kazası, 1'i spor yaralanması ve 5'i de bacağının üstüne çeşitli cisimler düşmesi sonucu kliniğimize başvurdu (tablo 10).

Tablo 10 . Tedavi şekli ve kırık oluş nedenleri

	İntramedüller	Eksternal Fiksasyon
Araç içi trafik kazası	2	-
Araç dışı trafik kazası	4	6
Spor Yaralanması	3	1
Diğer	5	5

İntramedüller çivileme grubunda yaralanmaların 11'i direk travma ile, 3'ü indirek travma ile oluşmuştu. Eksternal fiksasyon grubunda ise yaralanmaların 11'i direk travma ile, 1'i indirek travma ile oluşmuştu (tablo 11).

Tablo 11 . Tedavi şekli ve travma oluş mekanizması

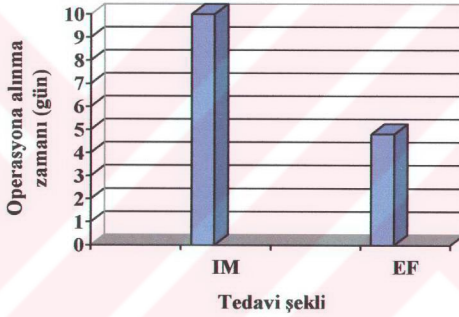
	Direk Travma	İndirek Travma
İntramedüller	11	3
Eksternal Fiksasyon	11	1

Kırıklar AO sınıflamasına göre değerlendirildi. AO sınıflamasına göre A: Parçalanma olmayan basit kırıkları, B: Kelebek fragmanlı basit kırıkları, C: Segmenter ve çok parçalı kırıkları, 1: spiral, 2: oblik, 3: transvers kırıkları gösterir (tablo 12).

Tablo 12 . Tedavi şekli ve AO sınıflamasına göre kırık tipleri

Tedavi Şekli	İntramedüller						Eksternal Fiksasyon										
	A		B		C		A		B		C						
Kırık Tipi	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Hasta Sayısı	2	5	3	-	1	2	-	1	-	4	3	2	-	-	-	2	1

Travma sonrası operasyona alınma süresi, intramedüller çivileme uygulanan grupta ortalama 10 gün iken, eksternal fiksasyon uygulananlarda 4.8 gün idi (grafik 1). Operasyona alınma süreleri arasındaki fark istatistiksel olarak non parametrik ölçümlerde Mann Whitney U testi ile $p=0.010$ ($p<0.05$) anlamlı bulundu.



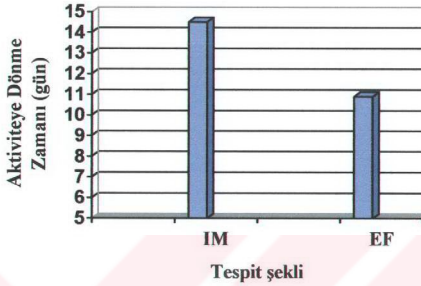
Grafik 1 . Tespit yöntemlerine göre operasyona alınma zamanları

İntramedüller çivileme uygulanan 14 hastadan 5'inde patellar tendon uzunlaşmasına kesildi. 7 hastada patellar tendon laterale çekilerek tibiaya giriş deliği belirlendi. Patellar tendonun uzunlaşmasına kesildiği 1 hastada ön diz ağrısı şikayeti görüldü.

İki yöntem arasında cerrahi süreler açısından anlamlı fark bulunmadı. $p=0.425$ ($p>0.05$)

Eksternal fiksasyon uygulanan hastaların 5'inde ameliyat sonrası erken dönemde tel dibi enfeksiyonu görüldü. Enfeksiyon sıkı pansuman ile geriledi. İntramedüller çivileme uygulanan hastaların hiçbirinde ameliyat sonrası enfeksiyon görülmedi. Tespit yöntemleri enfeksiyon açısından Fisher ki-kare testi ile değerlendirildiğinde $p=0.012$ ($p<0.05$) anlamlı bulundu.

İki tedavi yöntemi karşılaştırıldığında ameliyat sonrası ortalama mobilizasyon zamanları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu. ($p=0.016$) Eksternal fiksasyon uygulanan hastalar ortalama 10.9 günde günlük aktivitelerine dönerken, intramedüller çivileme uygulananlar ortalama 14.5 günde günlük aktivitelerine döndüler (grafik 2).



Grafik 2 . Tedavi şekline göre aktiviteye dönme zamanları

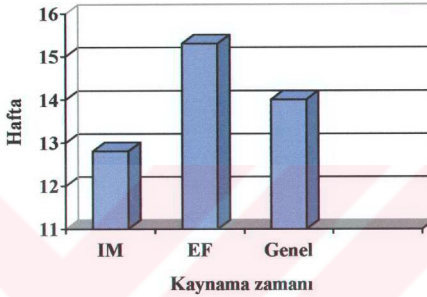
Eksternal fiksasyon uygulanan 5, intramedüller çivileme uygulanan toplam 8 olguda eşlik eden diğer patolojiler mevcut idi.

Kaynama süresi 16 haftayı geçen hastalarda kaynama gecikmesi olduğu kabul edildi (44). 26 hastanın 6'sında (4 eksternal fiksasyon, 2 intramedüller çivileme) kaynama gecikmesi tespit edildi (tablo 13).

Tablo 13 . Gecikmiş kaynaması olan olguların özellikleri

Olgu No	Tespit Şekli	Kaynama Zamanı	Yaş	Ek Patoloji	Açısal Deformite	İnfeksiyon	Kırık özelliği	Yüksek enerjili, direk travma
12	EF	26 hafta	54	+	Varus	Tel dibi(+)	Distrakte kilitlenmiş	+
18	EF	24 hafta	45	+	Valgus	-	Parçalı kırık	+
23	EF	24 hafta	47	-	Varus	-	Segmenter distrakte kilitlenmiş	+
24	EF	20 hafta	31	-	Valgus	-	Parçalı kırık, distrakte	+
21	IM	20 hafta	23	-	-	-	Distrakte	+
3	IM	18 hafta	63	+	Varus	-	Distrakte	+

Ortalama kaynama süresi, intramedüller çivileme uygulananlar için 12.8 hafta, eksternal fiksasyon uygulananlar için ortalama 15.3 hafta, genel ortalama 14 hafta idi (grafik 3). Tüm olgularda kaynama görüldü. İntramedüller çivileme uygulanan 14 hastadan 4'üne ortalama 10.2 haftada dinamizasyon yapıldı. Eksternal fiksasyon uygulanan 12 hastadan 8'ine ortalama 12.8 haftada, ortalama 5.25 hafta süre ile PTB alçı uygulandı.



Grafik 3 . Tespit yöntemine göre kaynama zamanları

Tablo 14 . Eksternal fiksasyon uygulanan hastaların radyolojik değerleri

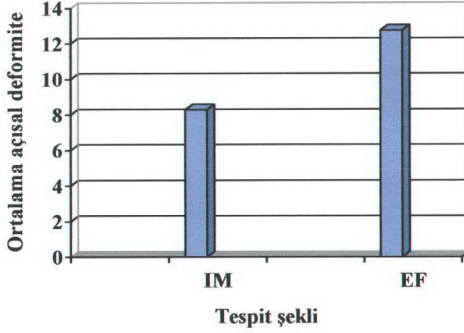
Olgu no	Nöral hasar	Vasküler hasar	Varus (°)	Valgus (°)	Ante-versiyon°	Retro-versiyon°	Dış-Rotasyon	Kısalık (mm)
1	-	-	-	-	-	18	5	4
4	+	-	-	10	-	4	5	-
6	-	-	-	8	-	4	5	6
9	-	-	-	-	-	-	5	-
12	+	-	8	-	-	2	5	3
13	-	-	5	-	-	-	5	4
18	-	-	-	6	2	-	5	10
19	-	-	14	-	10	-	5	2
20	-	-	-	-	10	-	5	2
22	-	-	12	-	-	-	10	16
23	-	-	-	12	-	4	5	-
24	-	-	-	20	4	-	5	4

Tablo 15 . İntramedüller çivileme uygulanan hastaların radyolojik değerleri

Olgu no	Nöral hasar	Vasküler hasar	Varus (°)	Valgus (°)	Anteversiyon (°)	Retroversiyon (°)	Dış Rotasyon (°)	Kısalık (mm)
2	-	-	-	-	-	-	5	-
3	-	-	-	12	-	10	5	-
5	-	-	8	-	-	10	5	18
7	-	-	-	4	-	8	5	4
8	-	-	-	-	-	-	5	-
10	-	-	-	12	-	-	5	2
11	+	-	10	-	-	10	20	2
14	-	-	-	4	-	2	5	4
15	-	-	-	4	-	-	5	-
16	-	-	-	1	3	-	5	-
17	-	-	1	-	-	-	5	3
21	-	-	-	6	-	-	5	-
25	-	-	-	4	-	8	5	-
26	-	-	-	-	-	-	5	-

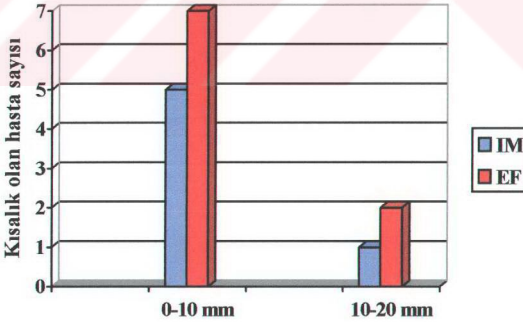
İki grup arasındaki radyolojik ölçümlerde (anteversiyon, retroversiyon, varus, valgus) anlamlı fark bulunamadı ($p=0.709$). Ameliyat sonrası yapılan ölçümlerde kısalık ($p=0.090$) ve rotasyon ($p=0.182$) açısından gruplar arasında anlamlı fark yoktu. Hatalı kaynama Fisher ki-kare testi ile değerlendirildiğinde $\chi^2 = 6.003$, $p = 0.014$ ($p<0.05$) anlamlı fark bulundu. Eksternal fiksasyon uygulanan grupta hatalı kaynama oranı belirgin olarak fazla idi. İntramedüller çivileme uygulanan grupta da, eksternal fiksasyon uygulanan grupta da ayak iç rotasyon deformitesine rastlanılmadı.

Radyolojik değerlendirme yapıldığında tablo 14 ve tablo 15'teki değerler elde edildi. Tespit yöntemine göre karşılaştırma yapmak için, tüm planlardaki açılal deformitelerin ortalaması hesaplandı. İntramedüller çivileme uygulanan grupta ortalama açılal deformite 8.28° bulundu. Eksternal fiksasyon uygulanan grupta ortalama açılal deformite 12.75° idi (grafik 4).



Grafik 4 . Tespit yöntemine göre açılma deformite

26 hastanın 3'ünde (1 İM, 2 EF) 10-20 mm arası kısalık, 12'sinde (5 İM, 7 EF) 0-10 mm arası kısalık vardı. Hiçbir olguda vasküler defisit görülmedi. Sadece 3 olguda (1 İM, 2 EF) yüzeysel peroneal sinir nöropraksisine bağlı nörolojik defisit görüldü. Nöropraksi düzelme süresi ortalama 2 aydı. 2 olguda (1 İM, 1 EF) artmış dış rotasyon tespit edildi.



Grafik 5 . Tespit yöntemine göre kısalık miktarı

İstatiksel olarak, intramedüller çivileme uygulanan hasta grubunda kırık taraf ayak bileği ile sağlam taraf ayak bileği hareketleri arasında anlamlı fark bulundu.

(p=0.00) Tablo 16'da intramedüller çivileme uygulanan gruptaki hastaların ayak bileği hareket açıklığı gösterilmiştir.

Tablo 16 . İntramedüller çivileme uygulanan grupta ayak bileği hareket açıklığı

İNTRAMEDÜLLER	Minimum	Maksimum	Ortalama	SD
Kırık ayak bileği dorsifleksiyonu	-5°	25°	11.4°	8.2°
Sağlam ayak bileği dorsifleksiyonu	10°	30°	16.8°	5°
Kırık ayak bileği plantar fleksiyonu	10°	45°	27.5°	11.4°
Sağlam ayak bileği plantar fleksiyonu	20°	45°	32.5°	8.4°

*SD = Standart Deviasyon

İntramedüller çivileme uygulanan grupta, kırık taraf ayak bileği dorsifleksiyonu -5° ile 25° arasında (ortalama 11.4°, SD=8.2°), sağlam taraf ayak bileği dorsifleksiyonu 10° ile 30° arasında (ortalama 16.8°, SD=5°) bulundu. İntramedüller çivileme uygulanan grupta kırık taraf ayak bileği plantar fleksiyonu 10° ile 45° arasında (ortalama 27.5°, SD=11.4°), sağlam taraf ayak bileği plantar fleksiyonu 20° ile 45° arasında (ortalama 32.5°, SD=8.4°) bulundu (tablo 16).

Eksternal fiksasyon uygulanan grupta, istatistiksel olarak kırık taraf ayak bileği hareketleri ile sağlam taraf ayak bileği hareketleri arasında anlamlı fark bulundu. (p=0.000) Tablo 17'de eksternal fiksasyon uygulanan gruptaki ayak bileği hareket açıklığı gösterilmiştir.

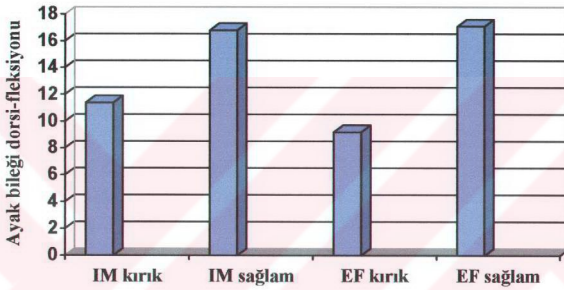
Tablo 17 : Eksternal fiksasyon uygulana grupta ayak bileği hareket açıklığı

EKSTERNAL FİKSASYON	Minimum	Maksimum	Ortalama	SD
Kırık ayak bileği dorsifleksiyonu	-10°	20°	9.2°	8.7°
Sağlam ayak bileği dorsifleksiyonu	10°	35°	17.1°	6.6°
Kırık ayak bileği plantar fleksiyonu	10°	45°	29°	10.4°
Sağlam ayak bileği plantar fleksiyonu	20°	45°	33.9°	8.1°

*SD = Standart Deviasyon

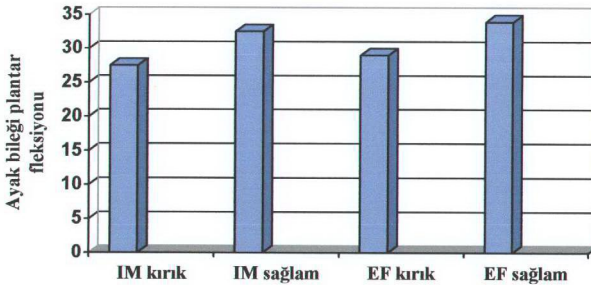
Eksternal fiksasyon uygulanan grupta, kırık taraf ayak bileği dorsifleksiyonu 10° ile 20° arasında (ortalama 9.2° , $SD=8.7^{\circ}$), sağlam taraf ayak bileği dorsifleksiyonu 10° ile 35° arasında (ortalama 17.1° , $SD=6.6^{\circ}$) bulundu. Eksternal fiksasyon uygulanan grupta kırık taraf ayak bileği plantar fleksiyonu 10° ile 45° arasında (ortalama 29° , $SD=10.4^{\circ}$), sağlam taraf ayak bileği plantar fleksiyonu 20° ile 45° arasında (ortalama 33.9° , $SD=8.1^{\circ}$) bulundu (tablo 17).

Grafik 6'da intramedüller çivileme ve eksternal fiksasyon uygulanan hastaların ortalama ayak bileği dorsifleksiyon değerleri verilmiştir.



Grafik 6 . Tedavi şekli ve ortalama ayak bileği dorsi fleksiyonu

Grafik 7'de intramedüller çivileme ve eksternal fiksasyon uygulanan hastaların ortalama ayak bileği plantar fleksiyon değerleri verilmiştir.

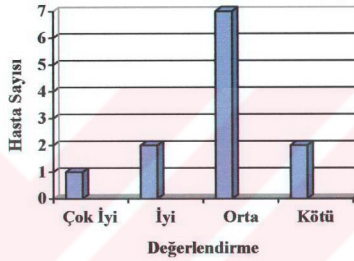


Grafik 7 . Tedavi şekli ve ortalama ayak bileği plantar fleksiyonu

Diz hareketleri açısından iki grupta da hiçbir kısıtlanma yoktu. Hareket açıklıkları tamdı.

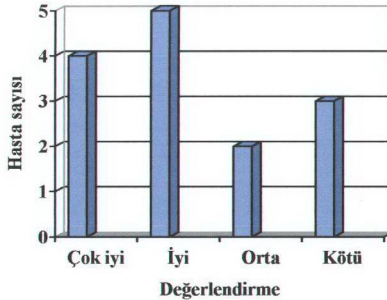
Gruplar arasındaki ağrı, aksama ve şişme değerlendirilmesinde anlamlı fark bulunamadı. Johner-Wruhs (44) kriterlerine göre hastaların 5'i çok iyi, 7'si iyi, 9'u orta ve 5'i de kötü olarak değerlendirildi.

Eksternal fiksasyon uygulanan 12 hastada, Johner-Wruhs değerlendirme kriterlerine göre yapılan değerlendirme sonucunda; 1 hastanın sonucu çok iyi, 2 hastanın sonucu iyi, 7 hastanın sonucu orta ve 2 hastanın sonucu kötü idi (grafik 8).



Grafik 8 . Eksternal fiksator grubunun Johner-Wruhs kriterlerine göre sonuçları

İntramedüller çivileme uygulanan 14 hastada, Johner-Wruhs kriterlerine göre yapılan değerlendirme sonucunda 4 hastanın sonucu çok iyi, 5 hastanın sonucu iyi, 2 hastanın sonucu orta ve 3 hastanın sonucu kötü idi (grafik 9).



Grafik 9 . İntramedüller grubunun Johner-Wruhs kriterlerine göre sonuçları

Olgularımızdan Örnekler

1) D.G. (olgu no:7), 63 yaşında, Erkek, Protokol no: 44215

Hikayesi: 09.12.2000 tarihinde motosiklet kullanırken, otomobil çarpmış. Sol bacağına ağrı ve şekil bozukluğu şikayeti ile 09.12.2000 tarihinde acil servisimize başvurmuş. 10.12.2000 tarihinde servisimize yatırıldı.

Tanı: Sol tibia diyafiz oblik kırık, fibula aynı seviyeden ve distalden segmenter kırık (Resim 1a). AO sınıflamasına göre A2-2. Araç dışı trafik kazası (Motosiklet kazası).

Travma mekanizması: Direk travma.

Eşlik eden patoloji: Hastanın sistemik veya diğer ekstremiteleri ile ilgili başka patolojisi yoktu.

Tedavi: 14.12.2000 tarihinde, travma sonrası 5. günde, standart cerrahi masada, turnike ve skopi kullanılarak intramedüller çivileme uygulandı. Kırık hattı açılmadan, kapalı redüksiyon ile, proksimalden iki, distalden iki vida olacak şekilde statik olarak kilitlendi. Ameliyat sırasında ve ameliyat sonrası erken dönemde komplikasyon görülmedi.

Takip: Ameliyat sonrası 3. gün yük vermeden ayağa kaldırıldı. 8. haftada dinamizasyon yapıldı. Ameliyattan sonraki 16. haftada kaynama tespit edildi. Takip süresi 39 ay.

Son muayene: Hasta ayak bileği dış yanında minimal uyuşma tarif ediyor. Ağrı, şişme, atrofi yok. Diz hareket açıklığı tam. Ayak bileği dorsifleksiyonu 5°, plantar fleksiyonu 35°. Postoperatif radyolojik değerlendirme; küçük çaplı intramedüller çivi kullanılmış (Resim 1b). Daha geniş çaplı intramedüller çivi kullanımı ile daha fazla kemik çivi teması sağlanabilirdi. Böylece açılanma ve interfragmanter hareket engellenmiş olurdu. En son kontrol grafisinde kırık 8° anterior eğimli açılanma (retroversiyon) ve 4° valgus pozisyonundadır (Resim 1c). Muhtemelen küçük çaplı çivi kullanımı nedeniyle interfragmanter hareketin önlenememesi, kaynamanın 16. haftaya kadar uzamasının sebebi olabilir.

Sonuç: İyi. Johner-Wruhs (44) değerlendirme kriterlerine göre bacakta valgus ve retroversiyon açılanması olduğu için sonuç iyi olarak değerlendirildi.



a



b

Resim 1a . 7 no.lu olgunun preoperatif grafisi, Resim 1b . postoperatif grafisi



c

Resim 1c . 7 no.lu olgunun postoperatif 39. ay takip iki yönlü grafisi

2) B.Y. (olgu no 4), 18 yaşında, bayan hasta, Protokol no: 41080.

Hikayesi: 06.08.2000 tarihinde bacağına su deposu düşmüş. Bacak ağrısı ve şekil bozukluğu şikayeti ile aynı gün acil servisimize getirilmiş. 06.08.2000 tarihinde servisimize yatırıldı.

Tanı: Sol tibia diyafiz oblik kırık, fibula aynı seviyeden kırık (Resim 2a). AO sınıflamasına göre A2-3.

Travma mekanizması: Direk travma.

Eşlik eden patoloji: Sistemik veya diğer ekstremitelere ait, eşlik eden patoloji tespit edilmedi.

Tedavi: 07.08.2000 tarihinde, travma sonrası 1. gün, standart cerrahi masada, turnike kullanılmadan, skopi yardımı ile eksternal fiksasyon uygulandı. Erken postoperatif dönemde ayak 1. parmak dorsifleksiyonu kısıtlı idi. Proksimaldeki tellerden akıntısı oldu.

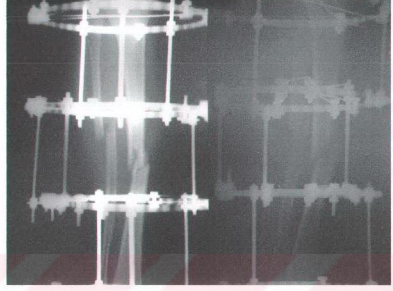
Takip: Ameliyat sonrası 2. gün tam yük verdirilerek ayağa kaldırıldı. Ağrı sınırında, tolere edebileceği kadar yük vermesi öğretildi. 9. haftada eksternal fiksatorü çıkarıldı. Patolojik hareket olmamasına rağmen 4 hafta süre ile PTB alçı uygulandı. 9. haftada kaynama olduğu düşünüldü. Takip süresi 41 ay.

Son muayene: Hasta, bacağındaki eğrilik ve şişlikten şikayetçi. Ağrı, aksama veya hareket kısıtlılığı şikayeti yok. Bacak çevresinde 2 cm dairesel şişlik ve klinik olarak görülen valgus açılanması mevcut. Diz hareket açıklığı tam. Kırık taraf ayak bileği dorsifleksiyonu 20°, plantar fleksiyonu 30°. Postoperatif radyolojik değerlendirme; İlizarov halkaları kırığa uzak yerleştirilmiş (Resim 2b). Açısal deformiteyi önleyebilmek için halkaların kırığa daha yakın yerleştirilmesi, oblik kırıkta kırık uçlarının interfragmanter stoplu tellerle çektilmesi ile makaslama kuvvetleri yenilebilirdi. Böylece 10° valgus ve 10° anterior eğimli açılanma (retroversiyon) önlenilirdi (Resim 2c).

Sonuç: Orta. Johner-Wruhs (44) kriterlerine göre valgus ve retroversiyon açılanması nedeni ile sonuç orta olarak değerlendirildi.



a



b

Resim 2a . 4 no.lu olgunun preoperatif, Resim 2b . postoperatif iki yönlü grafileri



c

Resim 2c . 4 no.lu olgunun postoperatif 41. ay iki yönlü grafisi

3) F.L. (olgu no 20), 21 yaşında, bayan hasta, Protokol no:79527.

Hikayesi: 11.07.2002 tarihinde araç dışı trafik kazası geçirerek hastanemiz acil servisine başvurmuş. 12.07.2002 tarihinde genel cerrahi ve beyin cerrahisi bölümlerinin takibinde servisimize yatırıldı.

Tanı: Sol tibia diyafiz oblik kırık, fibula aynı seviyeden kırık (Resim 3a). AO sınıflamasına göre A2-3.

Travma mekanizması: Direk travma.

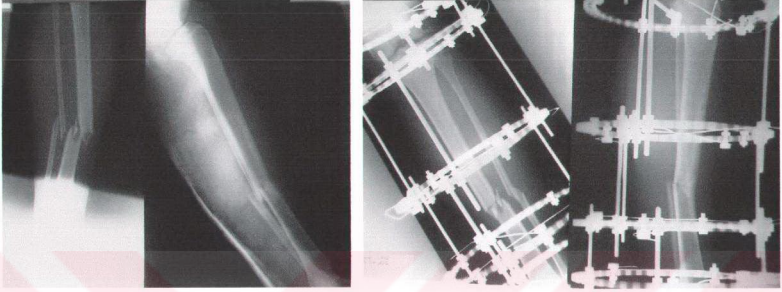
Eşlik eden patoloji: Künt batın travması, kafa travması, pelvis kırığı, sağ humerus kırığı.

Tedavi: 16.07.2002 tarihinde, travma sonrası 5. gün, standart cerrahi masada, turnike kullanılmadan, skopi yardımı ile bacağına, humerusa ve pelvise eksternal fiksasyon uygulandı. Ameliyat sırasında ve ameliyat sonrası erken dönemde komplikasyon ile karşılaşılmadı.

Takip: Ameliyat sonrası 9. gün destekli olarak ayağa kaldırıldı. Pelvis kırığı ve humerus kırığı nedeni ile mobilizasyonu zor oldu. 12. haftada bacak eksternal fiksatörü çıkarıldı. Patolojik hareket yoktu fakat eksternal fiksatör çıkarıldıktan sonra hasta 6 hafta süre ile PTB alçı uygulandı. Takip süresi 20 ay.

Son muayene: Hastanın bacağından şikayeti yok. Bacakta kısalık, ağrı, şişme, atrofi yok. Diz hareket açıklığı tam. Kırık taraf ayak bileği dorsifleksiyonu 5° plantar fleksiyonu 10°. Postoperatif radyolojik değerlendirmede; kırık lateral planda 10° posterior eğimli (anteversiyonda), ön arka planda translasyonda kilitlemiş. Tibiofibular sinostoz gelişmiş ve böylece fibula sabitlenmiş. Bu yüzden ayak bileği hareketine katılamayan fibula, ayak bileği hareket kısıtlılığına neden olmuş. Eksternal fiksasyon uygulamasındaki postoperatif radyografide görülen anteversiyon ve laterale translasyon düzeltilseydi, son kontrol grafisinde gördüğümüz tibianın anteversiyon açılanması ve tibiofibular sinostoz önlenebilirdi (Resim 3c).

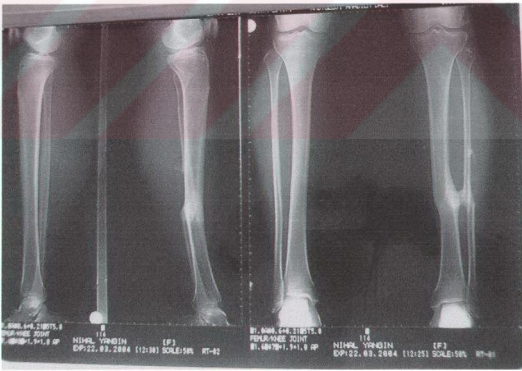
Sonuç: İyi. Johner-Wruhs (44) değerlendirme kriterlerine göre ayak bileği hareket kısıtlılığı ve açılma olduğu için sonuç iyi olarak değerlendirildi.



a

b

Resim 3a . 20 no.lu olgunun preoperatif, Resim 3b . postoperatif iki yönlü grafileri



c

Resim 3c . 20 no.lu olgunun postoperatif 20. ay iki yönlü grafisi

4) H.O. (olgu no 11), 21 yaşında, Erkek, Protokol no: 132345.

Hikayesi: 04.09.2003 tarihinde motosiklet kullanırken otomobil çarpmış. Aynı gün acil servisimize getirilen hasta genel durumu kötü olduğu için yoğun bakımda takip edilmiş. Travma sonrası 25. gün servisimize yatırıldı.

Tam: Sol tibia diyafiz oblik kırık, fibula aynı seviyeden kırılmış (Resim 4a). AO sınıflamasına göre A2-3.

Travma mekanizması: Direk travma.

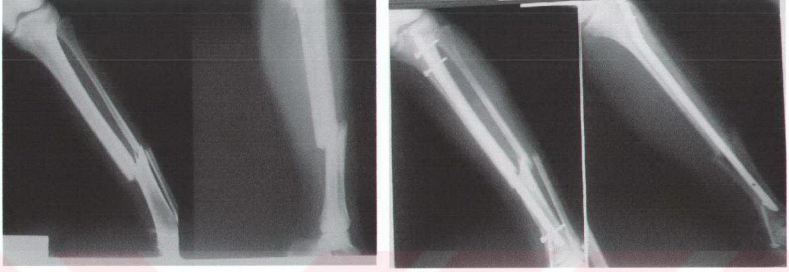
Eşlik eden patoloji: Sol medial malleol kırığı, sol humerus kırığı, batın içi kanama, kafa travması.

Tedavi: 01.10.2003 tarihinde, travma sonrası 26. gün, standart cerrahi masada, turnike kullanılarak, skopi yardımı ile intramedüller çivileme uygulandı. Kırık hattı açılmadan, kapalı redüksiyon ile, proksimalden iki distalden iki adet vida kullanılarak statik kilitleme yapıldı.

Takip: Ameliyat sonrası 2. gün yük vermeden ayağa kaldırıldı. Ameliyat sonrası erken dönemde sol ayak 1. parmak dorsifleksiyonu kısıtlı idi. Sol ayak lateralinde hipoestezi mevcut idi. Malleol kırığı nedeni ile erken dönemde yük verilemedi. 16. haftada kaynama olduğu kabul edildi.

Son muayene: Hasta ağrı nedeni ile tam yük veremiyor. Sol bacakta 2.5 cm atrofi mevcut. Diz hareket açıklığı tam. Kırık taraf sol ayak bileği dorsifleksiyonu -5°, plantar fleksiyonu 10°. Postoperatif radyolojik değerlendirme; küçük çaplı intramedüller çivi kullanılmış (Resim 4b). Distal fragman varusta (10°) ve dış rotasyonda (10°) (Resim 4c). Kemik çivi temasının daha iyi olduğu, daha geniş çivi kullanımı ile angulasyon engellenebilir, tibiofibular sinostoz oluşması önlenilebilir.

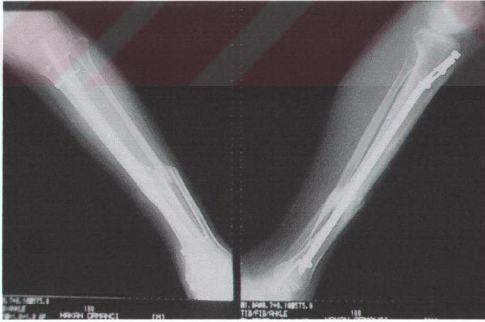
Sonuç: Kötü. Johner-Wruhs (44) kriterlerine göre aksama ve açılma nedeni ile sonuç kötü olarak değerlendirildi.



a

b

Resim 4a . 11 no.lu olgunun preoperatif, Resim 4b . postoperatif iki yönlü grafileri



c

Resim 4c . 11 no.lu olgunun postoperatif 9. ay iki yönlü grafisi

5) N.E. (olgu no 1), 43 yaşında, bayan hasta, Protokol no: 99793.

Hikayesi: 14.07.2003 tarihinde yolda yürürken motosiklet çarpmış. Araç dışı trafik kazası ön tanısı ile aynı gün acil servisimize getirilmiş. 15.07.2003 tarihinde servisimize yatırıldı.

Tanı: Sol tibia diyafiz segmenter kırık, fibula segment orta hattından kırık (Resim 5a). AO sınıflamasına göre C2-2.

Travma mekanizması: Direkt travma.

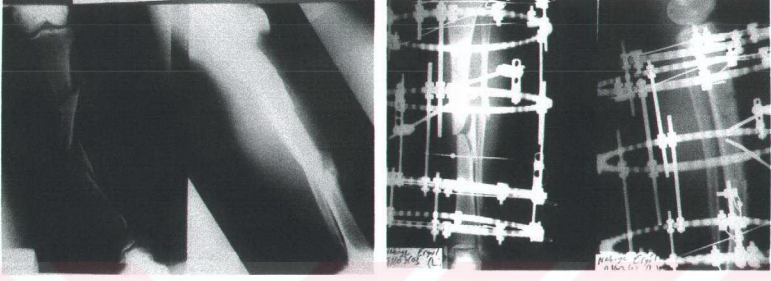
Eşlik eden patoloji: Sistemik veya diğer ekstremitelere ait, eşlik eden patoloji saptanmadı.

Tedavi: 21.07.2003 tarihinde, travma sonrası 6. gün, standart cerrahi masada, turnike kullanılmadan, skopi yardımı ile eksternal fiksasyon uygulandı. Segmenter kırık olduğu için kırık hattı açılmadan, segmentin kanlanması bozulmadan, schanz çivisi yardımı ile redüksiyon sağlandı. Ameliyat sırasında ve ameliyat sonrası erken dönemde komplikasyon ile karşılaşmadı.

Takip: Ameliyat sonrası 1. gün ayağa kaldırıldı. Ağrı sınırında yük vermesi sağlandı. Proximale yakın tel dibi akıntısı oldu. Pansuman ile geriledi. 12. haftada eksternal fiksatörü çıkarıldı. Eksternal fiksatör çıkarıldıktan sonra, patolojik hareket olmamasına rağmen 8 hafta süre ile PTB alçı uygulandı. Takip süresi 8 ay.

Son muayene: Hastanın ağrı ve aksama şikayeti mevcut. Kırık tarafta 4.5 cm şişlik mevcut. Diz hareket açıklığı tam. Kırık taraf ayak bileği dorsifleksiyonu 5°, plantar fleksiyonu 20°. Postoperatif radyolojik değerlendirme; segment proksimalinde açıl dizilim iyi, distalde translasyon olmuş (Resim 5b). Kelebek fragmanla diğer fragmanlar arasında interfragmanter stoplu K telleri kullanımı, kelebek fragmanın pozisyonunu düzeltebilir, kelebek fragmanın kırık ana parçaları ile temasını sağlayabilirdi. 16°'lik anterior eğimli açılma (retroversiyon) engellenebilirdi (Resim 5c).

Sonuç: Orta. Johner-Wruhs (44) kriterlerine göre açılanma nedeni ile sonuç orta olarak değerlendirildi.



a

b

Resim 5a . 1 no.lu olgunun preoperatif, Resim 5b . postoperatif iki yönlü grafileri



c

Resim 5c . 1 no.lu olgunun postoperatif 8. ay iki yönlü grafisi

6) A.O. (olgu no 15), 21 yaşında, Erkek, Protokol no: 61006.

Hikayesi: 21.03.2002 tarihinde koşu yaparken ayağı takılarak düşmüş. Spor travması ön tanısı ile acil servisimize başvuran hastanın bacağına ağrı ve şekil bozukluğu şikayeti mevcuttu. Eşlik eden başka patolojisi olmayan hasta 21.03.2002 tarihinde servisimize yatırıldı.

Tanı: Sol tibia diyafiz oblik kırık, fibula aynı seviyeden kırık (Resim 6a). AO sınıflamasına göre A2-3.

Travma mekanizması: Direk travma.

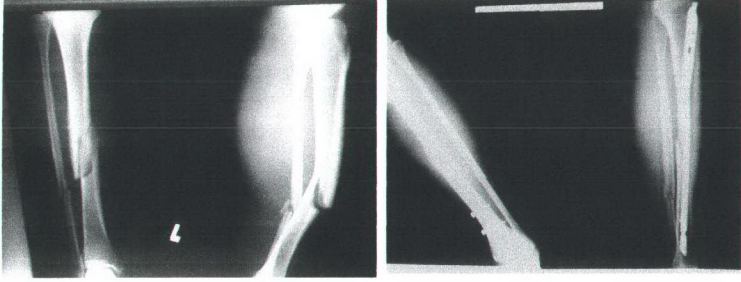
Eşlik eden patoloji: Sistemik veya diğer ekstremitelere ait eşlik eden patoloji tespit edilmedi.

Tedavi: 27.03.2002 tarihinde, travma sonrası 6. gün, standart cerrahi masada, turnike ve skopi kullanılarak intramedüller çivileme uygulandı. Kırık hattı açılmadan, kapalı redüksiyon ile proksimalden iki, distalden iki adet vida kullanılarak statik kilitleme yapıldı. Ameliyat sırasında ve ameliyat sonrası erken dönemde komplikasyon ile karşılaşılmadı.

Takip: Ameliyat sonrası 3. gün yük vermeden ayağa kaldırıldı. Kırık taraf bacağına yük vermeden yürütüldü. 8. haftada radyolojik kaynama görülerek dinamize edildi. Takip süresi 24 ay.

Son muayene: Hastanın ağrı, aksama şikayeti yok. Şişlik, atrofi saptanmadı. Diz hareket açıklığı tam. Kırık taraf ayak bileği dorsifleksiyonu 15°, plantar fleksiyonu 45° tespit edildi. Postoperatif radyolojik değerlendirme; intramedüller çivileme uygulanarak statik kilitleme yapılmış (Resim 6b). Bacağa yük verildiğinde çivi içinden kayacak şekilde yerleştirilmiş olan dinamizasyon vidası kallus görülünce dinamize edilmiş. Kaynama, dizilim, çivi boyu ve çivi yerleşimi iyi (Resim 6c).

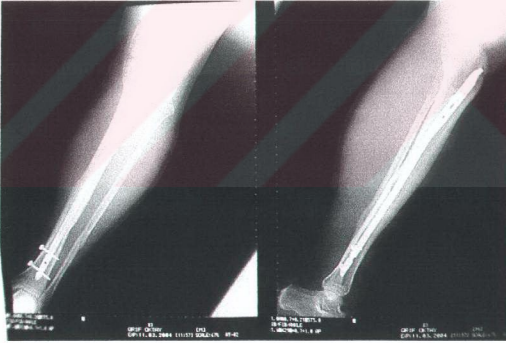
Sonuç: Çok iyi. Johner-Wruhs (44) kriterlerine göre sonuç çok iyi olarak değerlendirildi.



a

b

Resim 6a . 15 no.lu olgunun preoperatif, Resim 6b . postoperatif iki yönlü grafileri



c

Resim 6c . 15 no.lu olgunun postoperatif 24. ay iki yönlü grafisi

7) N.E. (olgu no 21), 21 yaşında, bayan hasta, Protokol no: 60450.

Hikayesi: 19.03.2002 tarihinde yolda yürürken otomobil çarpması sonucu acil servisimize getirilmiş. Araç dışı trafik kazası ön tanısı ile tetkik edilen hasta aynı gün servisimize yatırıldı.

Tanı: Sol tibia distale yakın diyafiz oblik kırık (Resim 7a), fibula aynı seviyeden kırık. AO sınıflamasına göre A2-3.

Travma mekanizması: Direk travma.

Eşlik eden patoloji: Sistemik veya diğer ekstremitelere ait eşlik eden patoloji tespit edilmedi.

Tedavi: 26.03.2002 tarihinde, travma sonrası 6. gün, standart cerrahi masada, skopi ve turnike yardımı ile opere edildi. Kırık hattı açılmadan, kapalı redüksiyon ile proksimalden iki, distalden iki adet vida kullanılarak statik intramedüller çivi uygulandı. Ameliyat sırasında veya ameliyat sonrası erken dönemde komplikasyon ile karşılaşılmadı.

Takip: Operasyon sonrası 3. gün yük vermeden ayağa kaldırıldı. Tam yük vermeden, kısmi yük vererek yürütüldü. 12. hafta dinamize edildi. Dinamizasyon işleminin ardından yapılan poliklinik takipleri sırasında 20. haftada kaynama olduğu tespit edildi.

Son muayene: Hastanın arasıra olan aksama şikayeti mevcut. Ağrı şikayeti yok. Şişlik, atrofi tespit edilmedi. Diz hareket açıklığı tam. Kırık taraf ayak bileği dorsifleksiyonu 0°, plantar fleksiyonu 30° olarak tespit edildi. Postoperatif radyolojik değerlendirmede; kırığın distal fragmanı valgusta (6°). Statik intramedüller çivileme uygulanmış (Resim 7b). 12. haftada dinamizasyon yapılmış. Dinamizasyon yapıldıktan sonra kaynama olmuş (Resim 7c).

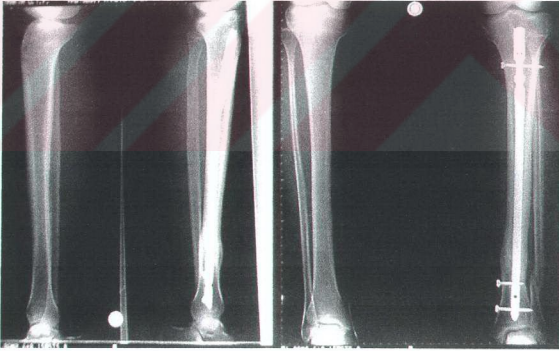
Sonuç: İyi. Johner-Wruhs (44) kriterlerine göre ayak bileği hareket kısıtlılığı ve açılma nedeni ile sonuç iyi olarak değerlendirildi.



a

b

Resim 7a . 21 no.lu olgunun preoperatif, Resim 7b . postoperatif iki yönlü grafileri



c

Resim 7c . 21 no.lu olgunun postoperatif 24. ay grafisi

TARTIŞMA

Tibia cisim kırıkları en sık görülen uzun kemik kırıklarıdır (8,12,45,46). Anatomik yerleşimi nedeni ile travmalara açıktır (11). Tibia kırıklarının sık görülmesi ve vücudun yükünü taşıyan ana kemiklerden biri olması, tibia kırıklarının ve tedavisinin önemini arttırmaktadır (8, 11, 13, 17).

Grutter ve ark. (47)'na göre tibia kırıkları, erkeklerde kadınlara göre iki kat fazla görülür. Çalışmamızı oluşturan 26 tibia kırıklı hastanın 19'u erkek, 7'si kadındı. Tibia kırıkları 40 yaşından küçük hastalarda daha sık görülmektedir (47). Çalışma grubumuzdaki hastaların yaş ortalaması 39.5 idi.

Tibia kırıklarının genç, aktif hastalarda daha sık görülmesi, gençlerin daha fazla travmaya maruz kalması nedeniyledir. Grutter ve ark. (47), endosteal rezorbsiyon ile oluşan osteoporozda, periostal kompensasyon oluşarak toplam kemik çapının azalmadığını göstermişlerdir. Böylece osteoporozda oluşan kemik kaybı, kemikte torsiyonel yüklenmelere karşı zayıflığa yol açmaz. Bu da gösterir ki yaş arttıkça kemik kırılma oranı artmaz.

Günümüzde artan teknoloji ve değişen yaşam tarzı nedeni ile yüksek enerjili travmalar sık görülmektedir. Yüksek enerjili travmalar sonucu oluşan kırıklarda, kemikte parçalanma, çevre yumuşak dokuda hasarlanma daha fazla olmaktadır (11, 12). Çalışmamızda değerlendirdiğimiz 26 tibia kırıklı hastanın, 20 tanesinde kırık sebebi; yüksek enerjili travmalar idi.

Johner ve Wruhs (44)'a göre, tibia kırıklarının tedavisini, prognozunu ve sonuçlarını birçok faktör etkiler.

Bunlardan en önemlileri :

- Kırık oluş mekanizması,
- Kırıkla birlikte oluşan yumuşak doku hasarı,
- Kemikteki parçalanma miktarı,
- Kırık parçaların deplasmanıdır (8, 11, 44).

Direk travma sonucu oluşan kırıkların prognozu, indirek travma sonucu oluşan kırıklara göre daha kötüdür. Direk travma mekanizması ile oluşan kırıklarda yumuşak doku hasarlanma miktarı, kemikteki parçalanma ve kırık parçaların deplasmanı daha fazladır. Bu yüzden kırıkta gecikmiş kaynama ve kaynamama oranı artar (44).

İndirek travma mekanizması ile oluşan kırıklarda daha çok rotasyonel güçler hakimdir. Kırık bölgesine direk darbe gelmediği için yumuşak doku hasarı daha azdır. İndirek travma ile spiral kırıklar oluşabilirken, direk travma ile transvers, oblik, segmenter kırıklar oluşabilir. İndirek travmada, tibia ve fibula kırıkları farklı seviyelerde olabilirken, direk travmada tibia kırığı ile fibula kırığı genellikle aynı seviyededir (30).

Tibia kırığı nedeni ile tedavi ettiğimiz 26 olgudan, 22'sinde travma oluş mekanizması direk travma idi. Yüksek enerji ile ve direk travma ile oluşan kırıklar, daha çok erkeklerde görülür (48). Çalışma grubumuzu oluşturan 26 olgudan 19'u erkek idi.

Sarmiento ve ark. (48)'nin, kırık şekillerine göre yaptıkları değerlendirmede; indirek travma ile oluşan spiral kırıklar, düşük enerjili travma sonucu olduğu için çevre yumuşak doku hasarlanması azdır. Spiral kırıklarda, kırık uçlarının temas yüzeyi fazla olduğu için kaynama süresi kısadır. Oblik kırıklar bükülme kuvvetleriyle veya direk travma ile oluşurlar. Yumuşak doku hasarı iyi değerlendirilmelidir. Transvers kırıklar direk travma sonucu oluşurlar. Çevre yumuşak doku hasarlanması fazla olabilir. Çok parçalı ve segmenter kırıklar yüksek enerjili travma sonucu ortaya çıkarlar. Yumuşak doku hasarı fazla olduğu için periostal kanlanma bozular, kaynama gecikebilir.

Çalışma grubumuzda, AO sınıflamasına göre gruplandırdığımız olguların 19'u tip A (6 spiral, 8 oblik, 5 transvers), 3'ü tip B (1 oblik, 2 transvers) ve 4'ü tip C (3 oblik, 1 transvers) idi. Olguların çoğu basit kırık şeklindeydi.

Lang ve ark. (49), tibia proksimalindeki kırıkların daha çok direk travma ile, tibia distalindeki kırıkların ise daha çok rotasyonel kuvvetlerle yani indirek travma ile oluştuklarını bildirmişlerdir. Çalışma grubumuza dahil olan 7 olguda, kırık hattı distale yakındı ve bu olguların 4'ünde travma oluş mekanizması indirek travma idi.

Kırık kaynama sürecini etkileyen en önemli faktörlerden biri, kırığın ne kadar erken stabil hale getirildiğidir (48). Tibia kırıklarının erken dönemde cerrahi tedavisi, postoperatif komplikasyon oranını azaltır. Bhandari ve ark. (46), 200 tibia kırıklı hasta ile yaptıkları çalışmada, cerrahi tedavi edilen hastaları erken ve geç cerrahi grup olarak ikiye ayırmışlar. Erken opere edilen hasta grubunda, geç opere edilen hasta grubuna göre, postoperatif komplikasyon oranının belirgin olarak az olduğunu göstermişlerdir.

Çalışma grubumuzu oluşturan hastalardan, eksternal fiksasyon uygulanan hasta grubunun operasyona alınma süresi, intramedüller çivileme uygulanan gruba göre daha kısa idi. Aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu. Johner-Wruhs (44) kriterlerine göre değerlendirdiğimiz hastalarımızdan, eksternal fiksasyon grubuna daha erken cerrahi tedavi yapılmasına rağmen, fonksiyonel sonuçları daha kötü idi. İntramedüller çivileme uygulanan grubun ortalama operasyona alınma süresinin uzun olma nedeni; 2 olgunun eşlik eden kafa travması sebebi ile operasyona geç alınabilmesi, 1 olgunun kliniğimizde geç başvurusu ve 1 olgunun da dahili problemleri nedeni ile opere edilememesi idi. Bu üç olgu değerlendirme dışı bırakılsalar dahi, intramedüller çivileme uygulanan grubun ortalama operasyona alınma süresi daha uzun idi. İntramedüller çivileme uygulanan grubun fonksiyonel sonuçları, eksternal fiksasyon uygulanan gruba göre daha iyiydi.

Cerrahi zamanlamanın yanında, kırığın tespit şekline bağlı olarak, kırık iyileşme sürecine bir çok faktör etki eder. Claes ve ark. (23), kırık iyileşmesi üzerine mekanik etkileri incelemişler. Uzun kemik kırıklarının hareketli fiksasyonu, kallus oluşum miktarını artırır. Kallusun biyomekanik fonksiyonu, kırık fragmanları arasındaki hareketi önlemektir. Bu nedenle interfragmanter hareket varsa, daha fazla kallus gelişerek, köprüleşme dokusunun kesit yüzeyi artırılır.

Eksternal fiksasyon uyguladığımız iki olgumuzda (olgu no: 4, 12), sistemdeki vidaların gevşemesi sonucu aşırı interfragmanter hareket oluşarak, fazla kallus gelişimi tespit ettik. Oluşan aşırı kallusun, tibiofibular sinostoza yol açarak, ayak bileği biyomekaniğini bozduğunu ve hareket kısıtlılığına neden olduğunu gözlemledik. Bu olgulardan birinin kaynama süresi 12 hafta iken, diğerinin kaynama süresi 26 hafta idi.

Kırık uçları arasında aşırı interfragmanter hareket olması, kırık çevresi kallus damarlarında direk etki göstererek damarların hasarlanmasına neden olur. Kırık çevresindeki kaslarda bulunan sinir uçlarının, kırık fragmanların hareketi sonucu uyarılmaları ile refleks kas spazmları oluşur. Bu spazmlar sonucunda damar lümenleri daralır ve bölgeye gelen kan miktarı azalır. Yetersiz kan gelmesi kaynamayı geciktirdiği

gibi, venöz akımın azalmasına neden olur. Venöz göllenme tromboemboli riskini artırır. Kemiğin, periosseöz kas dokusundan ayrılması, kaynamayı geciktiren önemli bir faktördür (29).

Claes ve ark. (50)'na göre; kemik oluşum potansiyeli; lokal kan akımı, hormonlar, büyüme faktörleri ve kırık sahasındaki biyomekanik faktörlerden etkilenir. Kırık fragmanları arasındaki açıklık az ise hızlı ve başarılı kaynama olur. Aradaki boşluk arttıkça kaynama zorlaşır. Herhangi bir yönde olan stres, kallus dokusunda fibröz doku gelişimini artırır. Hidrostatik stresler kırık doku oluşumunu artırır. Kırık hattındaki küçük interfragmanter hareketler ise, osteoblast çoğalmasını ve aktivitesini artırarak kaynamayı hızlandırırlar. Kırık çok katı bir şekilde tespit edilirse kallus oluşumu için gerekli uyarı oluşamaz. Fakat kırık hattındaki aşırı interfragmanter hareketler, gereğinden fazla kallus oluşumuna sebep olur. Oluşan bu kallusun içeriği daha çok bağ doku niteliğinde olduğu için, yeterli mekanik stabilite sağlayamaz.

Kırık uçlarının stabil tespiti ile oluşturulan immobilizasyon sonucunda, lokal primer kemik adezyonları 2-4. haftalarda görülmektedir. Bu adezyon fibröz veya kırık doku oluşmadan gerçekleşir. 21-30. günler arasında korteks bütünlüğü sağlanmasa da, komple endosteal ve periostal kemik konsolidasyonu görülür (29).

Moorcroft ve ark. (51), yaptıkları çalışmalarda kallusun viskoelastik özelliklerinin zamanla değiştiğini göstermişlerdir. Erken dönemlerde, yük bindiği zaman kallus fazla enerji absorbe ederken, ilerleyen zamanlarda daha az enerji absorbe ettiği görülmüş. Bu da gösterir ki, zaman geçtikçe kallus içeriğindeki visköz elemanlar azalmakta, elastik elemanlar artmaktadır. Eşit yük altında deformasyon eğilimi, kırık kaynadıkça azalmaktadır.

Goodship ve Kenwright (18), yaptıkları çalışmada; kırık oluştuktan sonraki 2 hafta içerisinde kırığın mekanik faktörlere daha fazla duyarlı olduğunu göstermişlerdir.

Kenwright ve Gardner (52)'a göre, kırık oluştuktan sonraki 4 hafta içinde stabilite kırığın yapısına ve interfragmanter boşluğa bağlıdır. 4-6. haftalarda kallus oluştukça fragmanların deplasmanı gittikçe azalır, stabilite artar.

Statik kilitleli intramedüller çivi uyguladığımız olgularda, kallus gelişimini görünceye kadar, hastalarımıza yük vermedik. Dinamize edip yük vermek için, oluşan kallusun gücünün artmasını bekledik. Ortalama 8-12. haftalarda dinamize ettik. Stabil tespit ettiğimizi düşündüğümüz eksternal fiksasyon uygulanan hastalarımızı, postoperatif

erken dönemde küçük interfragmanter hareketleri sağlamak için ayağa kaldırarak yük verdirdik.

Tibia kırıklarında tedavi yöntemi olarak tercih edilecek yöntem hastaya, kırığa ve tedavi eden kişiye göre değişir. Her kırık kendi başına değerlendirilmelidir. Tibia kırıkları çok farklı şekillerde karşımıza çıkabilir. Bu yüzden tedavi şekli de çok çeşitlilik gösterir (9, 11, 13).

Açık veya kapalı yöntemlerle redüksiyonu sağlanan tibia kırıklarının, kaynama oluncaya kadar geçen sürede redüksiyonun bozulmaması, açılanmanın, kısalığın ve rotasyonun engellenmesi esas amaçtır (26).

Cerrahi yöntemlerle tedavi ettiğimiz tüm olgularımızda ameliyatlarımızı, standart ameliyat masasında yaptık. Standart cerrahi masada hastaya pozisyon vermek, eşlik eden diğer patolojilere girişim yapmak daha kolay ve daha az zaman alıcı olmaktadır. Standart cerrahi masada, traksiyon masasına göre ekstremiteye istenilen pozisyonun verilmesi daha hızlı olmakta ve daha az sinir zedelenmesi görülmektedir (53).

Tibia cisim kırıklarının cerrahi tedavisinde intramedüller çivileme önemli bir yere sahiptir (11). Cerrahi olarak tedavi ettiğimiz 26 tibia kırıklı hastanın 14'üne intramedüller çivileme uyguladık.

Henley ve ark. (33), kemikteki parçalanma miktarına bakılmaksızın tibial tüberositin distali ile ayak bileğinin 5 cm proksimaline kadar olan kırıklarda kilitli intramedüller çivileme kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda, tibia diyafizer bölge kırıklarında intramedüller çivi kullandık. Metafizler bölgeye uzanan tibia kırıklarında intramedüller çivi kullanmayı tercih etmedik.

Özellikle kapalı yöntemle intramedüller çivileme uygulandığı zaman, yumuşak doku diseksiyonu az olmaktadır ve kırık hematomu dışarıya çıkmamaktadır. Çivinin giriş deliği kırktan uzakta olduğu için kırık bölgesi az hasar görür (26).

Intramedüller çivileme uyguladığımız hastaların tümünde, kapalı yöntemle redüksiyon uyguladık. Skopi yardımı ile, kırık hattı açılmadan kırığı redükte ederek, kılavuz tel yardımı ile çiviye distale geçirdik.

Sarmiento ve ark. (48)'na göre intramedüller çivilemenin dezavantajlarından biri, kronik çivi giriş deliği rahatsızlığı yapmasıdır. Lovell ve ark. (54) yaptıkları çalışmada, patellar tendonun uzunlmasına kesildiği ve patellar tendonun laterale çekildiği, iki giriş yönteminin de, ön diz ağrısı üzerine etkisinin olmadığını göstermişlerdir. Toivanen ve ark. (55) da, giriş deliği ile diz ağrısı arasında anlamlı bir fark olmadığını göstermişlerdir.

Patellar tendonu uzunlamasına keserek çivi uyguladığımız bir olgumuzda, postoperatif dönemde ön diz ağrısı oldu.

Freedman ve ark. (56)'na göre; tibia proksimaline yakın kırıklarda, giriş deliği orta hattın medialinden olursa, anterior, posterior ve lateral kompartmandaki kasların çekmesine bağlı olarak tibia valgusa gidebilir. Giriş deliği lateralden olursa tibia varusa gidebilir. İntramedüller çivi uyguladığımız proksimal bölge kırıklarının hiçbirinde, postoperatif dönemde varus veya valgus açılanması tespit etmedik. Açılanma tespit ettiğimiz olgularımızda, açılanmanın sebebi; küçük çaplı çivi kullanılması ve distal parçaların açılı tespit edilmesi idi. Giriş deliği ile ilişkili açılanma sorunu yaşamadık.

İntramedüller çivileme ile kemiğin ekstraosseöz kanlanması korunarak kırığın revaskülarizasyonu ve periostal kallus oluşumu sağlanır. Kas ve tendonlara zarar verilmemesinden operasyon sonrası erken dönemde rehabilitasyona başlanabilmektedir (26).

Primer intramedüller çivileme için en uygun tibia kırıkları; transvers veya kısa oblik diyafiz kırıkları ve segmenter kırıklardır. Metafiz diyafizler bileşkedeki transvers veya kısa oblik kırıklar, uzun oblik veya spiral kırıklar ve çok parçalı kırıklar rijit internal fiksasyon için uygun kırıklardır (33).

İntramedüller çivi uyguladığımız olguların hepsi diyafizde idi ve olgulardan 5 tanesi transvers, 6 tanesi oblik ve 3 tanesi spiral kırık idi.

İntramedüller çivileme oymalı ve oymasız yöntem olmak üzere iki şekilde yapılabilir (26).

Oymalı yöntemle yapılan intramedüller çivilemede, medüller kavite tamamen doldurularak kırık hattında mümkün olan en yüksek stabilite sağlanır. Chapman ve ark. (57), yaptıkları çalışmada oymalı intramedüller çivilerin stabiliteyi arttırdığını göstermişlerdir. Fakat kemik iliği içeriğinin sistemik dolaşıma girerek emboli riskini arttırdığını ve kemik endosteal kan akımının %30-%80 oranında azaldığını bildirmişlerdir.

Oymasız çivilerin en büyük avantajı; kortikal damarların kan akımının korunmasıdır (57). Oymasız çivilerde kan dolaşımının korunmasına bağlı olarak daha az enfeksiyon oranı görülmektedir (33, 58, 59). Tibia diyafizinde korteksin 2/3'ü endosteal kan damarlarından beslenir. Dış korteksin %10-%30'u periostal kan dolaşımı ile beslenir. Medullayı oyma işlemi, kemiğin kan akımı üzerine oldukça etkilidir (57).

Çalışmamızda, tüm intramedüller çivileri, medullayı oymadan uyguladık. Medüller kanalın damar yapısını bozmamak için medüller kanaldan geçebilen en geniş çaptaki çiviye kullanmayı tercih ettik.

Blachut ve ark. (60), 154 tibia kırıklı hastada yaptıkları çalışmada, oymasız intramedüller çivilemenin daha hızlı yapılabilmesine karşılık oyma işleminin endosteal kan akımını artırarak infeksiyon oranını azaltabileceğini ve kaynama hızını arttırabileceğini bildirmişlerdir. Blachut ve ark. (60)'na göre; oymasız intramedüller çivilemede küçük çaplı çivi kullanılması, kemikte daha az stabilite sağlar ve kaynamayı geciktirir. Ayrıca çivinin küçük çaplı olması, çivi ve vidada implant yetersizliğine neden olabilir.

Oymalı veya oymasız intramedüller çiviler bükülme kuvvetlerine karşı direnç gösterirler. Buna karşılık intramedüller çivinin geometrik özellikleri ile kemiğin uyumu, çivi kemik temas yüzeyi miktarı kırığın stabilizasyonunu etkileyerek kaynama süresini değiştirebilir (57).

Intramedüller çivileme kilitli ve kilitsiz olmak üzere iki türlü yapılabilir. Kilitsiz intramedüller çiviler aksiyel ve torsiyonel stabilite sağlamaz. Çivi, internal destek görevi görür. Tibia diyafizindeki transvers veya kısa oblik kırıklarda uygulanabilir (33). Kilitli çivileme de kırığın tipine göre statik veya dinamik olarak kilitlenebilir. Kilitli çivilemede kullanılan vidalar aksiyel ve rotasyonel kuvvetlere karşı koyarak stabiliteyi maksimum düzeye çıkarırlar (57).

Duwelius ve ark. (61)'na göre, aksiyel planda stabil olmayan kırıklarda statik kilitleme yapılmalı, daha sonra kaynamayı hızlandırmak için dinamizasyon yapılmalıdır.

Tüm intramedüller çivileme uyguladığımız olgularımızda, statik kilitli çivileme yöntemini tercih ettik. Rotasyonel ve aksiyel stabilite sağlamak amacıyla, hem proksimal hem de distal kilitleme vidalarını kullandık. Aksiyel stabilitenin bozulmaması ve vidalara aşırı yük binmemesi için erken dönemde hastaları parmak ucunda yük verecek şekilde bastırdık. Kallus gelişimini radyolojik olarak gördükten sonra, çivinin proksimalindeki statik vidayı çıkartıp, dinamizasyon vidası ile hastalara tam yük verdirdik.

Greitbauer ve ark. (58)'nın yaptıkları çalışmaya göre, oymasız ve kilitli yapılan intramedüller çivilemelerde, uygulanan bütün yük kilitleme vidalarına bindiği için implant yetersizliği görülebilir. Intramedüller çivileme uyguladığımız tüm olgularımızda, oymasız ve kilitli çivileme uygulamamıza rağmen, ölçülü ve minimal yük verdirdiğimizden hiçbir olgumuzda vida kırılması komplikasyonu ile karşılaşmadık.

Drosos ve ark. (62), yaptıkları deneysel çalışmada, dinamik kilitleme sonrası rotasyonel olarak en stabil kırıkların, distal tibianın oblik kırıkları olduğunu göstermişlerdir. Rotasyonel stabilite açısından oblik kırıkları, transvers ve spiral kırıklar takip eder.

Ekeland ve ark. (63), 45 tibia kırıklı hastada yaptıkları çalışmada, kilitli intramedüller çivilemenin kırık hattında stabiliteyi artırdığını, proksimal ve distal tibial kırıklarda yüz güldüren sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir.

Dinamik kilitleme ile kırığın proksimal ve distal parçalarının daha fazla teması sağlanarak, oluşan kallusun daha güçlü ve stabil olması sağlanır. Sağlanan yüksek stabilite sayesinde eksternal tespit materyaline ihtiyaç yoktur. Böylece uzun süre immobilizasyon işlemine gerek kalmamaktadır (26). Dinamik kilitleme ise, aksiyel kısılmayı ve rotasyonel deformiteyi tam anlamıyla önleyemez (33, 62).

Statik kilitleme, parçalı kırıklarda veya segmenter kırıklarda boy sağlamak ve boyu korumak amacıyla yapılır. Statik kilitleme, aksiyel, rotasyonel ve bükülme kuvvetlerine karşı direnç gösterir. Statik kilitlenen çivilerde kaynama gecikmesi varsa kırığa uzak taraftaki statik vida çıkarılarak aksiyel mikrohareketlere izin verilir. Böylece kaynama gelişmesi sağlanır (33). Whittle ve ark. (64)'na göre, stabil olmayan diyafiz kırıklarında gecikmiş kaynamayı önlemek için aksiyel planda dinamizasyon yapılmalıdır. Çalışmamızda, aksiyel ve rotasyonel stabilite sağlamak amacıyla tüm olgularımızda statik kilitleme yaptık.

Kilitli intramedüller çivilemenin dezavantajları; özellikle distal vidaların kilitlenebilmesi için skopi cihazı ve deneyim gerektirmesidir. Distal vidaların kilitlenmesi cerrahi süreyi uzatabilmektedir. Distal vidalar kilitlenirken daha fazla radyasyona maruz kalılabilmektedir. Statik kilitlenmiş çiviye dinamize edebilmek için, statik vidanın ilave bir invaziv girişimle çıkarılması gerekmektedir. Çivinin tamamen çıkarılması da ayrı bir operasyon gerektirir (65).

Çalışmamızda da, distal vidaları kilitleme işleminin, cerrahi süreyi belirgin olarak uzattığı görüldü. Cerrahi ekip daha fazla radyasyona maruz kaldı. Poliklinik takipleri sırasında, hastaları dinamize etmek için ikna etmek gerekliliği doğdu. İntramedüller çivisini tamamen çıkarttırmak için sadece 3 hasta kliniğimize başvurdu.

Duda ve ark. (66), kilitli intramedüller çivileme uygulanan tibia kırıklarında, statik kilitlenen vidaların arasında kalan kemik segmentine yük binmediğini, yükün vidalar ve çivi aracılığı ile proksimalden distale aktarıldığını göstermişlerdir. Distaldeki

kırığa, oymadan kilimli intramedüller çivileme uygulanırsa, fragmanlar arasında oldukça düşük aksiyel ve oldukça yüksek makaslama gerilimi oluşur. Kırık hattı proksimal veya distalde ise, çivi kemik temas yüzeyi az olur ve makaslama kuvveti fazla görülür. Diyafiz kırıklarında, intramedüller çivileme ile sağlanan rijit medüller stabilite, interfragmanter gerilim oluşumunu minimuma indirir. Böylece kırık parçalar arasında makaslama kuvveti oluşmaz.

Kırık fragmanları arasındaki interfragmanter hareket, yürüme esnasında sinüzoidaldir. Statik vida çıkarılarak dinamizasyon yapıldığında, kırık hattında tüm planlarda hareketlenme oluşur. İntramedüller çivi yerinde durduğu halde erken dinamizasyon ve kırık makro hareketleri, kaynamanın ilerleyen dönemlerinde, artan stres ve gerilime bağlı olarak kallus dokusunda hasar ortaya çıkarabilir. Dinamizasyon işlemi kırık hattında sıklık mikrohareketleri organize etmeli ve kallus dokusunda sürekli kompresyon sağlayarak kırık parçalar arasında köprüleşmeye imkan tanımalıdır (52).

Claes ve ark. (50), yaptıkları deneysel çalışmada makaslama kuvvetlerinin kaynamayı geciktirdiğini göstermişlerdir. Daha geniş interfragmanter hareket olan kırıklarda, fibrokartilaj oluşumunun daha fazla olduğunu, kemik oluşumunun ise daha az olduğunu göstermişlerdir. Park ve ark. (22), makaslama kuvvetlerinin periostal kallusta daha fazla kırık oluşumuna sebep olarak kaynamayı geciktirdiğini göstermişlerdir.

Çalışmamızda, kaynama gecikmesi gördüğümüz intramedüller çivi uygulanmış olguların kırık tipleri; 2 hastanın 1'ü oblik, 1'i transvers idi. Oblik kırıklı hastaya, küçük çaplı intramedüller çivi uygulanarak makaslama kuvvetlerine engel olunamadığı görüldü.

İlizarov eksternal fiksatorü kırık sahasının ve tüm ekstremitenin kan akımının korunmasında yardımcıdır. Hastanın erken mobilizasyonuna, ekstremitenin kas ve eklemlerinin fonksiyonel kullanımına izin verir (29, 35).

İlizarov eksternal fiksatorü yeterli düzeyde aksiyel mikroharekete izin verirken, makaslama zorlamalara karşı direnç gösterir. Kırık hattında kullanılan interfragmanter stoplu K telleri ile karşılıklı çektilme yapılarak stabilite artırılır. Özellikle oblik kırıklarda kullanılan interfragmanter stoplu K telleri makaslama kuvvetlerine karşı direnç göstererek kaynamayı hızlandırır. Metcalfe ve ark. (37), 54 oblik tibia kırıklı hastada yaptıkları çalışmada, interfragmanter stoplu K teli kullanılan hasta grubunda 22 haftada kaynama görürken, interfragmanter stoplu K teli kullanılmayan grupta 37 haftada kaynama görmüşlerdir.

Transosseöz osteosentez için geliştirilen İlizarov eksternal fiksatorü, kırık iyileşmesi için yeterli rijit fiksasyon sağlar. Stabil immobilizasyonla K tellerinin etrafında ve kırık uçlarında kemik rezorpsiyonu görülmez. Her türlü kırık için ayrı konfigürasyonlar yapılabilen bu sistemde, gerektiğinde dinamizasyon yapılabilir. İlizarov fiksatorü uygulanması esnasında, redüksiyon için kemik çevresi yumuşak dokuların açılmasına gerek yoktur. Postoperatif dönemde, kırık çevresi eklemlerde erken hareket başlanabilir ve olası komplikasyonlar en aza indirilir (29).

Kırığa uygulanan yük ve fiksasyon stabilitesi, kırık fragmanlar arasındaki boşluk, kemiğin parçalanma miktarı ve çevre yumuşak dokulardaki hasar miktarı kaynamayı etkileyen önemli faktörlerdir (58).

Çalışmamızda, direk travma sonucu oluşan, ezilme tarzındaki kırıklarda yumuşak doku hasarı daha fazla idi. Çok parçalı ve yumuşak doku hasarlanması fazla olan olgularda, eksternal fiksasyon uygulamayı tercih ettik.

Krettek ve ark. (53), osteoporozlu ve kemik kalitesi kötü olan hastalarda, kırık sonrası kemiğe yük binmemesinin, kemik kalitesini daha kötüye götüreceğini bildirmişlerdir. Erken yük verme ve dinamizasyon işlemi ile bu problemin üstesinden gelinebileceğini belirtmişlerdir. Sarmiento ve ark. (48)'na göre, yaş artışının kaynama ile ilgisi yoktur.

Sullivan ve ark. (67), köpeklerde yaptıkları deneysel çalışmada, artmış yük verilen grupta endosteal ve periostal kemik yapımının daha fazla olduğunu, daha fazla kan dolaşımının tespit edildiğini bildirmişlerdir. Kırık iyileşmesinin göstergelerinden olan enerji emiliminin, artmış yük verilen kırıklarda belirgin olarak arttığı görülmüştür.

Çalışma grubumuzda bulunan 50 yaşının üzerindeki 7 hastadan sadece 2'sinde kaynama gecikmesi tespit edildi. 2 olgunun da travma mekanizması ezilme tarzında idi ve eşlik eden başka patolojileri mevcut idi. Bu yüzden hastalar erken mobilize edilemediler ve hedeflenen rehabilitasyon programına uyum gösteremediler.

Buna karşılık, poliklinik takipleri sırasında, erken yük verdiğimiz hastalarımızın daha rahat mobilize olabildiklerini gözlemledik. Kırık ekstremitelerine ağrı sınırında yük verdiklerinde, eksternal fiksatorlü hastalar; fonksiyonel olarak daha rahat hareket edebiliyordu. Bunun sebebinin, postoperatif dönemde eksternal fiksatorlü hastalara erken yük verdirmemiz olduğunu düşünüyoruz.

Kershaw ve ark. (68), eksternal fiksasyon ile tedavi edilmiş 45 tibia diafiz kırıklı hastada yaptıkları çalışma sonunda; erken mikrohareketler ve aksiyel dinamizasyonun kaynamayı hızlandırdığını bildirmişlerdir.

Larsson ve ark. (19), 44 köpek ile yaptıkları deneysel çalışmada, köpeklerin her iki tibialarında transvers osteotomi yapmışlar. Arada 2 mm boşluk kalacak şekilde 1 tarafı rijit, diğer tarafı dinamize olabilecek şekilde eksternal fiksasyon ile tespit etmişler. 1. haftada bir tarafı dinamize etmişler ve 1, 3, 5, 8 ve 11. haftalarda biyomekanik olarak değerlendirmişler. Dinamize olan tarafta ilk 5 haftada yüklenme kapasitesi rijit tarafa göre daha fazla imiş. Dinamize tarafta 6. haftada torsiyonel katılık rijit tespit edilen tarafa göre daha fazla imiş. Periostal kallus gelişimi dinamize tarafta daha fazla iken 12. haftadan sonra kallus miktarı her iki tibiada eşitmiş. Sonuç olarak, erken aksiyel dinamizasyon, kırık iyileşmesinin erken dönemlerinde kallus gelişimini ve remodelizasyonu arttırmakta, daha fazla mekanik katılık olmasını sağlamaktadır.

Duda ve ark. (39), 6 hastada kompleks tibial osteotomiler yapmışlar ve kemikleri halka eksternal fiksatörlerle tespit etmişler. Başlangıçta yapılan ölçümlerde yaklaşık 4 mm. lik interfragmanter hareket olurken, kırık kaynaması oldukça interfragmanter hareket miktarı azalmıştır. Hayvan deneylerinde; ideal aksiyel interfragmanter hareketin 0.2-1 mm olması gerektiği gösterilmiştir (18).

Eksternal fiksasyon uyguladığımız hastalarımızı, postoperatif erken dönemde ayağa kaldırarak, kırık bacaklarına yük verdimen suretiyle dinamizasyonlarını sağladık.

Kapalı tibia kırıklarında tercih edilecek tespit yöntemi, infeksiyon riskini en aza indirmelidir. Eksternal fiksatörlerin tel dibi infeksiyonuna yol açma riski olduğu gibi, intramedüller çivilerin de medulla boyunca infeksiyon yayma riski vardır (65). Oymalı yapılan intramedüller çivilemede, endosteal kan akımı bozularak infeksiyon riski artar (58). Çalışmamızda eksternal fiksasyon uygulanan hastalardan 5'in de operasyon sonrası erken dönemde tel dibi infeksiyon görüldü. İntramedüller çivileme uygulanan gruptaki olgularımızda ise infeksiyon bulgusuna rastlanılmadı.

Holbrook ve ark. (65)'nin, 63 tibia kırıklı hasta üzerinde yaptıkları çalışmada, intramedüller Ender çivisi uygulanan hastalarla, eksternal fiksatör uygulanan hastalar karşılaştırılmış. İntramedüller çivileme uygulanan hastaların toplam immobilizasyon süresi 2.9 ay iken, eksternal fiksasyon uygulanan grupta immobilizasyon süresi 4.4 ay olarak tespit edilmiştir.

Hastalarımızı ameliyat sonrası tuvalete gitmek veya koridorda yürümek gibi günlük aktivitelerine dönüş zamanlarına göre değerlendirdik. Eksternal fiksasyon uyguladığımız hastalar, intramedüller çivileme uyguladığımız hastalara göre günlük aktivitelerine daha erken sürede döndüler.

Holbrook ve ark. (65)'nin yaptıkları çalışmada, intramedüller çivi uygulanan grubun ortalama kaynama zamanı 5.9 ay iken, eksternal fiksasyon uygulanan grupta ortalama kaynama zamanı 6.6 ay idi.

Eksternal fiksasyon uyguladığımız hastalarımızda, ortalama kırık kaynama zamanı, intramedüller çivileme uyguladığımız hasta grubuna göre daha uzundu. Kaynama zamanları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı idi.

Daha uzun sürede kaynayan, eksternal fiksasyon uygulanan 12 no.lu olguda (tablo 7), kaynama gecikmesini açıklayabilecek bir çok gerekçe mevcuttu. Hastanın bacağı devrilen traktör altında ezilerek kırıldığından, diğer basit olgulara göre yumuşak doku travması daha fazla idi. Hasta, eşlik eden omuz travması nedeni ile erken dönemde ayağa kaldırılamadığı için erken dinamizasyon sağlanamamıştı.

Eksternal fiksasyon uygulanan 18 ve 23 no.lu olgularımızda ise kaynama gecikmesini açıklayabilecek gerekçe; hastaların her ikisinin de araç dışı trafik kazası sonucu yüksek enerjili travmaya maruz kalmalarıydı. Hastaların her ikisi de alkolik olup, kişisel bakımları kötü olan hastalardı. Waddell ve Reardon (40), eksternal fiksasyon ile tedavi edilen 36 tibia kırıklı hasta ile yaptıkları çalışmada, iki hastalarında kaynama olmadığını görmüşler. Bu iki hastanın da alkolik olup, alkole bağlı metabolik düzensizlikleri olduğunu bildirmişlerdir. 23 no.lu olgumuzda kompleks segmenter tibia kırığı, 18 no.lu olgumuzda ise transvers kırık mevcut idi.

Eksternal fiksasyon uygulanan 24 no.lu olgu, bacağına ağır kapı düşmesi sonucu kliniğimize başvurdu. Ezilme tarzında olan, tibia distaline yakın çok parçalı kırıklı bu olguda da kaynama gecikmesi görüldü.

Intramedüller çivileme uygulanan 3 no.lu olguda, hastanın kafa travması mevcut olup, hasta geç dönemde opere edilebildi. Postoperatif dönemde hasta ile gerekli kooperasyon sağlanamadı ve hastaya erken dönemde rehabilitasyon başlanamadı.

Intramedüller çivileme uygulanan 21 no.lu olguda, tibia distal ucunda oblik kırık mevcuttu. Tibia distal 1/3'ünün kanlanması az olması, oblik kırığın medullaya göre ince bir çivi ile tespit edilmesi ve bu yüzden yeterli stabilite sağlanamaması, oblik kırığa yük verme ile makaslama kuvvetlerine maruz kalınması kaynamayı geciktiren sebepler

olarak düşünöldü. Nitekim Duda ve ark. (66), yaptıkları çalışmada; tibia distalindeki kırığın oyulmadan kilitli çivilenmesinin, kırık fragmanlar arasında çok düşük aksiyel strese, çok yüksek makaslama gerilimine neden olduğunu bildirmişlerdir.

Tibia diyafiz kırıklarında kaynama zamanı son derece önemli olmakla birlikte kırığın ne şekilde tespit edildiği ve sonuçta ne şekilde kaynadığı da önemlidir (11, 23, 50, 66).

Henley ve ark. (33)'na göre, 10 mm den az kısalık, 5°-7° iç veya dış rotasyon, 10°'den az öne, arkaya veya yana açılanma kabul edilen redüksiyon kriterleridir.

En sık kabul edilen redüksiyon uygunluk kriterleri:

- Ön arka planda 5°den az açılanma
- Yan planda 10°den az açılanma
- 20°den az rotasyon
- 20 mm den az kısalıktır (41, 69).

Wiss ve Stetson (70)'a göre, radyolojik olarak hatalı kaynama kriterleri; herhangi bir planda 7° den fazla açılanma, 10° den fazla rotasyon ve 1 cm den fazla kısalıktır.

Lang ve ark. (49)'na göre herhangi bir planda 5° den fazla açılanma açısız deformite olarak kabul edilmiştir.

Çalışmamızda, tüm planlardaki açılanmaları ölçüp ortalamalarını aldık. Eksternal fiksasyon uygulanan hasta grubunda ölçölen açılanma, intramedüller çivileme uygulanan hastalardaki ortalamaya göre daha fazla idi. İntramedüller çiviler şekilleri nedeni ile açılanmaya daha fazla hakim olurken, eksternal fiksator uygulamalarında açılanmaya hakim olmanın cerrahın tecrübesine ve tespit sisteminin yerleşimine bağlı olduğunu söyleyebiliriz.

Tibia çevresindeki eklemlerin fonksiyonel sonuçlarını, travma mekanizmasının yüksek enerjili olması, eklemin hareketsiz kalma süresi, postoperatif rehabilitasyon ve eklem yüzeyinin yer ile olan açısız oryantasyonu etkiler (41).

Milner ve ark. (41), yaptıkları çalışmada, açılı kaynayan tibia kırıklarının, semptomatik ayak bileği osteoartrite sebep olmadığını göstermişlerdir. Alt ekstremitenin varus açılanması diz medial tarafında osteoartrite sebep olsa da, ayak bileği ekleminde radyolojik ve klinik olarak osteoartrit sebebi olarak değerlendirilmemiştir. Buna karşılık Wright ve ark. (71), Milner ve ark. (41)'nin yaptığı çalışmada; olgu sayısının yetersiz olduğunu, osteoartritle ilgili sonucu, yazarların görmek istediği şekilde gördüklerini bildirmişlerdir.

Milner ve ark. (41)'nin tersine, Merchant ve Dietz (69), 37 tibia kırıklı hastayı, ortalama 29 yıllık takip sonucunda klinik ve radyolojik olarak değerlendirmişler. Klinik sonuçları, dizde %92 ve ayak bileğinde %78 iyi veya mükemmel bulmuş, radyolojik sonuçları dizde %92 ve ayak bileğinde %76 iyi veya mükemmel bulmuşlardır. Sonuç olarak; açılı kaynaklı ekstremiteelerde, çevre eklemlerin kırıkta yüzeylerine kompresif güçler yerine makaslama kuvvetlerinin yüklendiğini, bu yüklerinde eklemlerde osteoartrite sebep olduğunu savunmuşlardır.

Sarmiento ve ark. (72)'na göre, tibiya gelen direk travmalar, tibia çevresindeki eklemlerin kırıkta hasara neden olmaz. Fakat tibiyanın kırılma nedeni; yüksekte düşme veya ayağın güçlü bir kompresyon altında kalması ise, çevre eklemlerin kırıkta yüzlerinde ve eklem kırıkta hasara neden olarak osteoartrite neden olabilir. Tibia kırığının olduğu dönemde çevre eklemlerdeki kırıkta hasarı semptomatik olmayabilir. Yüksek enerjili travmaya maruz kalan hastalarda ilerleyen dönemlerde, ayak bileği ve diz ekleminde osteoartrite bağlı hareket kısıtlılığı ortaya çıkabilir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlara göre, kırığın açılı tespiti ve açılı deformite mevcut iken kaynaması, ekstremitenin mekanik aksını bozmaktadır. Mekanik aksı bozuk olan ekstremitede, diz ve ayak bileği eklemine binen yüklerin dağılımı değişmekte, dengesiz yük dağılımına bağlı olarak eklemlerde artroz gelişmektedir. Gelişen artroz nedeni ile eklem hareket kısıtlılığı oluşmakta ve hastaların fonksiyonel kapasiteleri azalmaktadır.

Holbrook ve ark. (65), 63 tibia kırıklı hastada yaptıkları çalışmada, eksternal fiksasyon uygulanan hastalarla intramedüller çivileme uygulanan hastaları karşılaştırmışlar. İntramedüller çivileme uygulanan hasta grubunda diz ve ayak bileği hareket açıklığını daha geniş bulmuşlar.

Çalışmamızda eksternal fiksasyon uyguladığımız olgularımızdan birinde, tibiofibular sinostoz gelişti. Fibulanın ayak bileği hareketleri esnasında laterale ve süperiora olan hareketleri kısıtlı olduğu için, hastada ayak bileği hareket kısıtlılığı ve ayak bileği ağrısı oluştu. İntramedüller çivileme uygulanan 1 hastadaki ön diz ağrısı haricinde iki grup arasında diz hareket açıklığı bakımından fark yoktu. Her iki grupta diz hareket açıklığı tam idi.

Eksternal fiksasyon uygulanan hasta grubunda kırık taraf ayak bileği dorsifleksiyonu, intramedüller çivileme uygulanan hasta grubundaki ortalama ayak bileği

dorsifleksiyonuna göre daha kısıtlı idi. Ortalamayı düşüren 3 hastada, tibia kırığına eşlik eden lateral malleol kırığı mevcut idi.

Hastalarımızı ağı açısından değerlendirdiğimizde, gruplar arasında belirgin fark görülmedi.

Holbrook ve ark. (65), ağı kıyaslaması yaptıklarında, intramedüller çivileme ve eksternal fiksasyon gruplarında, istirahatte ağı olmazken, aktivite esnasında eksternal fiksasyon uygulanan gruptaki hastalarda daha fazla ağı olduğunu bildirmişlerdir.

Sarmiento va ark. (72) yaptıkları çalışmaya göre, en fazla kısalık segmenter ve spiral kırıklarda görülür. Oblik kırıklarda daha az kısalma görülürken, transvers kırıklarda en az görülür.

Çalışmamızda, kısalık açısından gruplar arasında birbirine yakın sonuçlar elde edildi. Eksternal fiksasyon uygulanan hasta grubunda 2 hastada 10-20 mm arası kısalık görüldü. Bu hastaların kırıklarının biri spiral biri transvers idi. İntramedüller çivileme uygulanan hasta grubunda 10-20 mm kısalık tespit edilen 1 olgu mevcut idi. Bu hastanın kırığı tek kelebek fragmanlı oblik kırık idi.

Lang ve ark. (49)'na göre, radyolojik ve fonksiyonel sonuçlar açısından tibia proksimal bölge kırıklarında intramedüller çivileme yerine eksternal fiksasyon tercih edilmelidir.

Schmidt ve ark. (45)'na göre, metafizer ve diyafizer tibia kırıklarında intramedüller çivileme iyi bir tedavi seçeneğidir. Stabil olmayan kırık şekillerinde ve çok dar meduller kanalı olan hastalarda eksternal fiksatörler tercih edilebilir. Radyolojik ve fonksiyonel olarak değerlendirildiğinde, intramedüller çivilerin sonuçları eksternal fiksatörlere göre daha iyidir.

Waddel ve Reardon (40)'a göre; tibia kırıklarında seçilecek tedavi yönteminin avantajları ve dezavantajları, olası komplikasyonları göz önüne alınmalı, tercih edilen tedavi yöntemi, uygulama prensiplerine bağlı kalınarak uygulanmalıdır. Diğer uzun kemiklere göre, tibia kırıklarında daha fazla komplikasyon görülebileceği unutulmamalıdır.

Kapalı tibia diyafiz kırıklarında, intramedüller çivileme ve eksternal fiksasyon uygulamasını karşılaştıran Lang ve ark. (49)'nın görüşleri eksternal fiksasyon tercih edilmesi yönünde olsa da, bizim bulgularımız; radyolojik ve fonksiyonel sonuçlar değerlendirildiğinde, Schmidt ve ark. (45)'nin çalışmasında olduğu gibi, intramedüller çivilerin sonuçlarının eksternal fiksatörlere göre daha iyi olduğunu göstermektedir.

Bu arada Waddel ve Reardon (40)'un görüşlerine de katılmaktayız. Olgularımızı değerlendirdiğimizde, kapalı tibia diyafiz kırıklarının tedavisinin başarısında, seçilecek tedavi yönteminin avantaj ve dezavantajları ile olası komplikasyonlarının göz önüne alınmasının yanısıra, tercih edilen tedavi yöntemini uygulayacak cerrahın tecrübesi ve uygulama becerisinin de önemli olduğunu söyleyebiliriz.



SONUÇLAR

Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı'na, Ocak 2000 ile Ocak 2004 tarihleri arasında, kapalı tibia kırığı nedeni ile başvuran erişkin yaş grubundaki hastaların tedavi yöntemleri incelenmiştir. İntramedüller çivileme ve İlizarov eksternal fiksasyon uygulanan hasta grupları, fonksiyonel ve radyolojik açıdan değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

1) Açık kırıklarda, yüksek enerjili travma sonucu oluşup kırık fragmanların ucunda kemik nekrozu gelişen kırıklarda, tekrarlayan girişimler gerektiren kırıklarda, segment kaybı olan kırıklarda, politravmatize genel durumu kötü olan hastalarda eksternal fiksasyon tercih edilir.

2) Halka eksternal fiksasyon sisteminde; tel çapı, tel sayısı, teller arası mesafe, teller arası açı, halka kemik arası mesafe, halka kalitesi sistemin sıklılığını etkileyen faktörlerdir. Bütün yüklenme modellerinde (aksiyel, bükülme, rotasyonel) tel sayısı arttıkça ve halka kemik mesafesi azaldıkça sıklılık artar. Halka kemik mesafesinin önemi en çok aksiyel yüklenmede ön plana çıkar. İlizarov eksternal fiksatorü aksiyel ve rotasyonel yüklenmelere karşı yüksek oranda dayanıklıdır. Kırık hattındaki makaslama kuvvetleri kaynamayı geciktirir. Oblik kırıklarda olan makaslama kuvvetlerine karşı interfragmanter stoplu K telleri stabiliteyi artırır. Transvers kırıklarda aksiyel mikrohareketler kaynamayı hızlandırır.

3) Tibia diyafiz kırıklarında, halkalar diz ve ayak bileği hareketlerini kısıtlamayacak şekilde yerleştirilmelidir. Kırık hattı çevresindeki halkalar, kırığa ne kadar yakınsa stabilite o kadar artar. Halkalar cilde yaklaşık 2-3 cm uzaklıkta olmalı, her

halkada en az 2 veya 3 tel olmalıdır. Teller birbirini 60° açı ile çaprazlamalıdır. Teller eşit sıkılıkta olmalı ve eşit oranda yük taşınmalıdır.

4) Eksternal fiksasyonun avantajları: Uygulama esnasında yumuşak doku hasarı azdır. Rijit fiksasyon sağlar, kırığın kompresyonuna ve dinamizasyonuna izin verir. Hasta, postoperatif erken dönemde mobilize edilebilir, diz ve ayak bileği hareketlerine erken başlanabilir. Tüm kırık şekillerine adapte edilebilir.

5) Eksternal fiksasyonun dezavantajları: Tel dibi enfeksiyonu ve nörovasküler yaralanma riski vardır.

6) İntramedüller çivileme için en uygun olgular, tibia diyafizindeki transvers veya kısa oblik kırıklardır. Kırık proksimalde veya distalde ise çivi kemik temas yüzeyi azalacağı için stabilite azalır. İntramedüller çivileme ile proksimal ve distal kırıklarda açılanma daha fazla olurken, diyafiz kırıklarında intramedüller çivi açılmal deformiteyi düzeltir. Bükülme kuvvetlerine karşı olan direnç; primer olarak intramedüller çivinin şekli ve materyali ile ilgilidir. Torsiyonel rijidite ve kompresif güç, implantın kemiğe proksimalde ve distalde ne kadar iyi tespit edildiği ile ilgilidir.

7) İntramedüller çivilemenin avantajları: Periostu zedelemeyen, kırık hattını açmadan redüksiyon sağlanabilir. Çevre eklemlere erken hareket başlanabilir.

8) İntramedüller çivilemenin dezavantajları: Proksimal ve distal kırıklarda yetersiz fiksasyon sağlar. İntramedüller enfeksiyon yayılma riski vardır. Çiviye dinamize etmek ve çıkarmak için birden fazla invaziv girişim gerekliliği vardır.

9) Oymalı intramedüller çiviler, medulla basıncını artırarak, intramedüller içeriğin sistemik dolaşıma geçmesine neden olur. Böylece intramedüller çivilemede yağ embolisi riski artar. Kompartman sendromu riski özellikle oymalı intramedüller çivilemede fazladır.

10) Oymasız intramedüller çiviler endosteal kan dolaşımını koruyarak, kemiğin vaskülititesini korurlar. Böylece enfeksiyon oranı azalır, kaynama oranı artar. Dezavantajı ise; küçük çaplı çivi kullanılırsa yeterli rijit fiksasyon sağlayamaz.

ÖZET

Retrospektif olarak yapılan bu çalışmada 26 erişkin, tibia diyafiz kırıklı hasta değerlendirildi. Cerrahi tedavi yöntemi olarak intramedüller çivileme ve İlizarov eksternal fiksasyon uygulanan hastalar, postoperatif dönemde fonksiyonel ve radyolojik olarak değerlendirildi. Tespit yöntemine göre tedavi sonuçları biyomekanik açıdan incelendi.

Tibia kırıklarının oluşturan travma mekanizması, yumuşak doku hasarı, kemik parçalanma miktarı ve kırık parçaların deplasman miktarı kaynama sürecini etkiler. Hastanın yaşı, kemik kalitesi ve aktivasyon düzeyi çok iyi değerlendirilmelidir. Tibia kırığına eşlik eden başka patolojilerin varlığı ve hastanın operasyona alınma zamanı kaynamayı etkileyen önemli faktörlerdir. Kırığın şekli, tercih edilen tespit yöntemi, tespit sıklığı ve hastanın günlük aktivitesine dönme zamanı kaynama üzerine etkilidir. Biyomekanik olarak makaslama kuvvetleri kaynamayı geciktirirken, aksiyel mikrohareketler kaynamayı hızlandırır.

Tibia kırıklarında tercih edilecek tedavi yöntemi, kırığı iyi tespit etmeli ve çevre eklemlerde hareket açıklığını korumalıdır. Tedavide esas hedef; hastanın mümkün olan en kısa sürede günlük aktivitelerine desteksiz olarak dönmesidir.

Çalışmamızın sonucu olarak, tibia diyafizindeki transvers ve kısa oblik kırıklarda intramedüller çivileme tercih edilmelidir. Mümkün olduğunca geniş çivi kullanılarak, kemik çivi temas yüzeyi arttırılmalıdır. Aksiyel planda stabil olmayan spiral, segmenter veya çok parçalı kırıklarda, yüksek enerjili travmalar sonucu oluşan kırıklarda eksternal fiksasyon tercih edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Tibia kırığı, İntramedüller çivileme, İlizarov metodu, Biyomekanik.

THE RESULTS OF INTRAMEDULLARY NAILING AND ILIZAROV EXTERNAL FIXATOR APPLICATIONS IN CLOSED TIBIAL FRACTURES

SUMMARY

In this retrospective study, 26 adult, closed tibial diaphysis fractured patients were evaluated. Surgically, intramedullary nailing and Ilizarov external fixation were applied. In the postoperative period, the patients were functionally and radiologically evaluated. According to the fixation technique, treatment results were observed biomechanically.

Trauma mechanism causing tibial fracture, soft tissue injury, degree of bone comminution and displacement of the fractured fragments influence the fracture healing time. The age of the patients, bone quality and the patients' activation level must be well evaluated. The other pathologies together with tibial fractures and the patients' operation time are the important factors affecting the healing time. Type of the fracture, preferred fixation technique, stiffness of the fixation and the patients' recovery time to daily activities affect healing time. Although shearing stresses postpone healing, axial micro movements fasten healing.

The treatment method to be preferred in tibial fractures must fix the fracture well and prevent range of motion at the surrounding joints. The main aim of the treatment must be to regain the patients daily activities as soon as possible without any support.

As a result of our study, in short oblique or transverse tibial diaphysis fractures, intramedullary nailing should be preferred. For increasing bone nail contact surface, the

nail must be as large as possible. In axial unstable fractures like spiral, segmentary and multiple pieced fractures, fractures occurred with high energy traumas, external fixation must be preferred.

Key Words: Tibial Fracture, Intramedullary Nailing, Ilizarov Method, Biomechanics.



KAYNAKLAR

1. Kuran O. Sistematik anatomi. İstanbul: Filiz Kitabevi, 1983: 78-83, 195-201, 313-7, 337-41.
2. Odar V. Anatomi ders kitabı ve atlas. 3. Baskı. Ankara: Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınları, 1960: 156-9, 204-7.
3. Staubesand J. (Çeviri: K. Arıncı). Sobotta insan anatomisi atlası. İstanbul : Beta Yayınevi ; 1990: 284-332
4. Cochran GVB. A primer of orthopaedic biomechanics. New York: Churchill Livingstone, 1982: 261-92.
5. Ege R. Ayak bileği kırık ve çıkıkları. Ege R (Editör). Ayak ve ayak bileği sorunları'nda. Ankara: THK Basımevi, 1999. s. 743-95.
6. Zeren Z. Sistematik insan anatomisi. İstanbul: Sermet Matbaası, 1971: 149-53, 238-40.
7. Chapman MW. Fractures of the tibial and fibular shafts. In: Evarts CM (Ed.). Surgery of the musculoskeletal system. New York: Churchill Livingstone Inc.; 1983 ; ch 1, 1-62.
8. Charles M. Court-Brown: Fractures of the tibia and fibula. In: Rockwood CA, Bucholz RW, Green DP, Heckman JD (Eds.). Fractures in adults. Vol 2, 5 th ed. New York: Lippincott-Raven Publ.,2001. p.1939-2000.
9. Özkaya N, Nordin M. Fundamentals of biomechanics. New York: Springer-Verlag, 1999. p. 111.
10. Grutter R, Cordey J, Buhler M, Johner R, Regazzoni P. The epidemiology of diaphyseal fractures of the tibia. Injury 2000; 31 Suppl 3: 64-7.
11. Whittle AP: Fractures of lower extremity. In: Canale ST (Ed.). Campbell's operative orthopaedics. Vol 3, 9 th ed. St.Louis: Mosby-Year Book Inc.,1998. p. 2042-179.

12. Trafton PG. Tibial shaft fractures. In: Browner BD, Jupiter JB, Levine AM, Trafton PG (Eds.). Skeletal trauma. 2 nd ed. Philadelphia: Saunders Co; 1992. p. 1771-869.
13. Ege R. Tibia ve fibula cisim kırıkları. Ege R (Editör). Travmatoloji, kırıklar ve eklem yaralanmaları'nda. 4'ncü baskı. Ankara: Kadioğlu Matbaası; 1989. s. 2774-82.
14. Kımrı EM. Erişkin Tibia Diafiz Kırıklarının Cerrahi Tedavisinde Kilitli İntramedüller Çivi Uygulamasının Yeri (tez). İstanbul: İÜ İstanbul Tıp Fak; 2002.
15. Weller S, Höntsch D. Medullary nailing of femur and tibia. In: Allgöwer M (Ed.). Manual of internal fixation. 3 rd ed. Berlin Heidelberg: Springer Verlag; 1991. p. 291-366.
16. Özger H. Patolojik Kırıklar. Alturfan A (Editör). Ortopedik Travmatoloji'de. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi; 2002. s. 73-88.
17. Day MS, Ostrum RF, Chao EYS, Rubin CT, Aro HT, Einhorn TA. Bone injury, regeneration, and repair. In: Buckwalter JA, Einhorn TA, Simon SR (Eds.). Orthopaedic basic science. 2 nd ed. Iowa City: American Academy of Orthopaedic Surgeons; 2000. p. 371-99.
18. Goodship AE, Kenwright J. The influence of induced micromovement upon the healing of experimental tibial fractures. J Bone Joint Surg Br 1985; 67(4) : 650-5.
19. Larsson S, Kim W, Caja VL, Egger EL, Inoue N, Chao EYS. Effect of early axial dynamization on tibial bone healing. A study in dogs. Clin Orthop 2001; 388 : 240-51.
20. Klein P, Schell H, Streithparth F, Heller M, Kassi JP, Kandziora F et al. The initial phase of fracture healing is specifically sensitive to mechanical conditions. J Orthop Res 2003; 21 (4) : 662-9.
21. Augat P, Burger J, Schorlemmer S, Henke T, Peraus M, Claes L. Shear movement at the fracture site delays healing in a diaphyseal fracture model. J Orthop Res 2003; 21(6) : 1011-17.
22. Park SH, O'Connor K, Mckellop H, Sarmiento A. The influence of active shear or compressive motion on fracture healing. J Bone Joint Surg Am 1998; 80(6) : 868-78.
23. Claes L, Eckert-Hbner K, Augat P. The effect of mechanical stability on local vascularization and in callus healing. J Orthop Res 2002; 20(5) : 1099-105.
24. Kenwright J, Richardson JB, Cunningham JL, White SH, Goodship AE, Adams MA et al. Axial movement and tibial fractures, A controlled randomised trial of treatment. J Bone Joint Surg Br 1991; 73(4) : 654-9.

25. Çalpur OU. Femur Boyun Bölgesi Kırıklarının Kompresyonlu ve Kayıcı Kalça Çivileri ile Tedavisi (tez). İstanbul : İÜ İstanbul Tıp Fak; 1985.
26. Bechtold JE, Kyle RF, Perren SM. Biomechanics of intramedullary nailing. In: Browner BD (Ed.). The science and practice of intramedullary nailing. 2 nd ed. Connecticut: Williams & Wilkins; 1996. p. 89-101.
27. Frankel VH, Nordin M. Biomechanics of bone. In: Nordin M, Frankel VH, Leger D, Lis A (Eds.). Basic biomechanics of the musculoskeletal system. 3 rd ed. New York: Lippincott Williams & Wilkins; 2001 : 27-55.
28. Cordey J, Grutter R, Johner R. The mechanical strength of bones in torsion. Application to human tibiae. *Injury* 2000 ; 31 Suppl 3: 68-71.
29. İllizarov GA. Transosseous osteosynthesis. Berlin Heidelberg : Spinger-Verlag , 1992 : 3-46.
30. Johner R, Staubli HU, Gunst M, Cordey J. The point of view of the clinician: A prospective study of the mechanism of accidents and the morphology of tibial and fibular shaft fractures. *Injury* 2000 ; 31 Suppl 3: 45-9.
31. Sturmer KM. Measurement of intramedullary pressure in an animal experiment and propositions to reduce the pressure increase. *Injury* 1993 ; 24 Suppl 3: S7-21.
32. Hipp JA, Cheal EJ, Hayes WC. Biomechanics of fractures. In: Browner BD, Jupiter JB, Levine AM, Trafton PG (Eds.). Skeletal Trauma. 2 nd ed. Philadelphia: Saunders Co; 1992. p. 95-125.
33. Henley MB. Intramedullary devices for tibial fracture stabilization. *Clin Orthop* 1989 ; 240 : 87-96.
34. Ruiz AL, Kealey WD, McCoy GF. Implant failure in tibial nailing. *Injury* 2000 ; 31(5) : 359-62.
35. Havıtcıoğlu H. İllizarov eksternal fiksator uygulaması biyomekanik prensipleri. Çakmak M, Kocaoğlu M (Editörler). İllizarov cerrahisi ve prensipleri'nde. İstanbul: Doruk Grafik; 1999. s. 35-46.
36. Podolsky A, Chao EYS. Mechanical performance of ilizarov circular external fixators in comparison with other external fixators. *Clin Orthop* 1993; 293 : 61-70.
37. Metcalfe AJ, Branfoot T, Shelbrooke K, Oleksak M, Saleh M. Tibial fractures treated with circular fixation: does the use of olive wires at the fracture site improve healing?. *Injury* 2003; 34(2) : 145-9.

38. Duda GN, Kirchner H, Wilke HJ, Claes L. A method to determine the 3-D stiffness of fracture fixation devices and its application to predict inter-fragmentary movement. *J Biomech* 1997; 31(3) : 247-52.
39. Duda GN, Sollman M, Sporrer S, Hoffmann JE, Kassi JP, Khodadadyan C et al. Interfragmentary motion in tibial osteotomies stabilized with ring fixators. *Clin Orthop* 2002; 396 : 163-172.
40. Waddel JP, Reardon GP. Complications of tibial shaft fractures. *Clin Orthop* 1983; 178 : 173-7.
41. Milner SA, Davis TR, Muir KR, Greenwood DC, Doherty M. Long-term outcome after tibial shaft fracture: Is malunion important?. *J Bone Joint Surg Am* 2002; 84(6) : 971-80.
42. Lehman W. Operating room guide to cross sectional anatomy of the extremities and pelvis. New York: Raven Press, 1989: 17-20.
43. Russe OA, Gerhardt JJ, Russe OJ (Çeviri: M.Yücel). Nötral sıfır yöntemi ve SFTR kayıt sistemi cep kitabı. İstanbul: Şanel Basımevi; 1978: 83.
44. Johner R, Wruhs O. Classification of tibial shaft fractures and correlation with results after rigid internal fixation. *Clin Orthop* 1983; 178 : 7-25.
45. Schmidt AH, Finkemeier CG, Tornetta P. Treatment of closed tibial fractures. In: Ferlic DC (Ed.). *Instructional Course Lectures*. Colorado; 2003. p. 607-22.
46. Bhandari M, Adili A, Leone J, Lachowski RJ, Kwok DC. Early versus delayed operative management of closed tibial fractures. *Clin Orthop* 1999; 368 : 230-9.
47. Grutter R, Cordey J, Wahl D, Koller B, Regazzoni P. A biomechanical enigma: Why are tibial fractures not more frequent in the elderly?. *Injury* 2000; 31 Suppl 3: 72-7.
48. Sarmiento A, Sharpe FE, Ebramzadeh E, Normand P, Shankwiller J. Factors influencing the outcome of closed tibial fractures treated with functional bracing. *Clin Orthop* 1995; 315 : 8-24.
49. Lang GJ, Cohen BE, Bosse MJ, Kellam JF. Proximal third tibial shaft fractures. Should they be nailed?. *Clin Orthop* 1995; 315 : 64-74.
50. Claes LE, Heigele CA, Neidlinger-Wilke C, Kaspar D, Seidl W, Margevicius KJ et al. Effects of mechanical factors on the fracture healing process. *Clin Orthop* 1998; 355 Suppl : S132-47.
51. Moorcroft CI, Ogrodnik PJ, Thomas PB, Wade RH. Mechanical properties of callus in human tibial fractures: a preliminary investigation. *Clin Biomech* 2001; 16(9) : 776-82.

52. Kenwright J, Gardner T. Mechanical influences on tibial fracture healing. *Clin Orthop* 1998; 355S : 179-90.
53. Krettek C, Schandelmeier P, Tscherne H. Nonreamed interlocking nailing of closed tibial fractures with severe soft tissue injury. *Clin Orthop* 1995; 315 : 34-47.
54. Lovell ME, Sharma S, Allcock S, Hardy SK. Insertion site for intramedullary tibial nails, and its relationship to anterior knee pain. *The Knee* 1998; 5(4) : 253-4.
55. Toivanen JA, Vaisto O, Kannus P, Latvala K, Honkonen SE, Jarvinen MJ. Anterior knee pain after intramedullary nailing of fractures of the tibial shaft. *J Bone Joint Surg Am* 2002; 84(4) : 580-5.
56. Freedman EL, Johnson EE. Radiographic analysis of tibial fracture malalignment following intramedullary nailing. *Clin Orthop* 1995; 315 : 25-33.
57. Chapman MW. The effect of reamed and nonreamed intramedullary nailing on fracture healing. *Clin Orthop* 1998; 355S : 230-8.
58. Greitbauer M, Heinz T, Gaebler C, Stoik W, Vecsei V. Unreamed nailing of tibial fractures with the solid tibial nail. *Clin Orthop* 1998; 350 : 105-114.
59. Öztürk H, Us MR, Kaya A, Önal Ç, Altay T. Tibia cisim kırıklarında medüller kanal oyulmadan intramedüller çivi uygulaması. *Acta Orthop Traumatol Turc* 1998; 32 : 127-133.
60. Blachut PA, O'Brien PJ, Meek RN, Broekhuysse HM. Interlocking intramedullary nailing with and without reaming for the treatment of closed fractures of the tibial shaft. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Am* 1997; 79(3) : 640-6.
61. Duwelius PJ, Schmidt AH, Rubinstein RA, Green JM. Nonreamed interlocked intramedullary tibial nailing. *Clin Orthop* 1995; 315 : 104-113.
62. Drosos G, Karnezis IA, Bishay M, Miles AW. Initial rotational stability of distal tibial fractures nailed without proximal locking: the importance of fracture type and degree of cortical contact. *Injury* 2001; 32(2) : 137-143.
63. Ekeland A, Thoresen BO, Alho A, Stromsoe K, Folleras G, Haukebo A. Interlocking intramedullary nailing in the treatment of tibial fractures. *Clin Orthop* 1988; 231 : 205-215.
64. Whittle AP, Wester W, Russel TA. Fatigue failure in small diameter tibial nails. *Clin Orthop* 1995; 315 : 119-128.

65. Holbrook JL, Swiontkowski MF, Sanders R. Treatment of open fractures of the tibial shaft: Ender nailing versus external fixation. *J Bone Joint Surg Am* 1989; 71(8) : 1231-1239.
66. Duda GN, Mandruzzato F, Heller M, Goldhahn J, Moser R, Hehli M et al. Mechanical boundary conditions of fracture healing: borderline indications in the treatment of unreamed tibial nailing. *J Biomech* 2001; 34(5) : 639-650.
67. Sullivan ME, Bronk JT, Chao EYS, Kelly PJ. Experimental study of the effect of weight bearing on fracture healing in the canine tibia. *Clin Orthop* 1994; 302 : 273-283.
68. Kershaw CJ, Cunningham JL, Kenwright J. Tibial external fixation, weight bearing, and fracture movement. *Clin Orthop* 1993; 293 : 28-36.
69. Merchant TC, Dietz F. Long-term follow-up after fractures of the tibial and fibular shafts. *J Bone Joint Surg Am* 1989; 71(4) : 599-606.
70. Wiss DA, Stetson WB. Unstable fractures of the tibia treated with a reamed intramedullary interlocking nail. *Clin Orthop* 1995; 315 : 56-63.
71. Wright JG, Milner SA, Davis TRC, Muir KR, Greenwood DC, Doherty M. Letters to the editor. Long-term outcome after tibial shaft fracture. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85(7) : 1396.
72. Sarmiento A, Milner SA, Davis TRC, Muir KR, Greenwood DC. Letters to the editor. Mechanism of injury may affect outcome after tibial shaft fracture. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85(3) : 571-2.