



Diz üstü kırıklar ve immobilizasyon prensipleri  
6. Hafta

Prof.Dr. Serap ALSANCAK

# İçerik

- Kemik hücreleri
- Kemikleşme tipleri
- Kemik biyomekaniği
- Kemik kanunları
- Kırık iyileşme fazları

# Kemik hücreleri

- Osteositler
  - gelişmiş iskelet yapısında en fazla oranda bulunan hücrelerdir. Bu hücreler, matriks yapısını oluşturan eski osteoblastlardan kaynaklanır.
- Osteoblastlar
  - mezenkimal hücrelerden oluşur ve kemikte matriks yapımından sorumludur. Kemik yüzeyindeki osteoblastlar, diğer bölgelerindeki osteoblastlara göre daha aktiftir.
- Osteoklastlar
  - kemik rezorpsiyonundan (çözünmesinden/yıkımından) sorumlu olan çok çekirdekli, dev hücrelerdir.
- Osteoprogenitörler
  - Periostun iç katmanında ve havers kanallarında bulunur. Kırıkların onarımında bölünerek osteoblastlara dönüşen mezenkimal hücrelerdir.
- Örtücü-bone lining hücreler
  - Kemik yüzey kısmını örter ve osteositlerin beslenmesine yardımcı olur.

# Kemik yapısında yer alan diğer oluşumlar

- **Periost:** Bir bağ dokusu membranıdır. Büyümede ve kırık kallusunun oluşumunda rol oynar. İç kısmında osteoblastlara dönüşme potansiyeli yüksek mezenkimal hücreleri, dış kısmında fibröz dokunun hakim olduğu az sayıda hücreyi barındırır.
- **Kemik iliği:** Kemiğin iç çapından sorumlu olan kırmızı kemik iliği ve sarı kemik iliğinden oluşur.

# Kemikleşme Tipleri

- İntramembranöz kemikleşme
  - Yassı kemiklerin gelişmesini (kranium kemiklerinin gelişimi), uzun kemiklerin ise kalınlaşmasını sağlar.
- Endokondral kemikleşme
  - Uzun kemiklerin epifiz ve diafiz kısımları arasında epifiz plakları yani kartilaj büyüme alanları bulunur. İskelet gelişimi tamamlandığında epifiz plakları kapanır.

# Kemik biyomekaniği

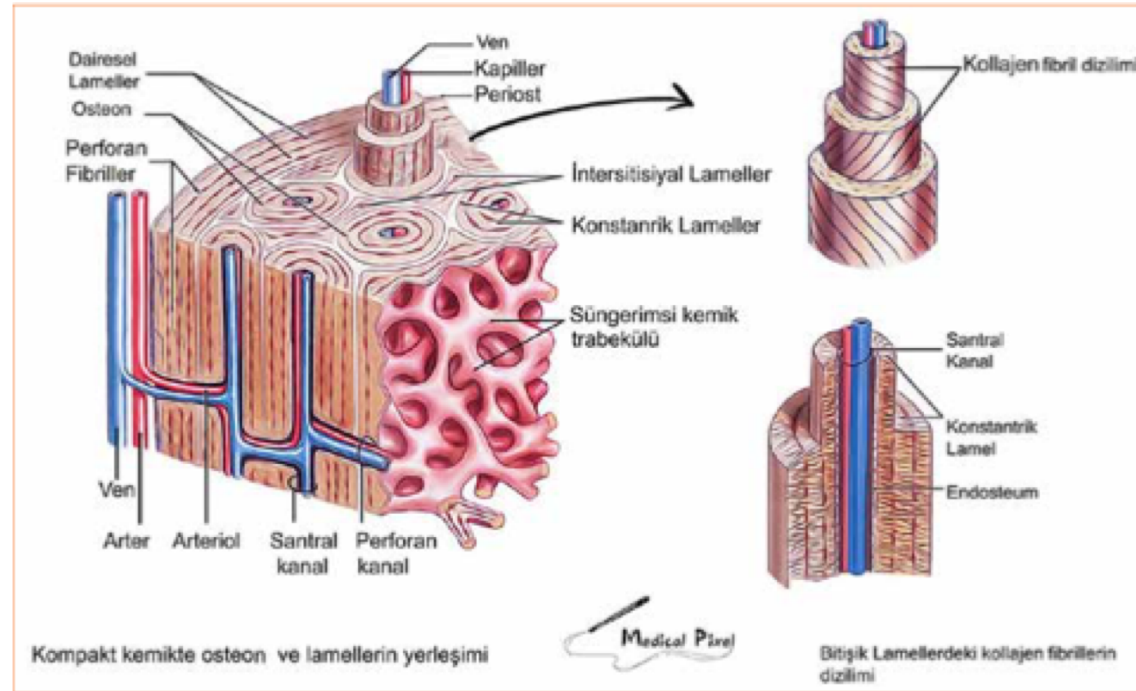
- Kompresyon kuvveti
- Gerilim kuvveti
- Bükme kuvveti
- Dönme (torsiyon) kuvveti
- Parçalama kuvveti

# Kemik kanunları

- Fick ve ark. kemik gelişiminin pasif olduğunu ve kemik gelişiminde esas olan yapıların kaslar olduğunu belirtirler
- Meyer ve ark. kemiğin şekli ile gördüğü fonksiyon arasındaki ilişkiyi söyler.
- Vokman kemik gelişiminin üzerine binen yüklerle ilişkili olduğunu ve yük altındaki kemiğin atrofiye uğradığını belirtir.
- Wolff en geçerli olan yasadır. Bu yasa kemiğin adaptasyon yeteneğini ortaya koyar. Kemik intermittant yüklenmeler altında hipertrofiye, statik yüklenmeler altında atrofiye uğrar. Buna göre kemik yeni şartlara kemik kendi içerisinde re-organize olarak uyum yapabilir. Dolayısı ile kırıkta da durum böyledir (kemik bu şartlara uyum sağlayarak kendini yenileyebilir).

# Kemik nasıl beslenir

- Kemiğin beslenmesi intraosseöz kan dolaşımı ile olur.





# Kırık

Kırık: Kemikteki damarların, havers kanallarının, periostun ve çevresindeki yumuşak dokunun hasarlandığı, kırık uçlarındaki kemik dokunun nekroze olduğu bir yaralanmadır.

İyileşmesi birçok anatomik, biyomekanik, biyokimyasal faktörün etkileşimiyle gerçekleşir.

Bu nedenle, kemik; birçok dokudan farklı olarak, hasarlı bölgenin biyokimyasal ve biyomekanik olarak tamamen yeniden şekillenmesiyle iyileşir.

# Kırığın iyileşmesini etkileyen faktörler

- Biyokimyasal faktörler
- Sistemik faktörler
- Hormonal faktörler
- Mekanik yüklenmeler

# Kırık iyileşme fazları (Özet)

- İnflamasyon

- Tüm kırık iyileşmesinin %10 unu içeren ilk fazıdır. 1 ile 4 günlük dönemi içine alır. Bu fazda kırık alanında hematoma oluşur ve kırık uçları arasında köprü oluşturur. Kırık uçlarında 48 saat içerisinde nekroz gelişir. Kan damarlarının hasar görmesi ile osteositler beslenemez. İnflamasyon fazı sonlarına doğru kırık bölgesinde ortaya çıkan fibroblast ve kondrositlerle kırık kallusu oluşmaya başlar. Bu esnada hasarlı ve nekrotik dokular yok edilmeye başlanır.

- Onarım

- Aslında ilk 48 saat içerisinde hematoma onarımı başlatır. Kırık ve hematoma çevresindeki damarlardan hematoma içerisine fibroblast infiltrasyonu ile kallus dokusu oluşur. İlk 7 gün fibröz kallus (yumuşak kallus) oluşum dönemidir. Kırık dokusu zamanla belirginleşir ve kırık kallus oluşur. Kalsiyum ve hidroksiapatit kristallerinin iyileşmeye katılımı ile sert kallus oluşur. İlk 40 günlük süreçte onarım fazı tamamlanır.

- Yeniden şekillenme (remodeling)

- 3.-4. haftadan başlar ve ortalama remodeling 1 yıl kadar sürer.

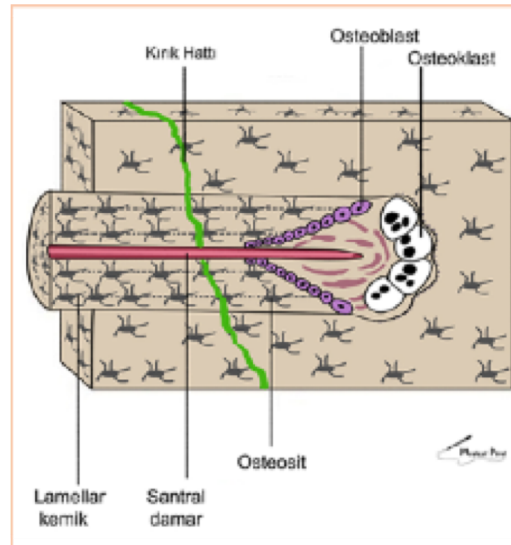
İyileşme Mekanizmaları (Detay) : Kemikte direkt (primer) veya indirekt (sekonder) iyileşme olabilir.

### *I. Doğrudan/direkt iyileşme (primer iyileşme) :*

Kırık iyileşmesinin doğal sürecinde nadiren primer iyileşme görülür.

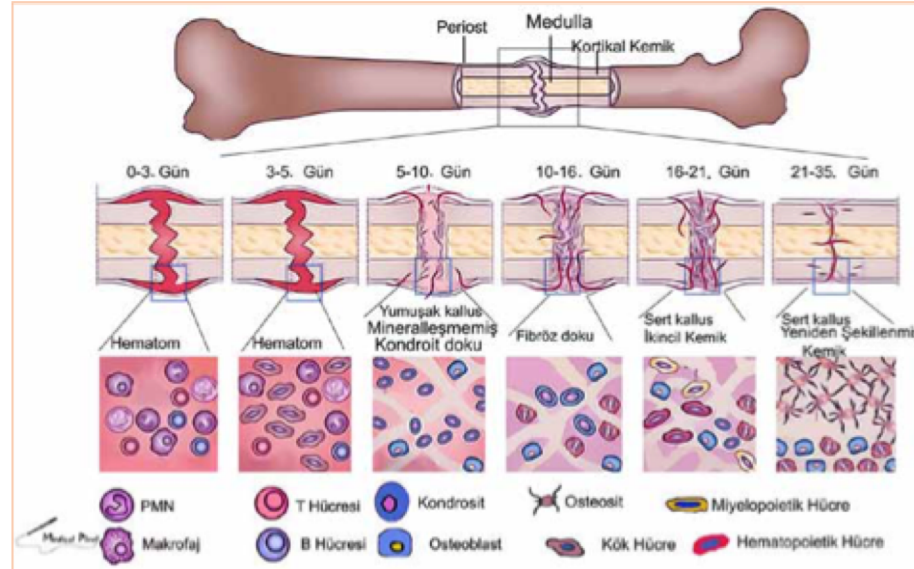
Fragmanlar arasında hareketin olmadığı durumlarda, anatomik pozisyonda, doku kanlanmasında herhangi bir bozukluk yok ise, kallus dokusu oluşmadan, osteoblast ve osteoklastların aktivitesiyle gerçekleşen iyileşmedir.

Kırığın katı (rijid) tespitle primer olarak iyileşmesi, biyomekanik koşulların bir sonucudur.



- *II. Dolaylı/indirekt (sekonder) iyileşme*

Birçok kırık sekonder iyileşir. Sekonder iyileşmede kırık fragmanları arasında hareket olduğunda ilk olarak yumuşak kallus, sonrasında sert kallus oluşumu ile gerçekleşir. Kırık bölgesinde **subperiosteal alanda intramembranöz kemikleşme ile medüller sert kallus, kırık uçlarında ve periost dışında endokondral kemikleşme ile yumuşak kallus oluşur.**



## II. Dolaylı/indirekt (sekonder) iyileşme FAZLARI

1. İnflamasyon

2. Onarım

a. Kıkırdak kallus (yumuşak kallus),  
Periosteal kemik kallus (sert kallus) oluşumu

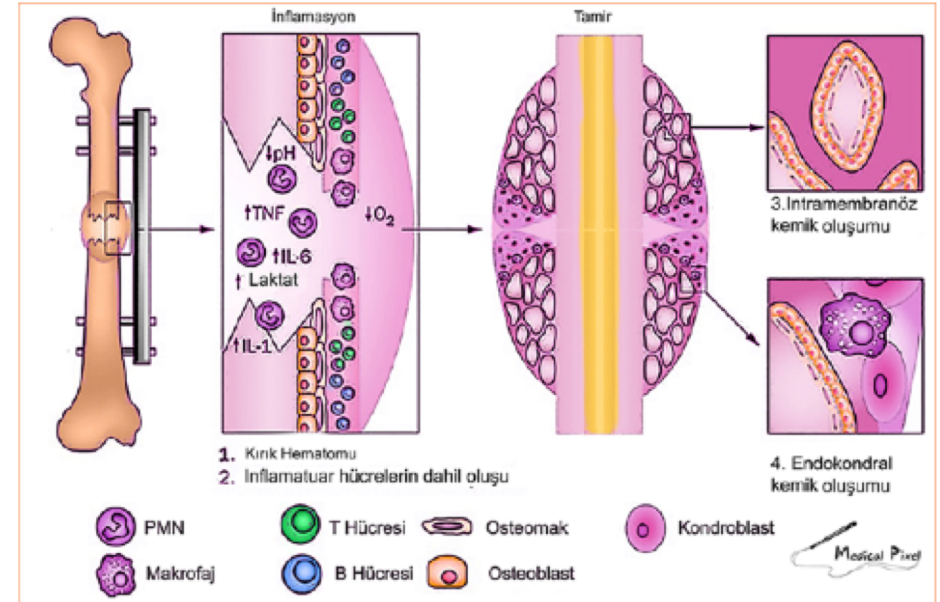
b. Damarlanma

c. Mineralizasyon ve  
Kıkırdak kallus rezorpsiyonu

3. Yeniden şekillenme

Sekonder iyileşmede hem intramembranöz hem endokondral kemikleşme bir arada izlenir.

Intramembranöz kemikleşme periostla kemik arasında iken, endokondral kemikleşme periostun dış kısmında başlar.



## 1. İnflamasyon Fazı

**Travma sonrası** çevresel ve intramedüller kanamayla bu bölgedeki kemik iliği hücrelerini de içeren **hematom** oluşur, inflamatuvar yanıt başlar. İnflamatuvar yanıtla birlikte kırık çevresinde ve kırık uçları arasındaki **hematomda koagülasyonla oluşan fibrin**, onarıcı hücrelerin migrasyonunu kolaylaştıran iskelet görevi görür ve trombositler büyüme faktörlerini salgılar.

Akut inflamatuvar yanıt, ilk 24 saatte en yüksek seviyeye çıkar ve 7. güne kadar devam eder

İnflamasyon fazında hasarlı, nekrotik dokular yok edilir, osteoblastlar çoğalarak granülasyon dokusu oluşumunu sağlar.

## 2. Onarım

### *a. Kıkırdak kallus (yumuşak kallus), periosteal kemik kallus (sert kallus) oluşumu*

Hasarlı dokunun yerini iyileşme dokusuna bırakması sonrası, artan hücre sayısı ve matriks üretimi ile birlikte onarım başlar. Sekonder iyileşmede hem intramembranöz hem enkondral kemikleşme gerçekleşir.

Hematomun ardından fibrinden zengin granülasyon dokusu oluşur. Enkondral kemikleşme kırık uçları arasında santral bölgede ve periostun dış kısmında başlar, bu daha çok fibröz ve kıkırdak dokudan oluşan yumuşak kallus şeklindedir (7.-9. günde). Zamanla bu yapı (kıkırdak matriksin mineralizasyonu, damarlanma, osteoblastların çoğalması ve enkondral kemikleşme ile) sert kallusa dönüşür.



### *b. Damarlanma*

İyileşme sürecinin başarılı olması için yeniden kanlanmanın sağlanması gerekir. Enkondral kemikleşmede kondrosit apoptozu, hücrelerin ve matriks dokusunun uzaklaştırılması kan damarlarının bu bölgeye doğru büyümesi ve ilerlemesini sağlar.

### *c. Mineralizasyon ve kırıldak kallus rezorpsiyonu*

Kalsiyum granülleri, fosfat ile birleşir ve mineral depolanması başlar. Kalsiyum fosfat depolarından apatit kristaller oluşur. Sert kallus oluşumu arttıkça, mineralize kırıldak, örgü kemik ile yer değiştirir ve iyileşme dokusu mekanik olarak daha rijid hale gelir.

### 3. Yeniden şekillenme

Sert kallus dokusu stabiliteyi sağlayan daha rijid bir yapı olmasına rağmen normal kemiğin biyomekanik özelliklerine sahip değildir. Sert kallusu santral kavitesi olan lamellari kemiğe dönüştüren yeniden şekillenme sürecine ihtiyaç vardır.

Bir taraftan **Osteoklastların** etkisiyle **sert kallus rezorpsiyonu**, diğer taraftan **osteoblastların etkisiyle lamellar kemik oluşumu**, denge içinde gerçekleşir.

Kırık onarımı esnasında 3.–4. haftalardan itibaren başlayan yeniden şekillenme süreci, klinik olarak iyileşme sonrası da yıllarca devam edebilir.

- Kemik, maruz kaldığı streslere bağlı olarak yeniden şekillenir.
- Aksiyel yüklenmeyle birlikte, kristalize dokuda oluşan elektriksel polariteye bağlı;
  - elektropozitif konveks yüzeyde osteoklast; elektronegatif konkav yüzeyde osteoblast aktivitesini uyarır.
  - Eksternal kallus dokusu lamellar kemiğe; internal kallus medüller kaviteye dönüşür.
  - Onarım fazında oluşan örgü kemik, lamellar kemikle yer değiştirir ve iyileşme süreci tamamlanır.

- Başarılı yeniden şekillenme süreci için yeterli kanlanma ve mekanik stabilitede dengeli artış, kritik bir role sahiptir.
- İyileşme bölgesindeki hücre ve dokuların değişiminin, aslında **parçalar arası hareketten çok bölgesel gerilme ve hidrostatik basınca bağlı olduğu** da bildirilmektedir.
- Kemikte kaliteli iyileşme elde edebilmek için birbiriyle ilişkili ***anatomik, biyomekanik ve biyokimyasal süreçlerin*** iyi yönetilmesi gerekmektedir.

# Kemik İyileşmesinde Mekanik Yüklenmeler

- Hareket ne kadar az ise durum o kadar stabildir.
- Mutlak stabilite, fizyolojik yüklenmeyle kırık fragmanları arasında hareketin olmadığı durumdur.
- **Göreceli stabilitede ise fizyolojik yüklenmelerde kırık fragmanları arasında mikro harekete izin veren bir denge vardır ve bu durum, kallus oluşumuna izin verir.**
- Kırık fragmanları arasındaki hareket fazla olduğunda instabilite gelişir. Burada gerinim (*strain*) kavramı (yük uygulandığında materyalin boyundaki değişiklik miktarı- uzama ya da kısalma şeklindeki deformasyonun orijinal boya oranı [%]) ve sertlik/dayanıklılık kavramlarını (materyalin deformasyona direnme yeteneği- uygulanan yükün yarattığı elastik deformasyon ile ölçülür- elastik modülü) iyi anlamak gerekir.

- Wolf kanununa göre, yük dağılımına göre iskelet kütlesi ve gücü değişkendir.
- Kompresif aksiyel yüklenmelerin periostal kallus oluşumunu uyardığı görülmüştür.
- Makaslama ve gerilim kuvvetlerinin kaynamayı inhibe ettiği görülmüştür.
- Kırığın instabil olması, hücresel düzeyde fibröz ve kıkırdak doku oluşumuna; dolayısıyla da kırıkta gecikmiş kaynamaya veya kaynamamaya neden olur.
- Gerilme kuvvetleri fibröz bağ doku oluşumunu,
- Makaslama kuvvetleri kıkırdak doku oluşumunu uyarırken,
- Kompresyon kuvveti kemik doku oluşumunu uyarır.

Fragmanlar arası hareketle oluşan kuvvet, eğer kırık tek parçalı ise yüksek oranda gerinim yaratırken, parçalı kırıklarda bu kuvvet parçaları alana dağılarak daha az gerinim yaratır.



# Kırık Tedavisi

- A. Alçı ve Ateller
- B. Açık Redüksiyon İnternal Fiksasyon
  - B1. İntramedüller çiviler*
  - B2. Eksternal fiksatorler*
  - B3. Dinamizasyon*



## A. Alçı ve Ateller

- Uzun kemiklerde alçı ve atel uygulandığında, kas kasılmaları ve kısmi yüklenmeler nedeniyle kırık bölgesindeki kompresif aksiyel yüklenme artar; fragmanlar arasındaki hareketin fazlalığı nedeniyle kaynama olumsuz etkilenir.
- Uzun süre hareketsiz kalmak, hem ekstremitelere hem de genel vücutta oluşturacağı olumsuz etkiler nedeniyle komplikasyonlara zemin hazırlar.
- Erken mobilizasyon önemlidir.
- Tedavi yöntemine; kırığın özellikleri, hastanın genel sağlık durumu, olası ameliyat komplikasyonları ayrıntılı olarak değerlendirilerek karar verilir.
- Alçı ve atel ile tedavi edilen kırıklarda dizilimi düzelterek, sınırlı bir hareketlilikle redüksiyonun devamlılığı sağlanır; dolayısıyla göreceli stabilite vardır, sekonder iyileşme gözlemlenir.

## KAYNAMAMA

a. Hipertrofik kaynamama: Kanlanmanın yeterli olduğu kırıklarda fragmanlar arasındaki fazla harekete bağlı belirgin kallus oluşumu, doku farklılaşmasında yetersizlikle karakterize kaynamamadır.

b. Atrofik kaynamama: Doku kanlanmasındaki bozukluğa bağlı kallusun oluşmadığı ve kırık uçlarında rezorpsiyonun olduğu kaynamama durumudur.

c. Oligotrofik kaynamama: Kırığın yeterli redüksiyon ve fiksasyonunun olmaması nedeniyle, fibröz ya da kıkırdak doku oluşumuyla, yetersiz iyileşme dokusuyla karakterize kaynamama şeklidir.

# Kaynamama nedenleri

- Malnütrisyon kırık iyileşmesini olumsuz etkiler.
- Demir eksikliği anemisi
- Alkolizm
- Diyabet
- İlaçlar
- Sigara
- Radyasyon
- Kemik nekrozu
- Patolojik kırıklar
- Osteoporoz
- Enfeksiyon
- Kırık fragmanları arasındaki *boşluk*
- Segmental kırıklarda intramedüller kanlanmanın bozulması
- Hastanın yaşı

# Elektriksel Uyarı ve Kırık İyileşmesi

Kemiğe uygulanan mekanik stresler, dokuda elektrik potansiyelleri oluşumuna neden olur.

Kompresyon kuvvetleri, (-) elektronegatif potansiyeller oluşturarak kemik oluşumunu uyarır.

Germe ve çekme kuvvetleri, (+) elektropozitif potansiyeller oluşturarak kemik çözünmesini uyarır.

Elektriksel alanlar oluşturarak kemik iyileşmesini uyarmak mümkündür. Direkt akım, inflamatuvar reaksiyon benzeri etki oluşturur.

Pulsed elektromanyetik alanlar (PEMFs) fibrokıkırdağın kalsifikasyonunu uyarır; elektriksel uyarı kırık iyileşmesinde 1800'lü yıllardan beri uygulanmaktadır.

• Direk darbe  transvers kırık ile sonuçlanır.

• Crush yaralanma  dönme ile birlikte olduğunda spiral veya oblik kırığa yol açar.

Yaralanmalar sıklıkla yumuşak doku hasarı ile birlikte olur.

# Kapalı kırıkların tedavisi

- Redüksiyon
  - Manüplatif redüksiyon
  - Mekanik traksiyonla redüksiyon
  - Cerrahi olarak redüksiyon
- İmmobilizasyon (angulasyonu önlemek, hareketi önlemek, ağrıyı önlemek)
  - Alçıyla
  - Ortezle/splintle/breyz (fonksiyonel breyzlerle)
  - Sürekli traksiyonla
  - Eksternal fiksasyonla
  - İnternal fiksasyonla
- Rehabilitasyon
  - Aktif kullanım
  - Aktif egzersiz
  - CPM (Continuous Passive Motion)

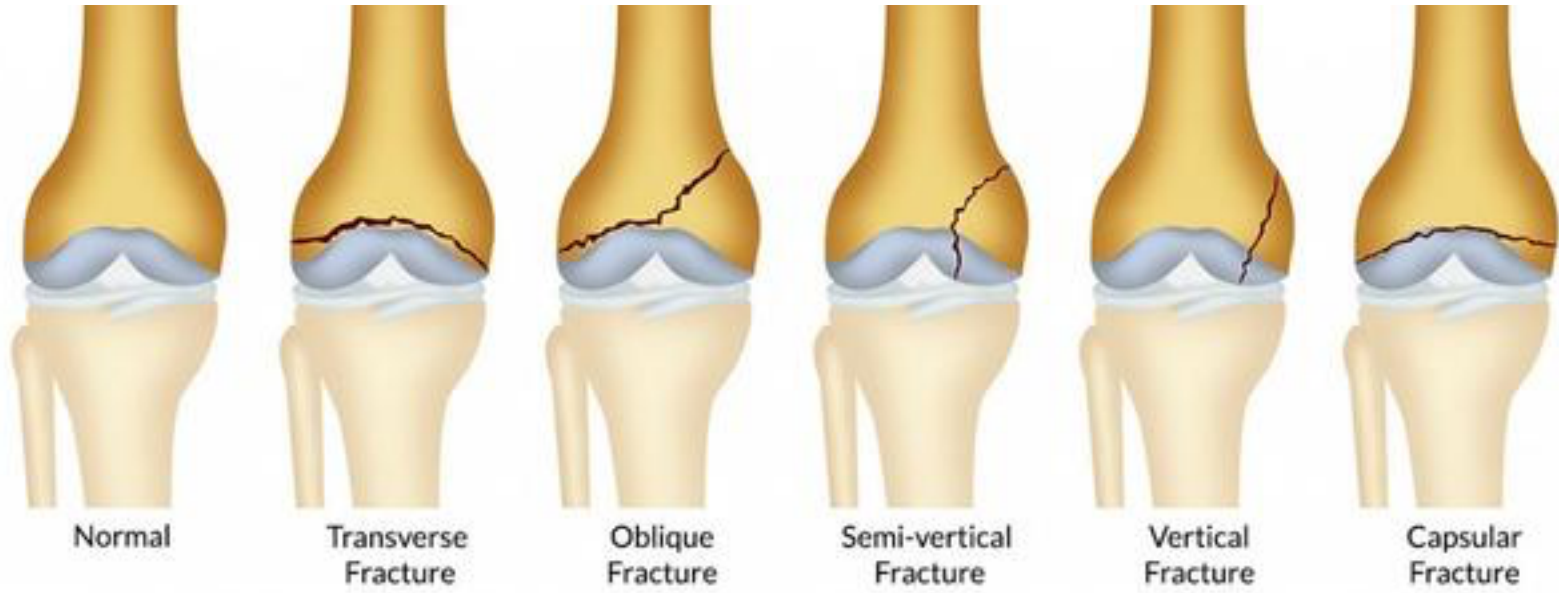
# Açık kırıkların tedavisi

**Açık kırıklar** acil tedavi gerektirir.

Enfeksiyona karşı önlem alınır. Önce kapalı kırık haline getirilir.

Tedavi prensipleri

- Büyük yaralarda cerrahi uygulama teknikleri
- Cilt kapama
- Kırık tedavisi
- Destekleyici tedavi (antibiyotikler/tetanoza karşı profilaksi gibi)



- Femur boyun kırığı
- Trokanterik kırık
- Femur shaft (cisim) kırığı
- Femur suprakondiller kırığı
- Kondiller kırık (transvers/oblik/semivertikal/vertikal/kapsüler)



- Kırıkta kemiklerin uç uca teması gerekli değildir ve kırığın rijit immobilizasyonu ve kırık alanının üst ve altındaki eklemlerin uzun süreli immobilizasyonu iyileşmeye zarar verir.

- 1855- Smith, femur proksimal kırığı için cihaz tasarladı.
- 1910- Lucas Championniere “Yaşam harekettir” i benimsedi.
- 1963- Sarmiento sistemik çalışmalara başladı.

Bir kırılma bölgesinde hareketin ortadan kaldırılması, kırık uçlarının birleşmesi için zorunlu değildir.



Önemli hususlar:

1. Ağrıyı azaltmak
2. Düzgün pozisyon verme/pozisyonu korumak
3. Şekil bozukluğunu önlemek

Harici köprü kallus potansiyel hareket ekseninden uzakta olduğu için presellüler kallustan daha büyük mekanik avantaja sahiptir, daha güçlü onarım sağlar.

**Optimal fizyolojik çevre ortamı ORTEZ içinde oluşturulur ve iyileşmeyi artırır. En kısa sürede kırık üzerine yüklenme gerçekleştirilebilir.**

## DiĞER ÖNEMLİ HUSUSLAR ...

- Aralıklı yüklenme  kemik oluşumu
- Kas aktivitesi  dolaşımı arttırır- kimyasal atıkların temizlenmesine uygun ortam sağlar- enflamasyon oluşumunu engeller- kallusun oluşumunu hızlandırır ve arttırır-kimyasal reaksiyonu etkiler- ısı, mekanik, kimyasal, elektriksel çevre oluşturur

Tüm bu çevresel faktörler doku iyileşmesini de olumlu etkiler

## DİĞER ÖNEMLİ HUSUSLAR ...

- Yumuşak dokuların rolü erken evrelerde yükün çoğunu iletir.
- Kas kompartmanı- fascia ile çevrelenmiş sıvı kütlesi gibi davranır. Sıvılar sıkıştırılmaz ve fasya, alçı- HİDROLİK KUVVETLER sınırlarının ötesine geçemez.
- Basınç ve yük iletilir.
- Kasın kontraksiyon ile çapı genişler, şişer.
- Kaslar sert duvarlardan merkezi fragmanlara-içeri doğru zorlanır ve böylece kırığın daha sıkı tutulmasına neden olur.

## DİĞER ÖNEMLİ HUSUSLAR ...

- Yumuşak dokuların hidrolik kuvvetleri, kalsifikasyon oluncaya kadar üst üste binme ve açılmaya karşı direnç gösterir.
- Rotasyon breyzin bileşenleri ve/veya kas kasılması ve eklemin hizaya sokma eğilimi ile sınırlandırılmıştır.
- Menteşeli breyzerler kasılmayı engellemez.
- Hareketler elastiktir, breyzerlerle ilerleyici bir deformasyon olmaz.

# Ortez endikasyonları

- Endikasyonları orta 3. ve alt 3. şaft kırıkları
- Kontraendikasyonları koperasyon kaybı olan, aşırı hassasiyeti olan (diyabetik) hastalarda, eklem içi kırıklarında, femur şaftının proksimal yarısı kırıklarında
- Ortez uygulanabilmesi için; Açısal veya rotasyonel deformite düzelme zamanı, ağrı ve ödemin azalma zamanı ortopedist tarafından değerlendirilir
  1. Küçük hareketler ağrısız olmalıdır
  2. Herhangi bir deformasyon olmamalıdır
  3. Ekstremitte makul direnç alabilmeli, ortezi hareket ettirebilmelidir
  4. Kısalık, tibia için 6.0 mm'yi, femur için 1.25 cm'yi aşmamalıdır.

- Breyz kullanma süresi ORTOPEDİST tarafından belirlenir.
- Genelde tibia için 18.7 hafta, humerus için 10 haftadır.
- 5 derecenin altındaki açısal deformiteler genellikle fonksiyonel ve estetik açıdan çoğu hasta için kabul edilebilir.