

T.C.  
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KEMİK DEFEKTLERİNDE VE EKSTREMİTE  
UZATMALARINDA KULLANILAN  
İNTRAMEDÜLLER ÇİVİLERİN  
GELİŞTİRİLMESİ  
VE  
YENİ BİR UZAYABİLEN İNTRAMEDÜLLER  
ÇİVİ TASARIMI**

**Bora UZUN**

BİYOMEKANİK ANABİLİM DALI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

İZMİR – 2008

T.C.  
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KEMİK DEFEKTLERİNDE VE EKSTREMİTE  
UZATMALARINDA KULLANILAN  
İNTRAMEDÜLLER ÇİVİLERİN  
GELİŞTİRİLMESİ  
VE  
YENİ BİR UZAYABİLEN İNTRAMEDÜLLER  
ÇİVİ TASARIMI**

BİYOMEKANİK ANABİLİM DALI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bora UZUN**

Danışman Öğretim Üyesi : Prof. Dr. Hasan HAVİTÇIOĞLU

Bu araştırma Devlet Planlama Teşkilatı tarafından 2007.KB.SAG.006 sayı ile desteklenmiştir.

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim süresince bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen, tezimin her aşamasında destek olan başta bölüm başkanım ve tez danışmanım Prof. Dr. Hasan HAVITÇIOĞLU olmak üzere, Doç. Dr. Önder BARAN ve tüm değerli hocalarıma teşekkür ederim.

Biyomekanik Anabilim Dalı çalışma arkadaşlarım Araş.Gör. Hakan OFLAZ, Araş.Gör. Berivan ERİK ÇEÇEN' e ve diğer bölüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ayrıca beni yetiştiren ve bugünlere ulaşmamı sağlayan babam Cumhur UZUN, annem Sevda UZUN ve her türlü desteğiyle yanımda olan eşim Filiz AKIN UZUN ' a teşekkür ederim.

## **İÇİNDEKİLER**

<b>1. ÖZET</b>	1
<b>2. SUMMARY</b>	2
<b>3. GİRİŞ VE AMAÇ</b>	3
<b>4. GENEL BİLGİLER</b>	4
4.1. Distraksiyon Osteogenezisi	4
4.1.1. Uygulama Prensipleri:	4
4.1.2. Distraksiyon Osteogenezisinin Avantajları:	5
4.2. Kemik Yapısı ve Kemik Oluşumu	7
4.2.1. Kemik Dokusunun Hücreleri	10
4.3 Tarihçe	13
4.3.1. İntramedüller Çivilerin Tarihçesi	13
4.3.2 Boy Uzatmanın Tarihçesi	14
4.4 Eksternal Fiksatorler	16
4.4.1. İlizarov Yöntemi	18
4.4.2. External Fiksator ve İntramedüller Çivi (LON)	21
4.5. Uzayabilen İntramedüller Çiviler	22
4.5.1. Albizzia	22
4.5.2. ISKD	24
4.5.3 Fitbone	26
<b>5. GEREÇ VE YÖNTEMLER</b>	28
5.1. İntramedüller Çivi Dizaynı	28
5.2. Çalışma Prensipleri	29
5.3. Ön Çalışma	29
<b>6. BULGULAR</b>	31
<b>7. TARTIŞMA</b>	32
<b>8. SONUÇ VE ÖNERİLER</b>	44
<b>9. KAYNAKLAR</b>	

## **SEKİL LİSTESİ**

- Şekil 1.** Osteotomi sonrası distraksiyon ve kemik oluşumu
- Şekil 2.** Kemik yapısı
- Şekil 3.** Havers sistemleri
- Şekil 4.** Kemik dokusunun hücreleri
- Şekil 5.** Unilateral eksternal fiksatorler
- Şekil 6.** V-Shape eksternal fiksator
- Şekil 7.** Circular eksternal fiksatorler
- Şekil 8.** Gavriel Ilizarov
- Şekil 9.** İlizarov sistemi
- Şekil 10.** İlizarov yöntemi şematik anlatım.
- Şekil 11.** Eksternal fiksator ve intramedüller çivi uygulaması
- Şekil 12.** Albizzia çivisi
- Şekil 13.** Albizzia çivisi çalışma sistemi
- Şekil 14.** ISKD intramedüller çivisi
- Şekil 15.** ISKD sistemi ve manyetik kontrol ünitesi
- Şekil 16.** FITBONE sistemi
- Şekil 17.** FITBONE sistemi ve uygulaması
- Şekil 18.** Yeni geliştirilen intramedüller sistem
- Şekil 19.** Sistem çalışma deneyi ve test cihazı

## **TABLO LİSTESİ**

**Tablo 1.** Sitem çalışma deneyi sonuçları

**Tablo 2.** Guichet JM et al. (1995) Albizzia uygulaması

**Tablo 3.** Garcia-Cimbrela E et al. (2002) Albizzia uygulaması

**Tablo 4.** Guichet JM et al. (2003) Albizzia uygulaması

**Tablo 5.** Guichet JM et al. (2003) Albizzia uygulaması komplikasyon detayları

**Tablo 6.** Cole JD et al. (2001) ISKD uygulaması

**Tablo 7.** Thonse R et al. (2005) ISKD uygulaması

**Tablo 8.** Baumgart R (1997) Fitbone uygulaması.

## **1. ÖZET**

# **KEMİK DEFEKTLERİNDE VE EKSTREMİTE UZATMALARINDA KULLANILAN İNTRAMEDÜLLER ÇİVİLERİN GELİŞTİRİLMESİ VE YENİ BİR UZAYABİLEN İNTRAMEDÜLLER ÇİVİ TASARIMI.**

Bora UZUN

Dokuz Eylül Üniversitesi

Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Biyomekanik Anabilim Dalı

35340 İnciraltı/İzmir

Bu çalışmada, daha önce yapılan çalışmalar doğrultusunda mevcut sorunların ve komplikasyonların ortadan kaldırılması ve mümkün olduğu müddetçe , ikinci bir cerrahi müdahale yapılmadan, söz konusu ekstremitede kullanılan intramedüller çivinin boyu uzatılarak, mevcut olan ve daha sonra da ortaya çıkacak boy farkının ortadan kaldırılması amacıyla, uzamayı sağlayacak yeni bir uzayabilen intramedüller sistemin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla mekanik olarak çalışan yeni bir intramedüller çivi tasarlanmış ve üretimi gerçekleştirilmiştir.

Üretilen intramedüller çivi prototipi sentetik femur ( Saw-bone) içerisine yerleştirilerek Schimadzu AG-10 test cihazı ile siklik yüklemeye tabi tutulmuş, böylece sistemin çalışması ve her bir yüklenmede ne kadar uzama kaydettiği test edilmiştir.

Yapılan ölçümler sonucunda intramedüller çivi her bir yüklenme sonucunda 0,1 mm uzama kaydetmiştir.

Sonuç olarak, geliştirdiğimiz sistemin, halen kullanılmakta olan boy uzatma sistemlerine göre, çalışma prensibi, uygulama kolaylığı, kontrollü uzama, hasta mobilitesi ve tedavi süresinin kısalığı gibi avantajları olduğu görülmektedir. Sistemin uygulamadaki başarısı, yapılması planlanan in-vivo hayvan deneylerinde irdelenecek ve alınacak sonuçlara göre gerekli iyileştirmeler yapılarak insan üzerinde uygulamaya hazır hale getirilecektir

**Anahtar Kelimeler :** İntramedüller çivi, Biyomekanik, Boy uzatma

## **2. SUMMARY**

### **IMPROVING OF INTRAMEDULLARY NAILS USED ON BONE DEFECTS AND EXTREMITY LENGTHENING AND DESIGN OF A NEW INTRAMEDULLARY NAIL.**

Bora UZUN

Dokuz Eylul University

Institute of Health Sciences

Department of Biomechanics

35340 Inciralti/IZMIR

In this study, in the light of previous studies, it is aimed to develop a new expandable intramedullary system providing lengthening in order to remove previous problems and complications and to annihilate leg length discrepancies at present and future without second surgical intervention as far as possible by lengthening the intramedullary nail.

To this end, a new mechanically active intramedullary nail has been designed and generated.

The prototype of generated intramedullary nail has been inserted in a synthetic femur (saw-bone) and subjected to cyclic loading with Shimadzu AG-10 test device, thus, the operation of the system and the amount of lengthening per each loading were tested.

As a result of the measurements, the intramedullary nail has achieved 0,1 mm lengthening per each loading.

Consequently, it is evident that the system we developed has advantages in respect of the present leg lengthening systems, like operation principle, easiness of application, controlled lengthening, patient mobility and shortness of treatment duration. The success of the system at practice will be examined with in-vivo animal experiments and according to the results, it will be ready for use on human by performing necessary restorations.

**Keywords:** Intramedullary nail, Biomechanics, Leg lengthening



### **3. GİRİŞ VE AMAC**

Ekstremitede değişik nedenlere bağlı kısıalık insan hayatını fonksiyonel ve psikolojik olarak kötü yönde etkileyebilecek bir sorundur. Bu tip hastaların estetik ve fonksiyonel bir ekstremiteye sahip olabilmeleri için ortopedik cerrahide kullanılan bir çok yöntem bulunmaktadır.

Alt ekstremitte (uzuv) uzunluk farklılığı kozmetik bir problem olmaktan öte fonksiyonel ortopedik sorunlara neden olur. Gerek frontal plandaki denge bozukluğuna bağlı yürüme paterni değişiklikleri, gerekse aksiyel iskelette ortaya çıkan dejeneratif bozukluklar nedeni ile ortopedistler bu patolojinin tedavisi ile yakından ilgilidirler(1).

Ekstremitte uzatma teknikleri, kemik kayıplarını yerine koyma, deformite (eğri) kemikleri düzeltme ve uzatmada kullanılır. Bu girişimler, doğumsal hastalık, kemik kayıpları veya travmalar sonrası gelişen kol ve bacak eşitsizlikleri olan çocuk yada erişkin hastalara (3-70 yaş arası) uygulanabilir(1).

Ekstremitte uzatma "distraksiyon osteogenezi" prensibleri ile son yıllarda önemli gelişmeler kazanmıştır. Bu işlemden cerrahi girişimle kemik kesilerek tedrici olarak uzatılır ve uzatma bölgesinde yeni kemik oluşumu (osteogenezis) gözlenir. Bu şekilde kemik kendi uzunluğunun % 15 ila 100'ü arasında uzatılabilir(1).

Yakın zamana kadar, ekstremitte uzatmalarında intramedüller çiviler tek başına kullanılamamakta ve bir eksternal fiksator yardımı ile uzatma işlemi gerçekleştirilmekte idi. Ancak eksternal fiksatorlerin kullanılmasında çeşitli komplikasyonların varlığından dolayı, eksternal fiksator kullanımına gerek duymadan uzatma sağlayabilecek intramedüller çivilerin geliştirilmesi üzerine bir çok çalışma yapılmıştır.

Bütün bu çalışmalarda, gerek hasta mobilitesindeki zorluklar ve gerekse uzamayı sağlayan mekanizmaların yetersizliği, uygulama güçlükleri ve enfeksiyon gibi çeşitli komplikasyonlar ortaya çıkmıştır

Bu çalışmada, daha önce yapılan çalışmalar doğrultusunda mevcut sorunların ve komplikasyonların ortadan kaldırılması ve mümkün olduğu müddetçe , ikinci bir cerrahi müdahale yapılmadan, söz konusu ekstremitede kullanılan intramedüller çivinin boyu uzatılarak, mevcut olan ve daha sonra da ortaya çıkacak boy farkının ortadan kaldırılması amacıyla, uzamayı sağlayacak yeni bir sistemin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

## **4. GENEL BİLGİLER**

### **4.1. Distraksiyon Osteogenezisi:**

Distraksiyon osteogenezisi bölünmüş kemik fragmanları arasında oluşan tamir kallusuna dereceli traksiyon uygulanması ve bu traksiyonun kallus üzerinde stress oluşturarak yeni kemik formasyonunu stimüle etmesidir. Kemiğe uygulanan distraksiyon kuvvetleri çevre yumuşak dokuda da gerilme yaratır ve deri, fasya, kan damarları, sinir, kas, ligament, kırıkta ve periostta da aktif histogenezis oluşarak adaptif değişiklikler olur. Bu adaptif değişiklikler büyük iskeletsel hareketlerin yapılmasına izin verir, akut ortopedik düzeltmelerde görülen relapse riski minimale iner (2).Kallusu gererek yeni kemik oluşturma tekniği olan distraksiyon osteogenezisi ilk olarak Codavilla tarafından femur kemiğini uzatmak için kullanılmıştır (3,4).

Daha sonra bu teknik ilizarov tarafından geliştirilmiştir. İlizarovun gerilme stres kanununa göre canlı dokuda dereceli traksiyon stres yaratmakta ve rejenerasyonun devam etmesini ve doku büyümesini stimüle etmektedir (3,4,5,6,7).

#### ***4.1.1. Uygulama Prensipleri:***

Distraksiyon osteogenezisi 4 klinik evrede incelenmektedir:

1. Osteotomi evresi
2. Latent period evresi
3. Distraksiyon periodu evresi
4. Konsolidasyon periodu evresi (2,8,9).

Osteotomi safhası distraksiyon apareyinin yerleştirilmesi ve distraksiyon yapılacak bölgede kemiğin birbirinden ayrılmasını içerir (8,10,11).

Latent period osteotomi gerçekleştirildikten ve aparey yerleştirildikten sonra beklenen zamandır ve bu zaman esnasında tamir kallusu oluşur. Kabul edilen latent period 7-15 gün arasındadır. Bu zamandaki histolojik görüntü kırık tamiri sırasındakiyle benzerdir. Endosteal ve periosteal osteogenik hücrelerin proliferasyonu ile birlikte iyi vaskülarize granülasyon dokusu oluşur. Osteogenik hücreler proliferer olur, hasar gören kan damarları tamir edilir ve revaskülarizasyon meydana gelir (8). Distraksiyon safhası tamir kallusunu gerilim altında bırakır. Distraksiyon kallus absorpsiyonuna neden olur bu da iskeletsel büyüme faktörlerinin devamlı olarak aktivasyonunu sağlar. Bu da prekapiller hücrelerin osteogenik hücrelere dönüşmesini sağlar. Bu yeni kemik oluşumundan sorumlu olduğu düşünülen gerilme stres

etkisidir. Distraksiyon safasında aparey uygun oran ve ritmle aktive edilmeye başlanır. Oran apareye uygulanan günlük aktivasyon miktarı, ritm ise apareye uygulanan günlük aktivasyonun kaç bölüm halinde yapılacağını gösterir (8).

Dördüncü ve son safha konsolidasyondur. Bu safhada distraksiyon tamamlanmış ve istenilen kemik uzunluğu elde edilmiştir. Kemik immobilizedir. Konsolidasyon periodu fiksasyon periodudur. Fiksasyon periodu için kesin bir zaman yoktur ama ilizarov en azından distraksiyon zamanı kadar fiksasyon yapılması gerektiğini söylemiştir (8).

İlizarov uzun kemiklerde distraksiyon için optimum oranın günde 1 mm olabileceğini söylemiştir. Daha yavaş distraksiyon oranı premature ossifikasyona, daha hızlı bir oran ise distraksiyon bölgesinde fibröz doku oluşumuna neden olmaktadır (3,5,6,7).

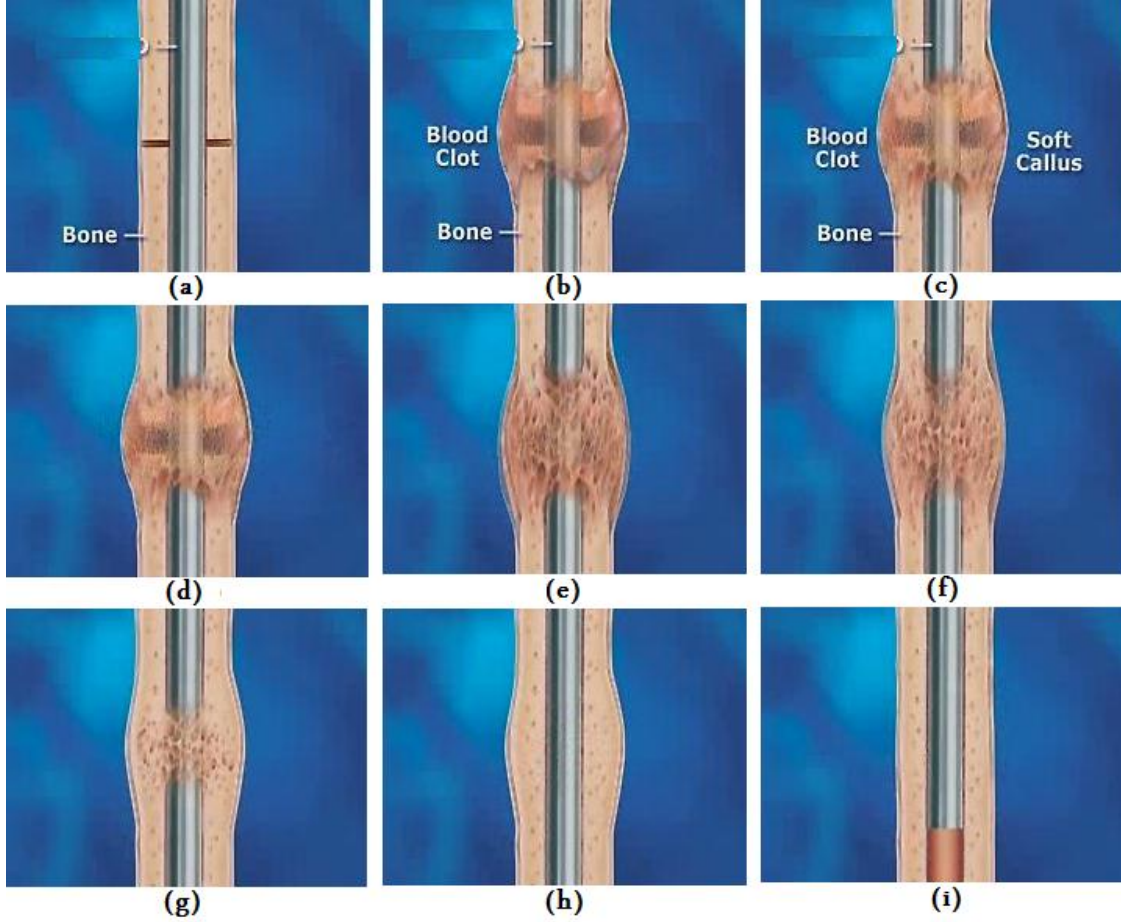
Distraksiyon oranı ve latent period üzerine çalışmalar yapılması gerekmektedir. Özellikle genç hastalarda distraksiyon bölgesinde daha hızlı bir birleşme olmasından dolayı bu komplikasyonun görülmesi daha çöktür.

#### ***4.1.2. Distraksiyon Osteogenezisinin Avantajları:***

Kemiğin doğal büyüme prosesinin kullanımını ve native (primer) kemik oluşumunu sağlar. Uygulama kolay ve etkilidir, komplikasyon azdır. Hastanede kalma süresi minimaldir. Üç boyutta düzeltme yapılabilir ve fonksiyonel matris teorisine göre kas, kemik, ve yumuşak doku tedavi edilebilir. Greft kullanılmadan travma, hastalık veya genetik sebepli defektler tedavi edilebilir. Operasyon sonrası; cerrahi travma, kanama ve şişli k daha az olur. Operasyon zamanı kısadır.

Distraksiyon osteogenezisi tam doğru, kesin bir tedavi planı ve cerrahi uygulama gerektiren bir prosedürdür (11,12).

Dr. Jean-Marc Guichet ve arkadaşları (13) önceki çalışmaları özetleyerek (14,15,16,17) ve kendi çalışmalarını tartışarak, kemiğin rejenerasyonu için anahar faktörlerin, sağlam medullar kan desteği (14) (kemik iliği (16,17) ve periost (15) tarafından sağlanan) ve fiksatörün stabilitesi olduğunu belirtmiştir.



Şekil 1. Osteotomi sonrası distraksiyon ve kemik oluşumu

Çeşitli nedenlerle kısalık gelişen olgularda plak, eksternal fiksator ve intramedüller çiviler en yaygın olarak kullanılan araçlardır. Eksternal fiksatorler ile yapılan uzatmada en sık rastlanılan komplikasyon çivi yolu enfeksiyonudur. Minor çivi yolu enfeksiyon oranı %2-80 iken major çivi yolu enfeksiyonu % 23 gibi yüksek bir oranda rapor edilmektedir (18,19). Nerovaskuler yapılar da hem vida veya tellerin yerleştirilmesi sırasında hem de distraksiyon sırasında zarar görebilmektedir (20,21).

Ekstremitte uzatmalarında en genel hasta şikayeti ağrıdır ve ilk postoperatif günlerde oldukça şiddetli olabilmektedir. Çivi veya tel ile transfikse edilmiş kasların kasılması, ağrılı bir durumdur ve çoğunlukla etkili ağrı kesici ilaç tedavisi gerektirmektedir. Gece boyunca ve terapi sırasında kasların ve sinirlerin gerilmesi çok yaygındır (22), depresyon (24) ve iştah kaybına (23) neden olmaktadır.

Ekstremitte uzatmalarında intramedüller çiviler tek başına kullanılamamaktadır. Uzatılacak kemikte uygun bölgeden osteotomi yapıldıktan sonra, intramedüller çivi uygulanmakta ve bir eksternal fiksator ayrıca yerleştirilmekte sonrasında uzatma, bu eksternal fiksator yardımı ile yapılmaktadır.

Kilitli intramedüller çivi, konsolidasyon işlemleri sırasında stabiliteyi arttırmakta ve bu da ağrıyı ve çivi yolu problemlerini azaltmaktadır. Bununla beraber, derin osteomyelit meydana gelebilmekte ve çivi yolu enfeksiyonları, intramedüller çiviye çevreleyen dokulara yayılabilmektedir (25,26).

Eksternal fiksatorlerin kullanılmasında yukarıda belirtilen komplikasyonların varlığından dolayı, eksternal fiksator kullanımına gerek duymadan uzatma sağlayabilecek intramedüller çivilerin geliştirilmesi üzerine bir çok çalışma yapılmıştır.

İnternal uzatma cihazları, çivi yolu enfeksiyonları ve yumuşak doku yayılmaları ile ilgili sorunları ortadan kaldırmaktadır

Uzayabilen intramedüller çiviler üzerine yayınlanmış tüm araştırmalar incelendiğinde bir çok farklı yöntemin uygulandığı ve bu yöntemlerin oldukça büyük bir kısmının istenilen başarıyı sağlayamadığı gözlenmektedir. Başarı sağlanan uygulamaların da gerek imalat gerekse maliyet açısından arzu edilen yapıda olmadıkları saptanmıştır.

Günümüzün modern hayat koşulları tüm tedaviler için olduğu gibi ekstremiteler uzatmalarında da mümkün olduğu kadar konforlu bir postoperatif (ameliyat sonrası) takip süresini ve kısa bir hospitalizasyon (hastahane kalış süresi) dönemini cazip kılmaktadır. Bu gereksinimler doğrultusunda ekstremiteler uzatma yöntemlerinde yeni arayışlara başlanmıştır.

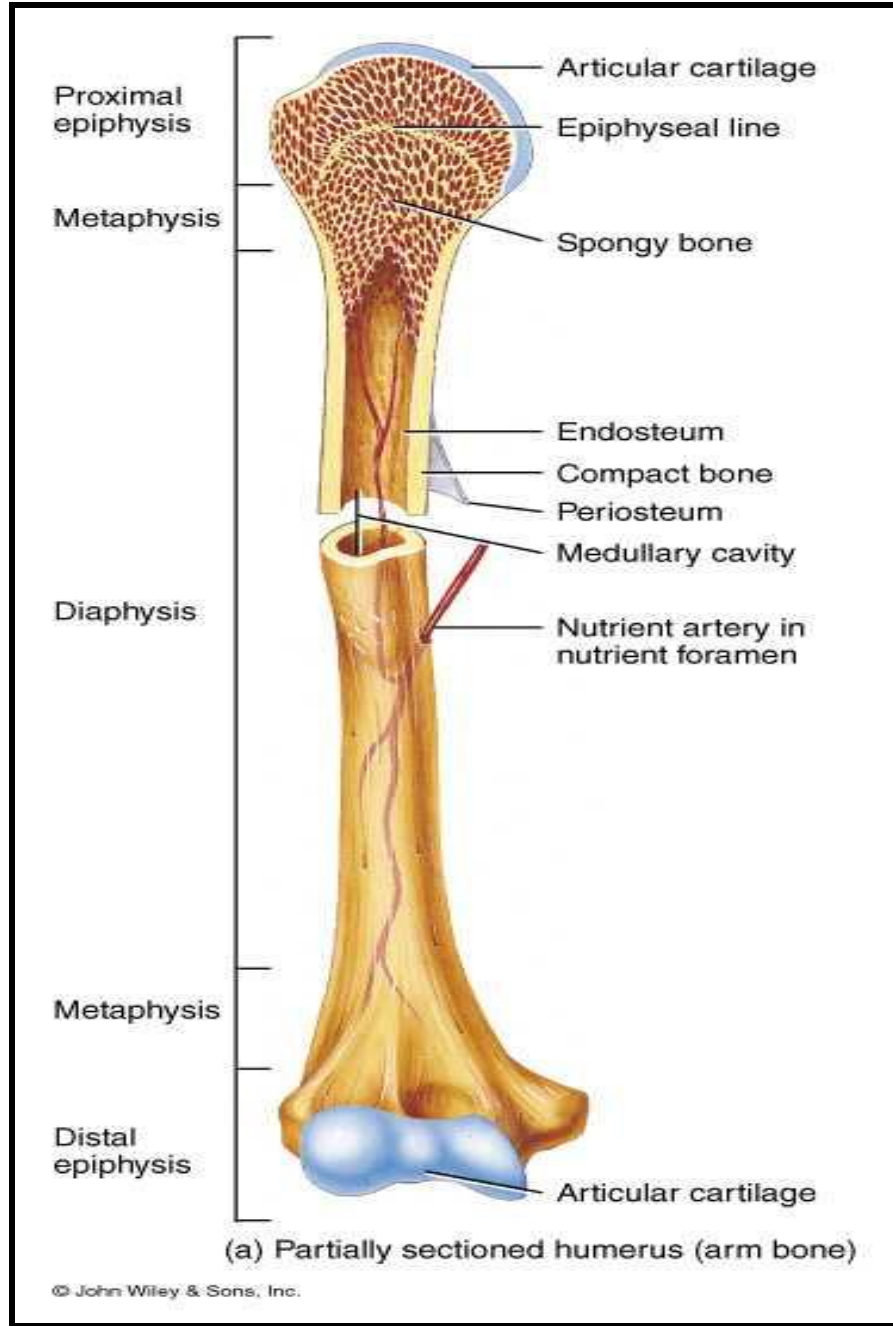
#### **4.2. Kemik Yapısı ve Kemik Oluşumu**

Kemik ekstraselüler matris, lif ile birlikte hücrelerden oluşan bir yapıdır. Bu ekstraselüler matris iki fazdan oluşmaktadır (27). Kollajen ve glikosaminglikanlardan oluşan osteoidler yani organik faz, kalsiyum fosfattan oluşan mineral yani inorganik faz. Lif yapısı ise kollajenden oluşmaktadır. Çoğunluğu tip I, az miktarda da tip III ve Tip VI den oluşan kollajen, kemiğin ana bileşenini oluşturur.

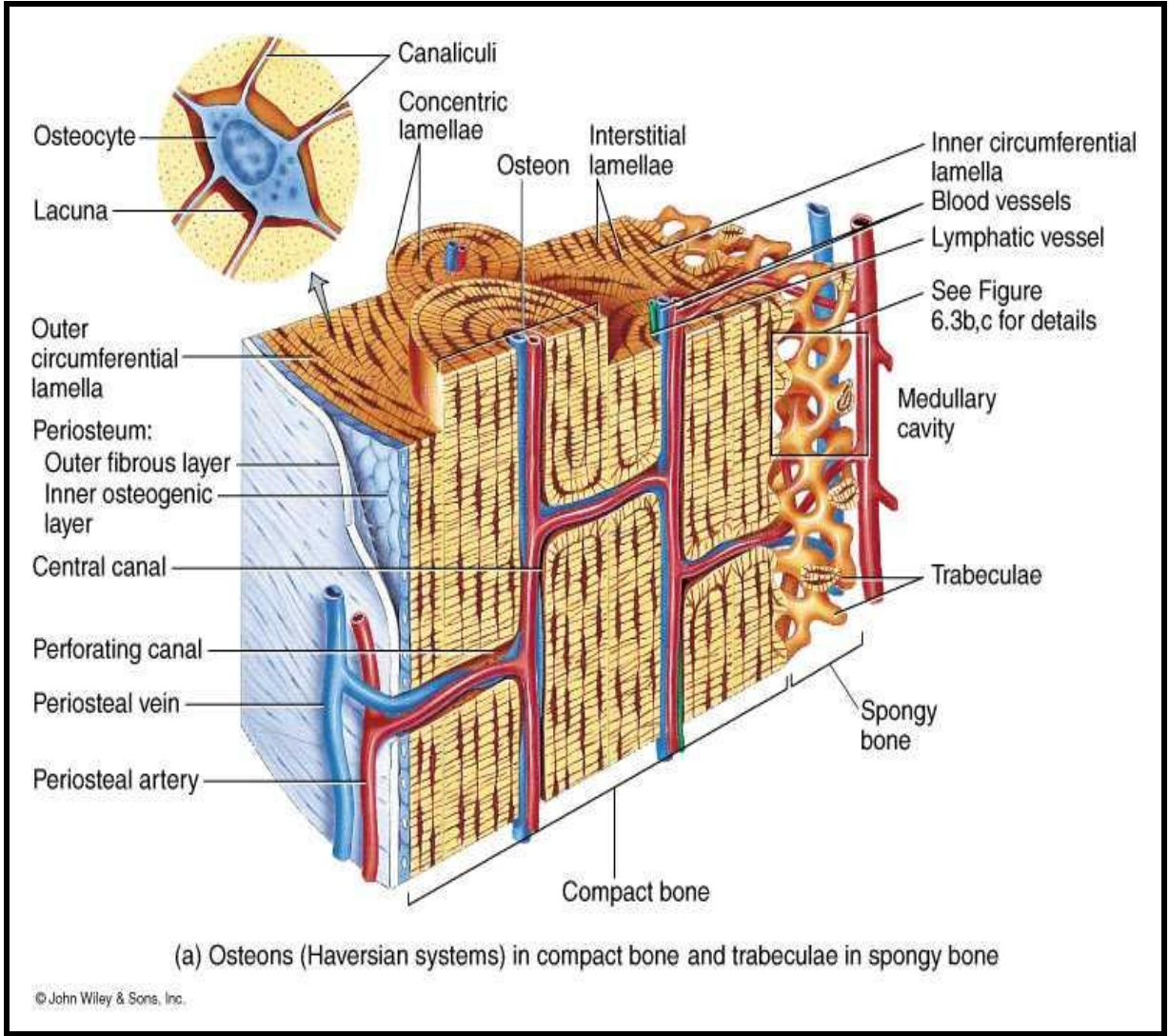
Kemiğin %67'sini inorganik bileşenler (kalsiyum, potasyum, sodyum, magnezyum, karbonat ve fosfat), %33'ünü ise organik bileşenler oluşturmaktadır (28).

Farklılaşmamış hücreler olan osteoprogenitor hücreler, kemik biçimlenmesini sağlayan osteoblastlar, kemik yıkımını sağlayan osteoklastlar ve hücre korunumunu sağlayan osteositler kemiği oluşturan hücrelerdir (27). Osteoblast ve osteositler fibroblast ve mezanşimal hücrelerin öncüsü, osteoklastlar ise monosit veya fagosit gibi kan hücrelerinin öncüsüdür.

Kemik hücreleri iki tip doku üretirler; düzenli yönlendirilmiş lameller (sekonder) yapı ve rastgele yönlendirilmiş primer yapı (28). Primer kemik (olgunlaşmamış kemik); gelişigüzel kollajen ipliklerden oluşmuş olup lameller yapıya oranla az mineral içeriklidir. Birbiriyle ağzlaşan kemik trabeküllerinden oluşmuştur. Trabeküllerin aralarında, içleri kemik iliği ile dolu labirent gibi düzensiz süngerimsi boşluklar vardır. Sekonder kemik (olgunlaşmış kemik, kortikal kemik); kemik lamellerinden oluşmuş lamelli bir yapıdır (27). Düzgün biçimde kollajen iplikler komşu lameldekiler ile çapraz yönde ve spiraller biçiminde yerleşmiştir. Sekonder kemikte, kemik lamelleri duran damar kanalları etrafında iç içe yerleşmiş silindirik birimler oluşturmaktadır (28). Bu yapıya havers sistemi veya osteon denir. Kemiklerin yeniden modellenme işlemi havers kanallarının (osteon) oluşumuna bağlıdır. Havers kanalı, havers sisteminin merkezinde uzunlamasına yer alan birbirleri ile bağlantı kanallardır. Dikey veya eğri yönde seyreden kanallar ise volkman kanallarıdır. Havers kanalları, volkmann kanalları aracılığıyla da sürekli ilişki kurarlar. Volkman kanalları kemiğin periosteumdan ve endosteumuna kadar uzanır. oluşturur. Kemiklere bu uzunluğu veren kısımlara ise diyafiz adı verilir. Kompakt kemikten oluşur, sadece kemik iliğine bakan yüzeylerde çok az süngerimsi kemik bulunur. Kemiğin dış yüzeyini periosteum adı verilen yüzey oluşturur. Birçok lameller kemiğin yığılımı ile bu dış yüzeyde ince kortikal tabakayı şekillendirir. Kemiğin iç yüzeyinde ise endosteum yüzey vardır.



Şekil 2. Kemik yapısı



Şekil 3. Havers sistemleri

#### 4.2.1. Kemik Dokusunun Hücreleri

Kemik dokusunda 4 tip hücre ayırt edilir:

- Osteoprogenitör hücre
- Osteoblast
- Osteosit
- Osteoklast



## **Osteoprogenitör Hücreler**

Kemiğin ana hücreleri olup mezanşimden kaynaklanırlar. Genellikle soluk boyanan nukleuslu, asidofilik sitoplazmalı hücreler olup endosteumda, periyosteumun iç katında ve Havers kanalları gibi bölgelerde bulunurlar. Osteoprogenitor hücreleri mitozla olgun kemik hücrelerine farklılaşmaktadır. Bu hücreler kemik büyümesinde, zedelenmesi veya kırık tamirinde aktif hale gelerek bölünürler ve osteoblast hücrelerine dönüşürler (29).

## **Osteoblastlar**

Kemik dokusunda matriksin yapımında sorumlu olan bu hücreler, kübik ya da alçak prizmatik boylu hücrelerden yapılmıştır. İri nukleusları olup sitoplazmaları koyu bazofiliktir. Elektron mikroskopunda Golgi ve endoplazmik retikulumları iyi gelişmiş olarak görülür. Lipid damlacıkları ve lizozom benzeri yapılar da sitoplazmada yer alır. Hücreler birbirleriyle kısa çıkıntılarla ilişkidedir.

Kuvvetli alkale fosfataz ve PAS pozitif reaksiyon verirler. Alkale fosfataz hem matriks hem de kalsifikasyonda rol alan önemli bir enzimdir. Enzim fosfatın hidroliziyle lokal inorganik fosfat konsantrasyonunu arttırmakta ve bunun kalsiyum iyonlarıyla birleşmesi sonucu kalsiyum tuzları halinde dokuya çökmesi sağlanmaktadır (29).

## **Osteositler**

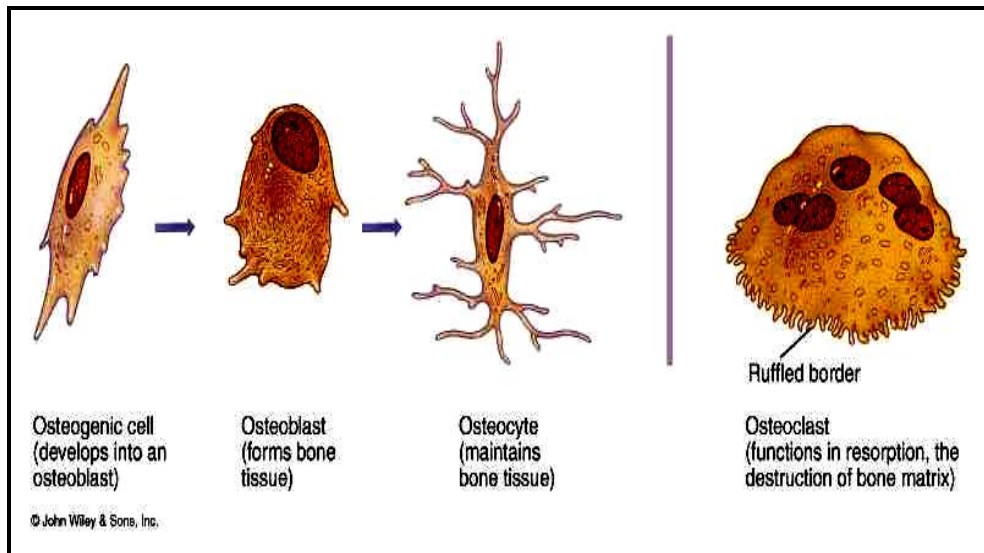
Kemiğin esas hücreleri olup, olgun kemik hücresi adını da alır. Bu hücreler lakünaları içinde yerleşmişlerdir. Gelişimlerini tamamlamış olduklarından sentez yapamazlar. Bu nedenle granüllü ER ve Golgilerinde azalma görülür. Sitoplazma bazofilisi de daha azdır. En tipik özelliklerinden biri de uzantılarıdır. Konunun başında değindiğimiz gibi bu sitoplazmik uzantılar kanaliküller içinde seyredir. Bu şekilde her hücre lakünası içine gömülü kalmayıp birbirleriyle temas kurmaktadır. Bu noktalarda neksuz ve aralıklı bağlantı kompleksleri olduğu elektron mikroskopunda gösterilmiştir. Osteositlerin kalsiyumun kemiklerden kana verilmesinde ve hameostatik mekanizmayı düzenleme (kalsiyum konsantrasyonunu düzenleyerek) gibi önemli metabolik rolleri de vardır. Hücrelerin ölmesi halinde ise matrikste rezorbsiyon olayı görülür (29).

## Osteoklastlar

Kemikte yıkımı veya kemik rezorpsiyonunu gerçekleştiren hücrelerdir. 20-100 µm çapında çok büyük hücrelerdir ve 2 den 50 kadar değişen sayılarda nukleusları bulunur. Fonksiyonlarından dolayı makrofaj türü hücre olarak da kabul edilirler. Ayrıca mononükleer fagositer sisteme dahil hücrelerdir ancak aktif fagositoz yapmazlar. Osteoklastlar içerdikleri kollagenaz ve diğer proteolitik enzimlerle kemiği rezorbe etmektedirler.

Eritici enzimlerle eritilen kemik dokusu uzantılarla hücre içine alınmaktadır. Osteoklastların sitoplazmaları genellikle asidofil ve vakuollüdür (29).

Hücrelerin çok sayıda lizozomları, mitokondriyonları ve iyi gelişmiş bir Golgi kompleksleri vardır. Bu hücreler kemikte Howship lakünası adı verilen boşluklarda yerleşmişlerdir. Osteoklastlarda kemiğe bitişik yüzlerinde hücre yüzeyinin genişletilmesinde rol oynayan fırça kenarlı hücre uzantıları gözlenir. Osteoklastlar hormonlara karşı da çok duyarlıdır. Örneğin paratiroid hormonu hücrede RNA sentezini arttırmada etkili olurken, kalsitonun hormonu bunun tersi etki yapmaktadır. Kemik yıkımı, kemiğin modelleşmesinde önemli rol oynar. Bu olay osteoklast ve osteoblastların uyumlu çalışması neticesinde gerçekleşmektedir.(29)



Şekil 4. Kemik dokusunun hücreleri

## 4.3 Tarihçe

### 4.3.1. İntramedüller Çivilerin Tarihçesi

İntramedüller çivilerin tedavi amaçlı kullanımı ile ilgili ilk bilgiler 16. Yüzyıla dayanmaktadır. Bu dönemde İnka ve Aztek'lerin kaynama olmayan uzun kemik kırıklarının tedavisinde reçinelenmiş tahta çivileri medüller kanala çaktıkları ile ilgili bilgiler bulunmaktadır.

Daha sonra 1886 yılında Bircher ve arkadaşları, fildişi çivileri medüller kanala çakarak fiksasyon sağlamışlardır ve sonrasında 1913 yılında Koning de fildişi çivileri tedavide kullanmıştır (30).

1907'de Belçika'da Lambotte klavikula, 1913'te Almanya'da Schöne radius ve ulna kırıklarının tedavisinde medüller kanala çivi yerleştirme yöntemini kullanmışlardır.

1897'de Norveçli Nicolaysen intramedüller çivileme prensiplerini yayınlamıştır.

I. Dünya Savaşı sırasında Hey Groves İngiltere'de kırık tedavisinde intramedüller çivileri kullanmıştır (30).

Günümüzde kullanılan standart intramedüller çivilerin babası olarak Küntscher kabul edilmektedir. Küntscher II. Dünya Savaşı sırasında femur kırıklarının tedavisinde önce V daha sonra Y şekilli çivileri kullanmıştır. Küntscher ve Maatz'ın birlikte yazdığı intramedüller çivileme tekniği ile ilgili ilk kitap 1944 yılında yayınlanmıştır. Küntscher bu kitapta günümüzde kullanılan yonca yaprağı şekilli çivileri tanımlamış, kapalı redüksiyonun ve intramedüller kanalın bütünlüğünün sağlanmasının zorluğu üzerinde durmuştur (30).

1950'de Strayker tarafından reamerlama tarif edilmiş, 1953'te ise Modny tarafından kilit vidalı çivi dizayn edilmiştir.

1960'lı yıllarda Kaesman kompresyonlu çivileme tekniğini tarif etmiştir (30).

1970 yılında Ender eğilebilir çivilerle kırık tedavisi yapmıştır (30).

1988'de yonca yaprağı şekilli çiviler yaygın şekilde kullanılmaya başlanmış ve bu arada çivilere femurun anatomik şekli verilmeye başlanmıştır (30).

#### **4.3.2. Boy Uzatmanın Tarihçesi**

En eski ve en çok kullanılan distraksiyon osteogenezisi yöntemi, Ilizarov yöntemidir. 1951 yılında Rus ortopedist Gavriel Ilizarov tarafından geliştirilmiştir.

İntramedüller çiviler, kırık tedavisinde kullanılmalarının yanı sıra ekstremitte uzatmalarında da kullanılmaktadır. Ekstremitte uzatmalarında kullanılan intramedüller çiviler, önceleri bir eksternal fiksator ile beraber uygulanmış ve destek amaçlı kullanılmıştır.

Bost ve Larsen (31) 1956 yılında hizalama kontrolündeki zorluğu elemine etmek için bir eksternal cihaz ve ilk kuşak, kilitsiz intramedüller çivi ile femur uzatma işlemini rapor etmişlerdir.

Paley ve arkadaşları (32), 1997 yılında distraksiyondan sonra eksternal cihazın erken çıkarımına imkan veren intramedüller çivi ile uzatma tekniğini tanımlamışlardır.

Diğer bir taraftan aynı dönemlerde intramedüller çivilerin ekstremitte uzatmalarında tek başına kullanılması gündeme gelmiştir. Bu amaçla kendinden uzayabilen intramedüller çiviler geliştirilmeye başlanmış, farklı birçok tasarım ve uygulama ortaya konmuştur.

Baumann ve Harms (33), 1977 yılında, 10 köpek femur üzerinde, harici kablolu sürücüsü tarafından aktive olan ve uzayabilen intramedüller çivi çalışması yapmıştır ancak insanlar üzerinde bu çalışma rapor edilmemiştir.

1984 yılında, Bliskunov (34), ilioma bağlantılı olan uzatma çivisi geliştirmiştir. Bu çivi, proksimal femur ve pelvisin iliak kanadı arasındaki hareketin, uzama işlemi için tahrik kuvveti olarak kullanılması esasına göre çalışmaktadır. Şiddetli ağrı ve cihazın arızalanması çok sık görülen komplikasyonlardır.

Witt ve Jager (35) tarafından yine 1977 yılında, koyun modelinde, elektronik olarak kontrol edilen, 2 parça distraksiyon plakası, güç ve kontrol ünitesinden oluşan bir distraktör kullanılmıştır. Ancak bu intramedula olarak kullanım için oldukça geniş boyutlardadır.

1990 yılında, Betz ve arkadaşları (36) elektronik bir harekete geçirici (aktuatör) tanımladılar. Bir versiyonunda batarya ile diğer versiyonunda endüktif akım ile güç sağlanmaktadır. Teleskopik olarak uzayan, silindirik ve motorize olan aktuatör kullanılmıştır.

Baumgart ve arkadaşları, 1997 'de Fitbone adı verilen, elektronik olarak aktive edilen teleskopik çivi ile 12 femurda uzatma gerçekleştirmişlerdir (37). Bu cihaz hala günümüzde kullanılmaktadır.

1992 yılında Guichet ve Grammon tarafından Albizzia çivisi dizayn edilmiştir (38). Torsiyonel olarak aktive edilen, mekanik olarak çalışan bu uzatma cihazı, her 20<sup>0</sup> rotasyon sonrası 0,07 mm uzatma gerçekleştirmektedir. Çivinin rotasyonu, osteotomi sahasındaki torsiyonel hareket sayesinde sağlanmaktadır (39).

J. Dean Cole , 2001’de The İntramedüllery Skeletal Kinetic Distractor (ISKD) adında yine osteotomy sahasında torsiyonel hareket ile aktive olan teleskopik çivi geliştirmiştir.

Bütün bu çalışmalarda gerek hasta mobilitesinde zorluklar ve gerekse uzamayı sağlayan mekanizmaların yetersizliği, uygulama güçlükleri ve enfeksiyon gibi çeşitli komplikasyonlar ortaya çıkmıştır

#### 4.4. Eksternal Fiksatorler

Eksternal fiksator, vücut dışarısına yerleştirilen bir aygıttır. Pinlerin ve vidaların, cilt, kas ve yumuşak dokuları geçerek kemiğe tutturulması amacıyla kullanılır (40).

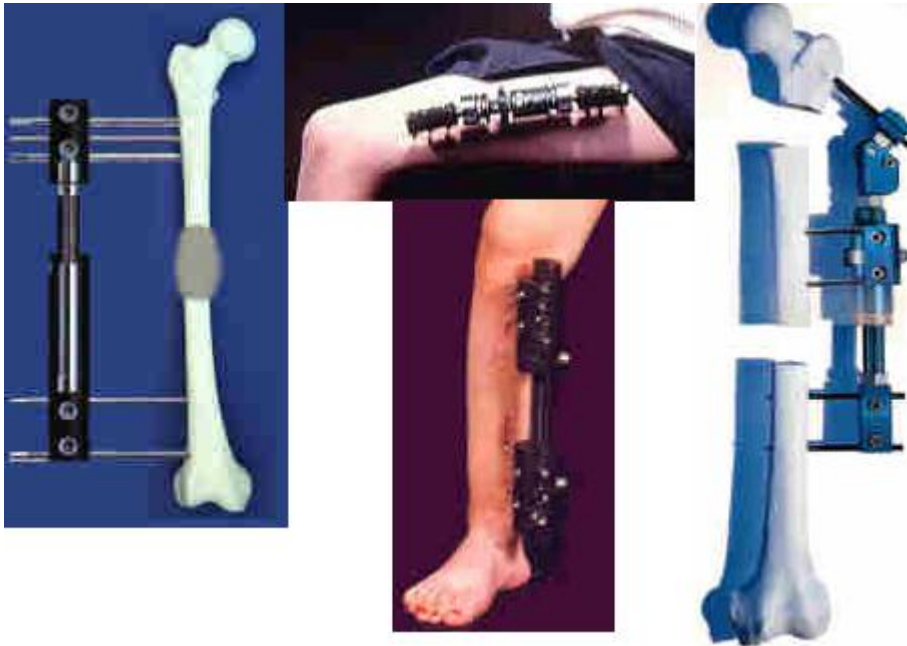
Eksternal fiksatorlerin çeşitli tipleri vardır.

- Unilateral
- V-Shape
- Circular

Unilateral Eksternal Fiksatorler:

Unilateral eksternal fiksatorler, ekstremitenin tek tarafına uzunlamasına yerleştirilirler. Uyluk kemiğinde fiksator dış lateral kısma, alt bacakta ise iç veya medial kısma yerleştirilir.

Eksternal fiksatorün ana gövdesi, 4-6 mm çaplı pinler veya vidalar ile kemiğe monte edilmektedir (40).



Şekil 5. Unilateral eksternal fiksatorler

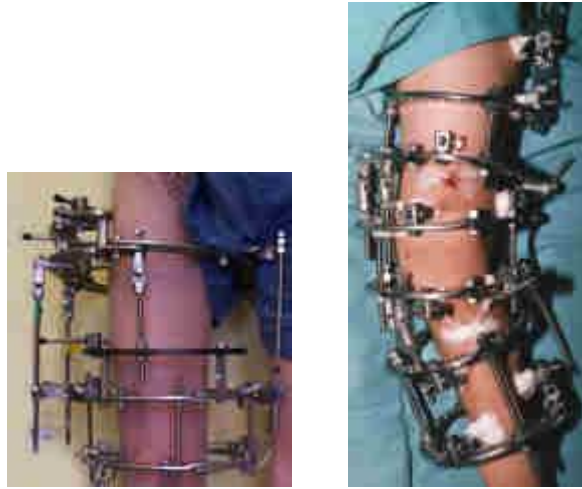
V-Shape eksternal fiksatorler, iki unilateral eksternal fiksatorün açılı oluşturacak şekilde yerleştirilmesi ile oluşur.



Şekil 6. V-Shape eksternal fiksator

Circular eksternal fiksatorler, unilateral eksternal fiksatorler ile karşılaştırıldığında, kemik fragmanlarının stabilitesi daha iyi olmaktadır. Daha küçük pinler veya teller ( 1.5 – 2 mm ) kullanılmaktadır. Ancak, circular fiksatorler hastalar için daha az konforludur bu da çoğu zaman neden unilateral fiksatorlerin tercih edildiğinin bir göstergesidir (40).

Circular fiksatorler, birden çok ekseninde düzeltmeli, kompleks uzatmalara imkan tanımaktadır. İlk eksternal fiksator Ilizarov tarafından dizayn edilmiştir.



Şekil 7. Circular eksternal fiksatorler

#### 4.4.1. Ilizarov Yöntemi

Ilizarov yöntemi, 1951 yılında Rus ortopedist Gavriel Ilizarov tarafından geliştirilmiştir. En eski ve en çok kullanılan distraksiyon osteogenezisi yöntemidir.

Yöntem, aşağıdaki kısımları kapsamaktadır.

Ilizarov aparatları; halkalar, rotlar ve Kirschner telleri (41).

Uygulanışı:

Parçalanmış, bozunmuş ve devaskülarize olmuş kemik çıkarılır ve bir boşluk bırakılır. Üst kemiğin sağlıklı olan kısmı eksternal testere yardımıyla iki parçaya ayrılır. Daha sonra, 1.5 mm çapındaki Kirschner telleri kaslar ve kemik içerisinden geçerilir ve tellerin uç kısımları ilizarov halkalarına bağlanır, böylece ayak sabitlenir. Ortadaki kemiğe bağlı olan vidalar günde 1 mm çevrilir ve böylece büyüme zonu içerisinde oluşan yeni kemik dokusu kademeli olarak boşluğu azaltacak yönde çekilir. (1 mm optimal kemik distraksiyon oranı olarak bulunmuştur. Çok fazla uzatma, yumuşak dokuların gerilmesine ve ağrı ile beraber kemiğin boşluğu doluramamasına neden olur. Çok yavaş uzatma ise kemiğin uzatma işlemi tamamlanmadan sertleşmesine neden olur.)

Boşluk kapandıktan sonra hasta, yeni kemik sertleşip kuvvetlenene kadar halkaları takmaya devam eder. Bacağın yeniden kullanılabilmesi için gereken bekleme süresi genellikle 120 gündür (42).

Ilizarov yöntemi, hasta için ağırlı, rahatsız edici bir uygulamadır. Konsolidasyon süresi oldukça uzundur (22). En sık görülen komplikasyon çivi yolu enfeksiyonudur. Halkalar paslanmaz çelikten yapılmakta ve ağırlığı 7 kilografa kadar çıkmaktadır.

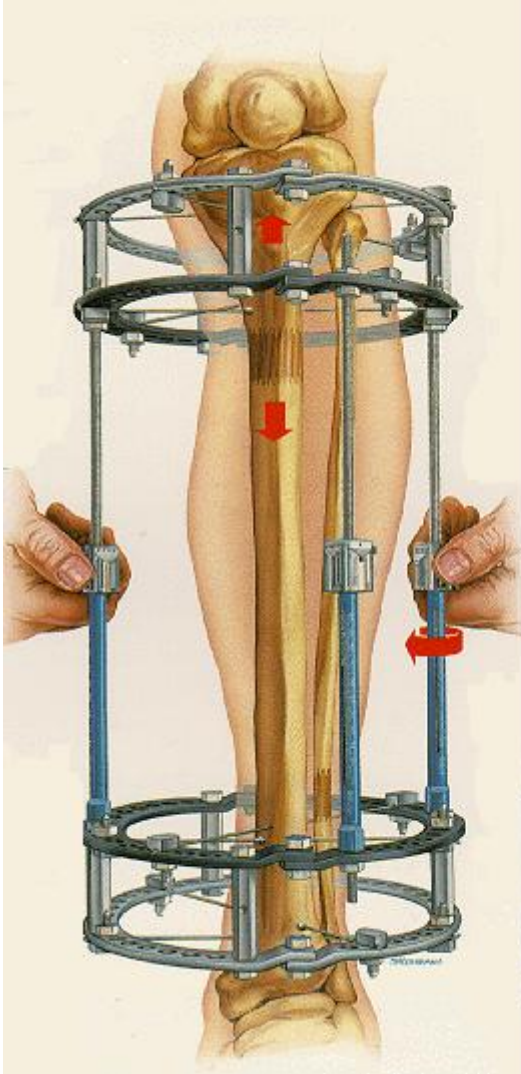
Yöntemin avantajları:

1. Kemik oluşumunu simüle eder.
2. Vaskülarizasyonu ve kemik iyileşmesini artırır.
3. Ekleme yakın uygulama şansı vardır.
4. Revizyon imkanı vardır.
5. Deformiteler düzeltilebilir.
6. Hasta, ameliyat sonrası tüm ağırlığını vererek yürüyebilir ve bu da hastanın sosyo-ekonomik yaşantısını engellememiş olur.
7. Alt ve üst eklemler amaliyat sonrası mobilize edilebilir, bu da osteopeni gibi komplikasyonların oluşumunu engeller.



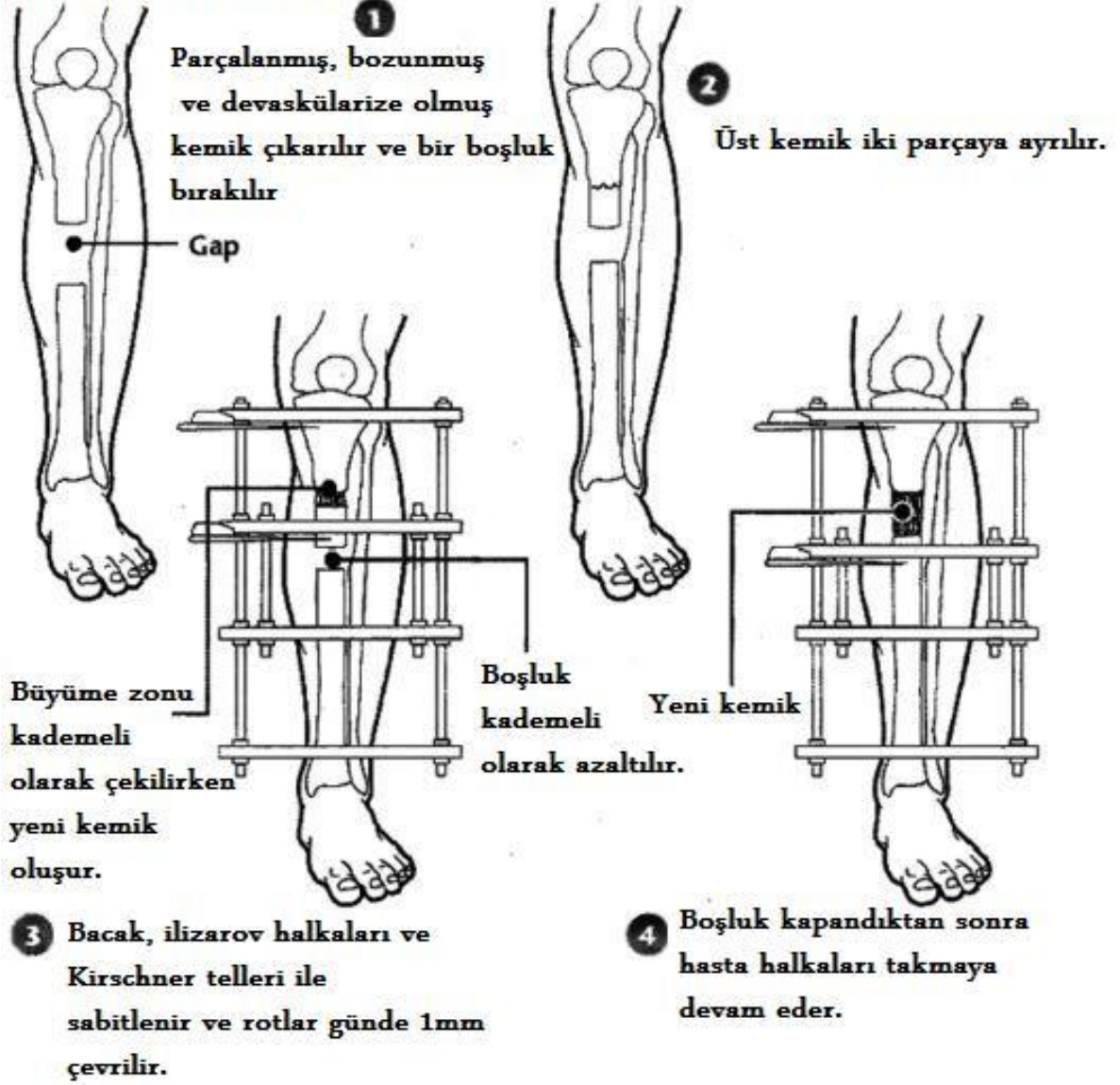


Şekil 8. Gavriel Ilizarov



Şekil 9. İlizarov sistemi

## İlizarov Yöntemi



Şekil 10. İlizarov yöntemi şematik anlatım.

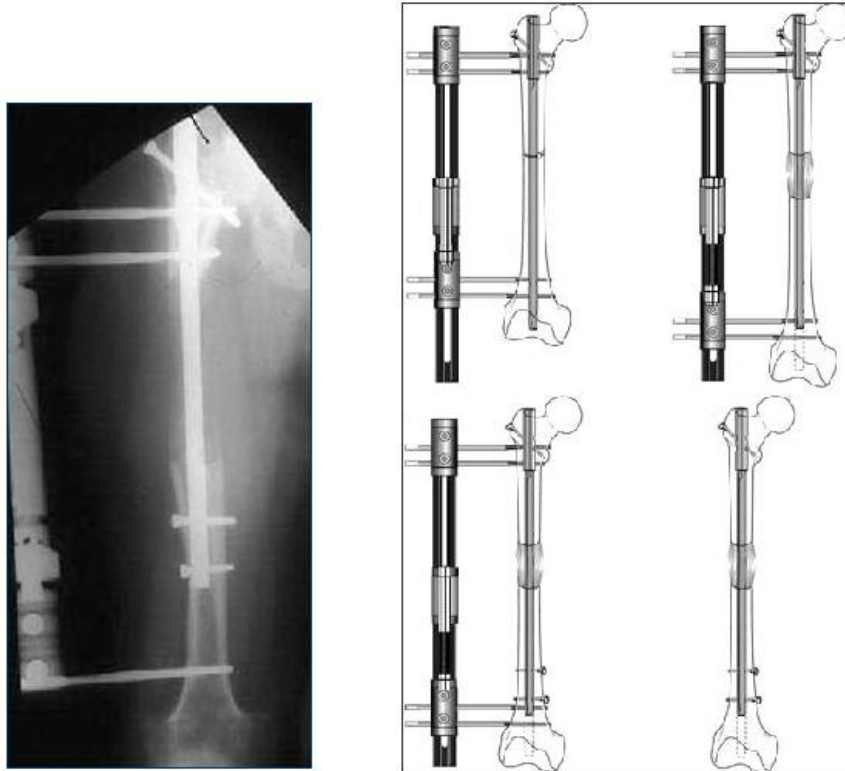
#### 4.4.2. External Fiksator ve İntramedüller Çivi (LON)

LON'un ( Lengthening Over Nails) kullanımındaki öncülüğü, 1990 'lı yıllarda Dr. Paley ve Herzenberg yapmıştır (32). Cerrahide başlangıçta, femur intramedüller kanalı içerisine metal rot (intramedüller çivi) yerleştirilir ve sonra bir eksternal fiksator kemiğe tutturulur. Uzatma sırasında, kemiğin alt kısmı rot üzerinde kayarken, etrafında yeni kemik oluşur. Kemik tamamen uzadığında eksternal fiksator çıkarılır ve rot, kemik segmentine cerrahi olarak sabitlenir (50,51).

Uzatma esnasında rot destek görevini görür. Uzatma fazının sonunda metal rotu çıkarmak için ikinci bir cerrahi operasyon gerçekleştirilir.

LON, uzatma fazı süresini iki-üç ay azaltır. Tek başına eksternal fiksatöre göre yarı yarıya zaman kazandırır.

LON uygulamasındaki en önemli sorun çivi yolu enfeksiyonunun intramedüller yayılımı riskidir.



Şekil 11. Eksternal fiksator ve intramedüller çivi uygulaması

## 4.5. Uzayabilen İntramedüller Çiviler

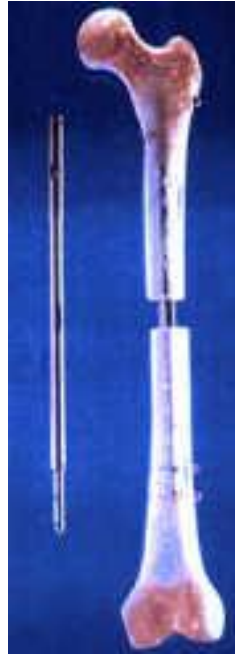
### 4.5.1. ALBIZZIA

GEN (Gradual Elongation over intramedüllery Nail) (47) olarak da adlandırılan Albizzia, 1987 yılında Dr. Jean-Marc Guichet tarafından Fransa’ da geliştirilmiştir.

Albizzia çivisi, birbiri üzerinde kayan 316L paslanmaz çelik iki tüp ve bunlara bağlı bir dişli çark mandalından meydana gelmektedir. 60 mm ve 100 mm uzatma sağlayan iki versiyonu vardır (48).

Albizzia çivisi, diğer intramedüller çiviler gibi osteotomi yapıldıktan sonra kemik intramedüller kanalına yerleştirilerek distal ve proksimalden vida ile sabitlenir (49).

Uzatma işlemi, ayağın içe ve dışa doğru 20<sup>0</sup> döndürülmesi ile gerçekleştirilir. Bu işlemi hasta kendisi veya doktoru gerçekleştirebilir. Günde 3 defa 5’er kez olmak üzere toplam 15 kez bacağın içe ve dışa döndürülmesi sonucunda kademeli olarak 1 mm distraksiyon elde edilir. Eğer femoral çivi ise diz ve bacak, tibial çivi ise ayak döndürülerek distraksiyon gerçekleştirilir (48). Uzatmayı gerçekleştirmek için 500N’ luk tork kuvveti gereklidir (39).



Şekil 12. Albizzia çivisi



Şekil 13. Albizzia çivisi çalışma sistemi

#### Avantajları :

1. Düşük enfeksiyon riski
2. Uzatma dönem süresinin kısalığı
3. Daha küçük insiziyon alanı
4. Nörolojik komplikasyonların azlığı.

#### Komplikasyonlar

Uzatma işlemi sırasında, hastaların özellikle erken dönemlerde oldukça fazla ağrı duyması nedeniyle gerekli görüldüğü durumlarda bacağın rotasyonu sırasında 5-10 dakikalık genel anestezi uygulamak durumunda kalınmaktadır. Kasların gevşek durumda olması gerektiği için her seferinde fizyoterapist desteği gerekmektedir (48). Çoğu zaman hasta rotasyon işlemini tek başına gerçekleştirememekte ve başkasının yardımına gereksinim duymaktadır. Ayrıca bu sistem ile aks düzeltmelerinin gerçekleştirilmesi oldukça güçtür.



#### 4.5.2. ISKD

ISKD, distal ve proksimal kısım olmak üzere birbirinden ayrı iki teleskopik parçadan oluşmaktadır (52). Bu kısımların içerisinde uzatma hareket mekanizması ve uzama miktarı geri bildirim sistemi bulunmaktadır. Uzatma mekanizması, proksimal ve distal kısımların arasındaki dönme hareketini doğrusal distraksiyon hareketine dönüştüren iki adet tek yönlü dişli çark ve bir dişli milden oluşmaktadır. Distraksiyon tek yönde gerçekleşmekte ve geri dönüşü olmamaktadır. Uzama miktarı geri bildirim sistemi, yivli rod üzerine yerleştirilmiş statik samaryum kobalt mıknatısından oluşmaktadır. Yivli rod döndüğünde mıknatıs da döner. Mıknatısın kutupları ve pozisyonu, el monitörü tarafından algılanır ve mıknatısın pozisyonuna göre gerçekleşen uzama miktarı hesaplanır. Mıknatısın her 360° lik dönüşü 0.75 mm lik distraksiyona eşittir (52).

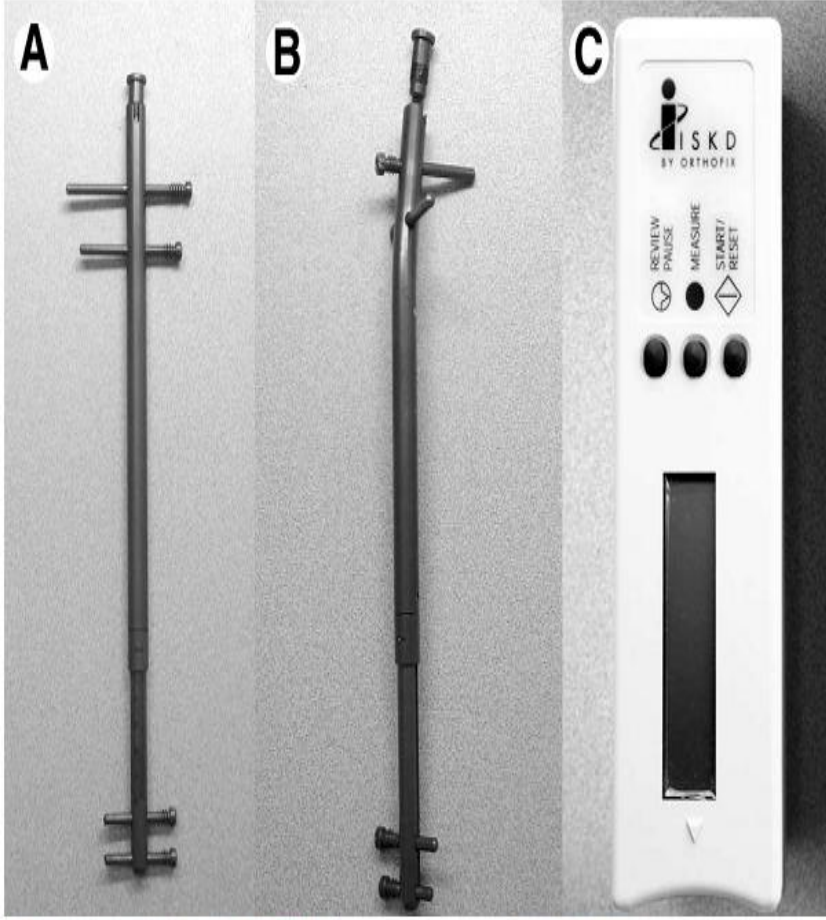
Monitör ayrıca, belirli aralıklarda ölçüm alınabilmesi için hastayı uyaran alarm sistemine sahiptir (53).

Hasta rotasyonel olarak bacağına manuel ya da yürüme sırasında hareket ettirdiğinde, cihaz dereceli olarak distrakte olmaktadır (53).

ISKD' nin her parçası dayanımı ve biyouyumluluğu maksimum seviyeye çıkarmak için Ti<sub>6</sub>Al<sub>4</sub>V alaşımında imal edilmiştir (53).



Şekil 14. ISKD intramedüller çivisi



Şekil 15. ISKD sistemi ve manyetik kontrol ünitesi

#### 4.5.3. FITBONE

Almanya’da WITTENSTEIN (43) firmasının geliştirdiği ve ilk olarak Prof.Dr. Augustin Betz tarafından kullanılan elektromekanik bir sistemdir.

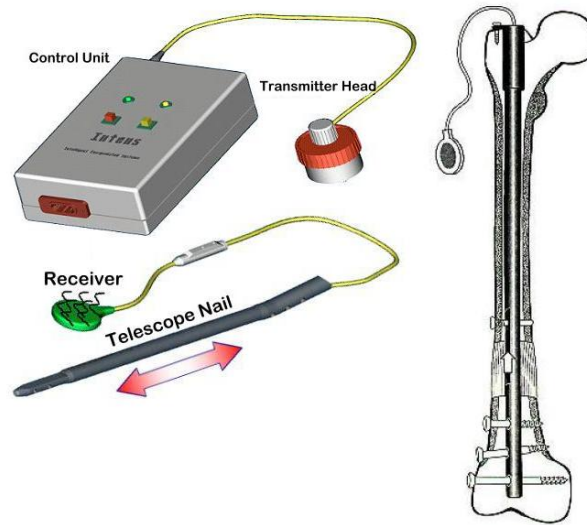
Teleskopik intramedüller çivi, çivi içerisine entegre edilmiş elektromekanik kısım, bu kısım bağlı elektronik modül, kalp pili pacemaker benzeri indüksiyon alıcısı ve harici bilgisayar destekli kontrol ünitesinden oluşmaktadır.

Elektromekanik kısım, intramedüller çivinin proksimal bölümünde bulunmaktadır. Bu kısımda, 10 mm çapında motor yer almaktadır. Motor, tork kuvvetini, bir dişli çark ve mil yardımıyla aksiyel harekete dönüştürür (37). 10 mm’lik motor tarafından üretilen güç 1000 N olarak test edilmiş ve teknik modifikasyonlardan sonra bu güç neredeyse femurun distraksiyonu için gereken gücün iki katı olan 1800 N ‘a kadar çıkarılmıştır (44,45).

Teleskopik intramedüller çivi, ostetomi yapıldıktan sonra kemik intramedüller kanalları içerisine, intremadular çiviye bağlı indüksiyon alıcısı da cilt altına yerleştirilir. İmplant ile vücut dışı arasında direkt bağlantı yoktur (43,46).

Uzatma işlemi, harici kontrol ünitesinden gelen yüksek frekanslı sinyallerin, cilt altındaki alıcıya ulaşması, alıcının sinyalleri elektronik modüle iletmesi ve modülün elektromekanik kısmı aktive etmesi sayesinde teleskopik intramedüller çivinin uzaması ile gerçekleştirilir.

Cerrahi sonrasında ilk 5-7 gün hasta insizisyon bölgesinin iyileşmesi için dinlendirilir ve sonrasında uzatma işlemine başlanır. Uzatma dönemi içerisinde hastanın ayağına yük vermesi sağlanır.



şekil 16. FITBONE sistemi

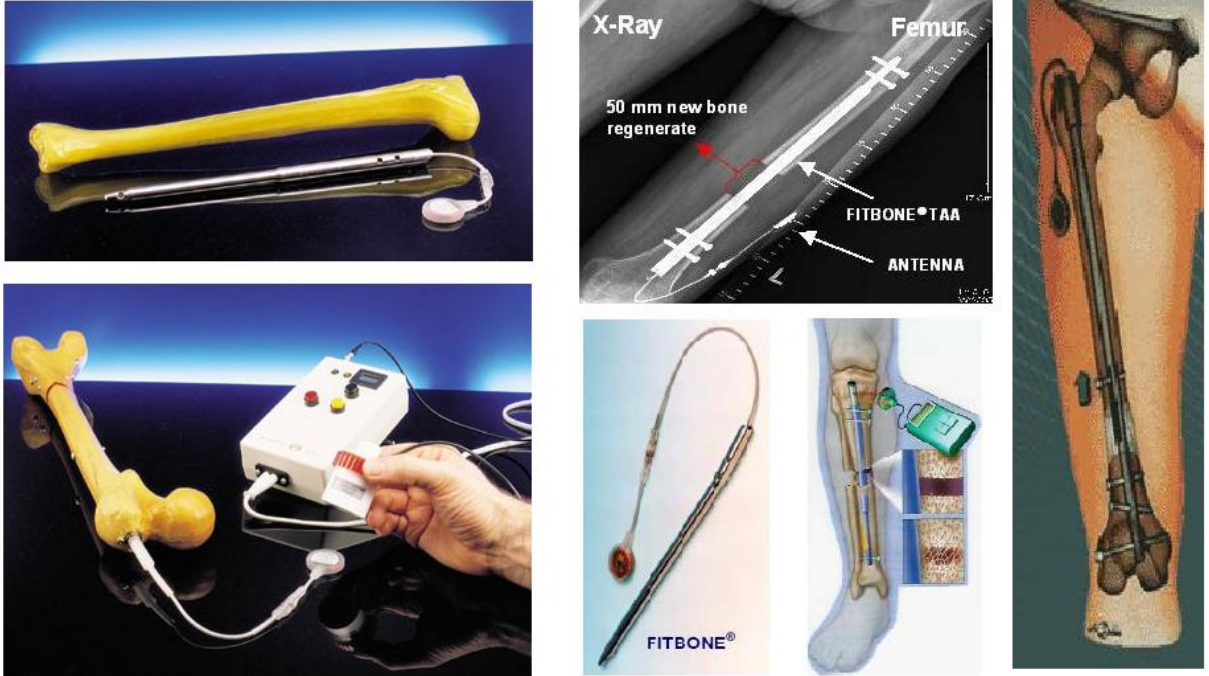


#### Avantajları:

1. Enfeksiyon riskini en aza indirir.
2. Ağrıyı en aza indirir.
3. Kolay kullanım
4. Kozmetik açıdan iyi sonuç.
5. Kısa uzatma süresi
6. İndirgenmiş doku hasarı.
7. Kompleks düzeltme ve uzatma mümkün
8. Minimal invaziv cerrahi

#### Komplikasyonlar:

1. Alıcının kaplosunun kopması
2. Motorun arızalanması
3. Elektronik ünitenin devre dışı kalması.



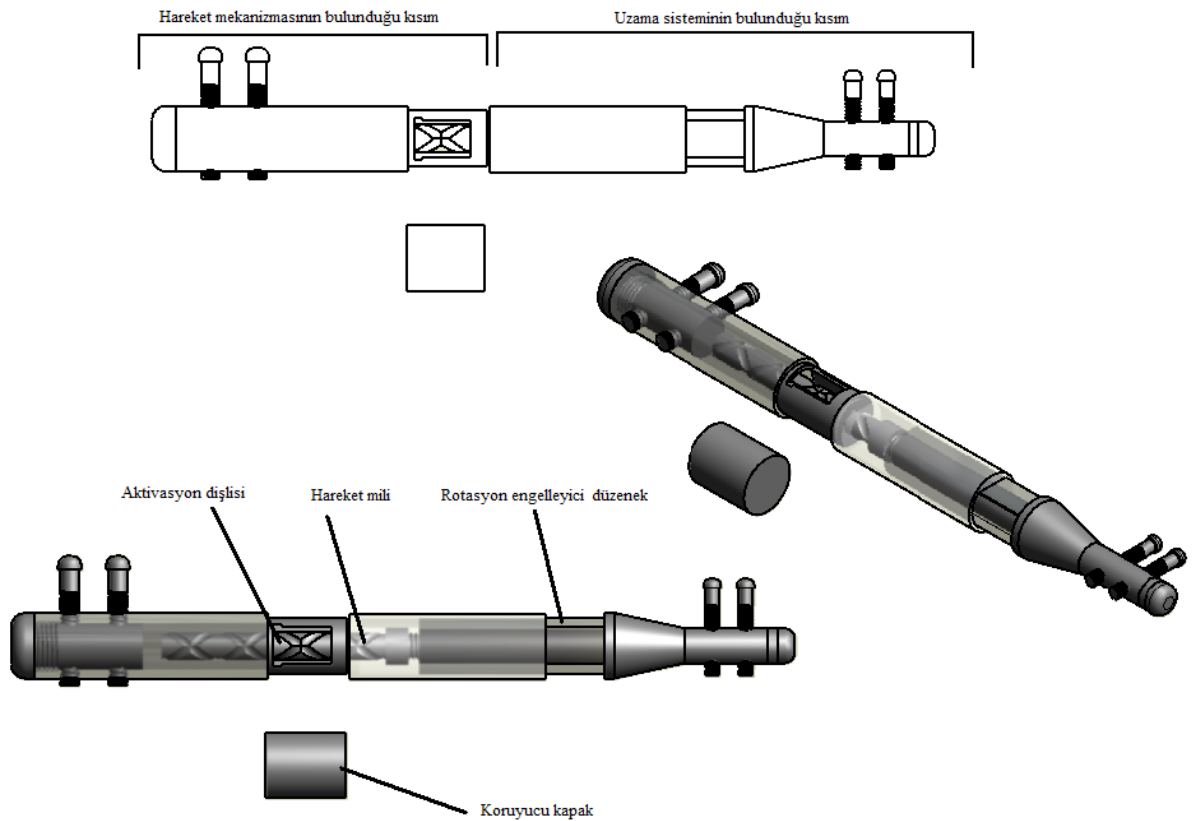
Şekil17. FITBONE sistemi ve uygulaması

## 5. GEREÇ VE YÖNTEM

### 5.1. İntremedüller çivi dizaynı:

Tasarlanan intramedüller çivi, biyolojik ve biyomekanik koşullara uygun olması açısından 316 L paslanmaz çelikten imal edilmiştir. Hareket mekanizmasının bulunduğu kısım ve uzama sisteminin bulunduğu kısım olmak üzere birbiri içine geçen iki ana parçadan oluşmaktadır.

Dış çapı 14 mm ve ilk boyu 170 mm olarak dizayn edilmiştir. Hareket mekanizmasının bulunduğu parça içerisinde, bir hareket mili ve bu mil üzerinde konumlandırılmış aktivasyon dişlisi, dişlinin çalışmasını kontrol eden kontrol anahtarı, koruyucu kapak ve yay bulunmaktadır. Uzama sisteminin bulunduğu kısımda ise, sabit adımlı mil ve rotasyonu engelleyici düzenek yer almaktadır.



Şekil 18. Yeni geliştirilen intramedüller sistem

## 5.2. Çalışma prensibi:

Sistemin iki ana parçası bulunmaktadır. Hareketin olduğu A parçası üzerine yüklenme olduğu zaman sistemin içerisindeki elastik parça yükü aktarmakta ve ortadaki hareket milini aktive etmektedir.

Aktive olan ortadaki mil üzerinde aktivasyon dişlisi rotasyonel hareket etmekte ve milin distaldeki sonsuz dişli olan kısmının dönmesine imkan sağlamaktadır. Milin alt kısmında sabit adımlı yiv sistemi bulunmaktadır. Milin üst bölümündeki aktivasyon dişlisi yardımıyla oluşan dönme hareketi milin alt bölümündeki sonsuz dişlinin dönmesini de sağlamakta ve hareket mili, sabit adımlı yiv sistemi nedeniyle distaldeki sonsuz dişli dönerken B parçası içerisinde çıkmaktadır. A ve B parçalarının uzama eyleminde rotasyonunu engellemek için silindirik yapı yerine kenarları köşeli bir sistem düzenlenmiştir.

İntramedular çivinin implantasyonu sonrasında, uzatma işlemine başlamak için gerekli olan biyolojik şartların oluşmasının ardından hastanın, opere olan ayağının üzerinde, ayak tabanının yer ile teması kesilmeden ani yüklenmesi ile sistem harekete geçmekte ve her yüklenmede 0,1 mm uzama kaydedilmektedir. Bu şekilde günde 10 kez hareket tekrarlandığında bir günde toplam 1mm uzama sağlanmaktadır.

## 5.3 Ön Çalışma:

İntramedular çiviler ile boy uzatma işlemleri sırasında distraksiyonun sağlanması için gereken kuvvetlerin bilinmesi, bu amaçla geliştirilen sistemlerin tasarımı ve çalışma prensibini tayin etme açısından son derece önemlidir. Distraksiyon kuvveti bilinirse, bu kuvveti yenebilecek güçte bir mekanizma tasarlanması ve çalışma prensibinin bu kuvvetlere göre oluşturulması mümkün olabilecektir.

Bu amaçla, laboratuvarımızda diz üstü ampüte bacak kadavralarında distraksiyon kuvvetleri ölçülmüştür. Ölçümler Schimadzu AG-10 test cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Ayak yatay ve dikey konumda iken 1mm distraksiyon için gereken minimum kuvvetler ölçülmüş ve bu ölçümler sonucunda yatay pozisyonda ortalama 220 N, dikey pozisyonda ise ortalama 70 N distraksiyon kuvveti gerektiği saptanmıştır.

Bu veriler ışığında intramedüller çivimizin uzatma işlemini gerçekleştirebilmesi için gerekli kuvveti sağlayacak şekilde tasarımı düzenlenmiştir.

Üretilen intramedüller çivi prototipi sentetik femur ( Saw-bone) içerisine yerleştirilerek Shimadzu AG-10 test cihazı ile sıklık yüklemeye tabi tutulmuş, böylece sistemin çalışması ve her bir yüklenmede ne kadar uzama kaydettiği test edilmiştir.



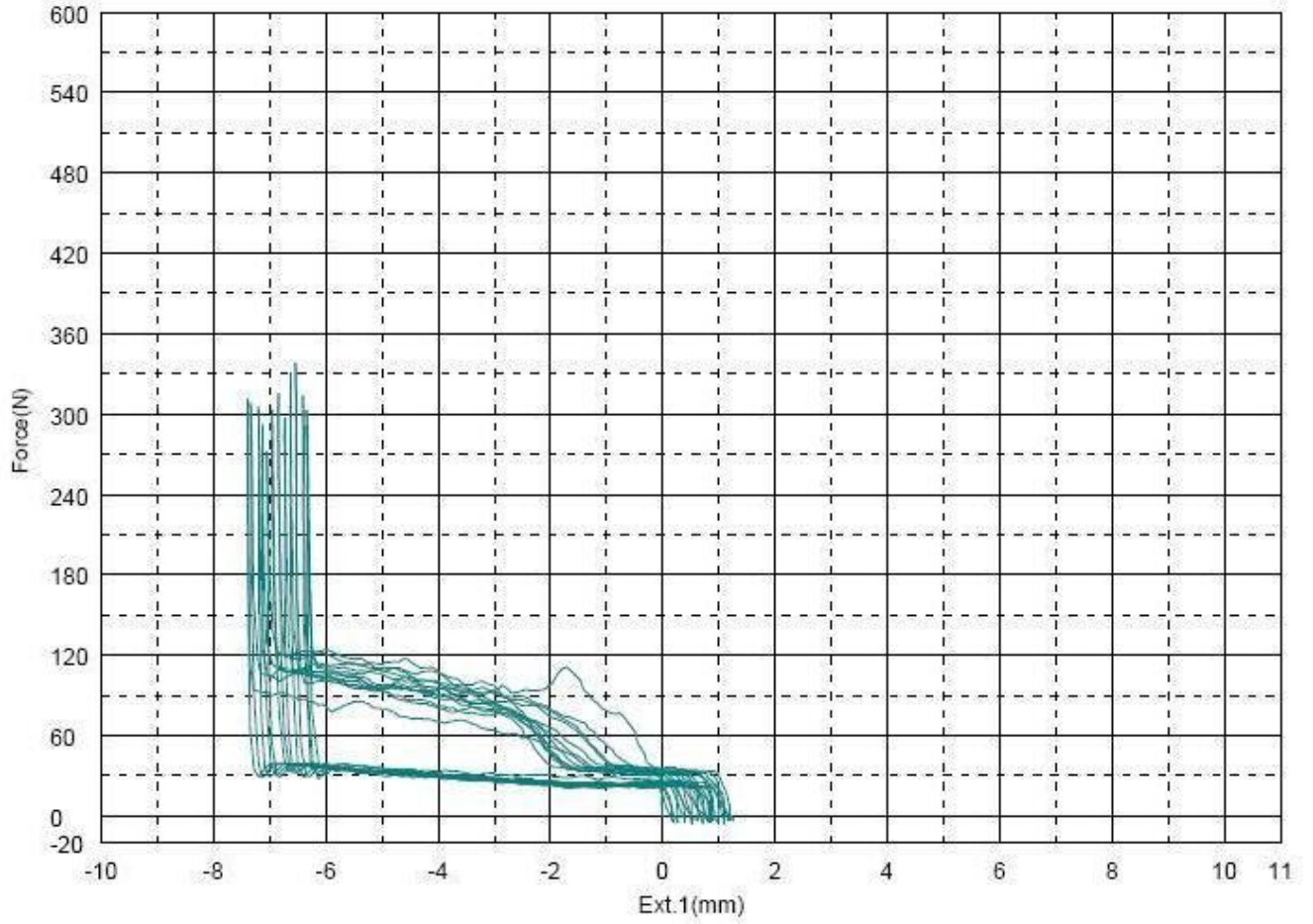
Şekil 19. Sistem çalışma deneyi ve test cihazı

## 6. BULGULAR

Yapılan ölçümler sonucunda intramedüller çivi her bir yüklenme sonucunda 0,1 mm uzama kaydetmiştir.

Tablo 1. Sitem çalışma deneyi sonuçları

Name	Max Force	Max Disp	Min Force	Min Disp
Units	N	mm	N	mm
Cycle #1	310.781	-7.3938	-3.7500	0.17812
Cycle #2	308.438	-7.3406	-5.0000	0.26563
Cycle #3	305.313	-7.1969	-4.6875	0.39063
Cycle #4	292.500	-7.1250	-5.4688	0.51563
Cycle #5	272.656	-7.0500	-2.8125	0.61563
Cycle #6	303.594	-6.9500	-5.6250	0.70938
Cycle #7	315.469	-6.8438	-4.3750	0.80937
Cycle #8	297.188	-6.7344	-2.8125	0.81250
Cycle #9	330.469	-6.6344	-4.8438	0.84375
Cycle #10	338.438	-6.5406	-5.3125	0.99687
Cycle #11	314.063	-6.4094	-5.1563	1.09375



## **7. TARTIŞMA**

Ekstremitte uzatmalarında, cerrahi yöntem olarak eksternal fiksasyon ve intramedüller çivi uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Her iki yöntem de kallus distraksiyonu prensibine dayanmaktadır.

Eksternal fiksasyon ile kallus distraksiyonu, ekstremitte uzatmada yaygın olarak benimsenen bir tedavi yöntemi haline gelmiştir (54,55,56,57,58,32).

Ancak bu yöntemde komplikasyon görülme oranları oldukça yüksektir. Eksternal ekstremitte uzatmalarında komplikasyon oranları, uzatma miktarı, cerrahın tecrübesi ve hastanın yaşına bağlı olmak üzere %24 lerden başlamaktadır (54,61,60,58,22,32). Çivi yolu enfeksiyonları, fiksasyon çivileri ve tellerinden kaynaklanan ağırlar komplikasyonların en çok görülen nedenleridir.

Komplikasyonlar sadece fiksatörün yerleştirildiği zaman ile sınırlı değildir. Uzatma işlemi sonunda eksternal fiksatörün çıkarılması kritik bir aşamadır. Fiksatörün çıkarılmasından sonra bile, yer değiştirme ve tekrar kırılmalar gibi ilave komplikasyonlar sıklıkla meydana gelmektedir (32,61,22). Birçok hasta, ağırlı yumuşak doku transfiksasyonu, azalan eklem hareketliliği, normal günlük aktivitelere dönüşün uzun zaman alması gibi nedenlerle eksternal fiksatör uygulamasından memnun olmamaktadır (62,63).

Bununla birlikte eksternal fiksatörlerle uzatma, ikincil aksiyel deformitelere ve yeni oluşan kemikte kırılmalara yol açabilmektedir (64,22,65,66).

Aynı zamanda, intramedüller çivi ile eksternal fiksatörlerin kombinasyonunda da yetişkinlerde yüksek oranda komplikasyon görülmektedir (32,67,68,69,26). Çocuklarda daha % 11 gibi daha düşük komplikasyon oranı rapor edilmiştir (70). Bununla beraber, sadece distraksiyon sırasında uygulanan intramedüller çivi ve geçici eksternal fiksatör kombinasyonu, enfeksiyon riskini ve eksternal fiksasyon süresini azaltmaktadır (32,71).

Son yıllarda ekstremitte boy eşitsizliklerinin cerrahi olarak düzeltilmesinde intramedüller çivi ile uzatma teknikleri ön plana çıkmıştır.

Bu tekniklerdeki ilerlemelere rağmen komplikasyonlar, bu prosedürlerden geçen hastaların en büyük sorunu olmaya devam etmektedir. Farklı ekstremitte uzatma tekniklerini kullanan klinik çalışmalar gözden geçirildiğinde, her yöntemde komplikasyonların yaygın olduğu görülmektedir (26,80).

Uygulanan her yöntemde, gerek o yönteme özgü gerekse genel olmak üzere bir çok komplikasyon görülmektedir. Albizzia, ISKD ve Fitbone gibi günümüzde mevcut olan ve yaygın olarak kullanılan yöntemler ayrı ayrı incelendiğinde, bu yöntemlere özgü komplikasyonlar açıkça gözlenebilmektedir.

Albizzia çivisinde, uzatma için ihtiyaç duyulan rotasyonlar, ağrı ve rahatsızlığa neden olmaktadır (13). Albizzia takılan çok sayıda hasta ( %22- %39 ) tekrar hastaneye başvurmuş ve osteotomi sahasında oluşan rotasyonlar sonucu oluşan rahatsızlık ve ağrı nedeniyle, uzatma işleminin bazı aşamalarında çivinin rotasyonu için genel veya epidural anesteziye ihtiyaç duyulmuştur (13,72). Albizzia çivisi uygulamasında, eğer distraksiyon için genel anestezi dikkate alınmazsa, tedavi sonrasında komplikasyon oranı %22 ile %29 arasındadır (13,72).

Bizim kendi geliştirdiğimiz mekanik sistemde ise rotasyonel uygulama ve anesteziye gereksinme bulunmamaktadır.

Albizzia çivisi uygulanan olgular ve sonuçları klinik olarak incelenmiş Tablo2, Tablo3, Tablo4 ve Tablo 5' te ayrıntılı olarak verilmiştir.

Bu çalışmalarda elde edilen ortalama uzatma miktarları, Guichet JM ve arkadaşlarının 1995 ' teki uygulamalarında 45,6mm, Garcia-Cimbrello ve arkadaşlarının 2002' deki uygulamalarında 50,0mm ve yine Guichet JM ve arkadaşlarının 2003 yılındaki uygulamalarında unilaterale için 34,0 mm, bilateral için 63,0 mm olarak kaydedilmiştir (73,74,13 ).

Yine bu çalışmalarda, Guichet JM ve arkadaşlarının 1995 ' teki uygulamalarında %10, Garcia-Cimbrello ve arkadaşlarının 2002' deki uygulamalarında % 9 oranında geciken kemik iyileşmesi görülmüştür. Aynı zamanda, çivi kırılması ve eğilmesi oranları 1995 ' te % 2, 2002' de % 4 , 2003 ' te ise % 3 olarak gözlemlenmiştir. (73,74,13)

Tablo 2. Guichet JM et al. (1995) Albizzia uygulaması

<b>Çalışma Detayı</b>	<b>Anahtar Bulgular</b>	<b>Komplikasyonlar</b>
<p><u>Guichet JM et al. (1995)</u></p> <p><b>Olgu Sayısı : 48 ( 52 femoral)</b></p>	<p><b>Uzatma:</b></p> <p>Ortalama elde edilen uzatma miktarı : 45,6 mm , günde 1.11 mm</p>	<p><b>Cerrahi Komplikasyonlar :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Genişletme sırasında femoral çatlak % 2</li> <li>- Genişletmede spontane kemikli kesim % 2</li> </ul>
<p>Kaza : %48</p> <p>Doğuştan : %28</p> <p>Enfeksiyon : % 8</p> <p>Kısa boy : % 8</p> <p>Nörolojik : % 4</p> <p>Diğer : %11</p>	<p>- Ortalama 125<sup>0</sup> diz fleksiyonu</p>	<p><b>Postoperatif Komplikasyonlar:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- % 31 hastada uzatmaya ara vermeyi gerektiren komplikasyonlar</li> <li>- % 25 hastada ilave operasyon</li> <li>- % 8 hastada uzatma tamamlanamadı.</li> </ul>
<p><b>Yöntem : Albizzia</b></p> <p><b>Ortalama takip süresi: 8,9 ay</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Çivi kırılması % 2</li> <li>- Dişlinin aşınması % 10</li> <li>- Proksimal vidanın kırılması % 2</li> <li>- Distal vidanın kırılması % 2</li> <li>- Uzatma çivisinin kilitlemesi % 16</li> <li>- Çivinin kırılması sonrası kırık % 2</li> <li>- Peroneal sinirlerde geçici felç % 2</li> <li>- Dizin dislokasyonu % 2</li> <li>- Kalçanın dislokasyonu % 2</li> <li>- Osteitin reaktivasyonu % 4</li> <li>- Yüzeysel enfeksiyon % 4</li> <li>- Geciken kemik iyileşmesi % 10 ( grefte iytiyaç duyuldu )</li> </ul>



Tablo 3 . Garcia-Cimbrelo E et al. (2002) Albizzia uygulaması

<b>Çalışma Detayı</b>	<b>Anahtar Bulgular</b>	<b>Komplikasyonlar</b>
<p><u>Garcia-Cimbrelo E et al. (2002)</u></p> <p><b>Olgu Sayısı : 23 ( 24 femoral)</b></p> <p>Çalışma Periyodu : 1993-200</p> <p>Ortalama yaş : 16,8</p>	<p><b>Uzatma:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ortalama elde edilen uzatma miktarı : 50,0 mm</li> <li>- Ortalama distraksiyon süresi : 52 gün</li> <li>- Ortalama konsolidasyon süresi:164 gün</li> </ul>	<p><b>Cerrahi Komplikasyonlar :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Peroneal sinirlerde geçici felç % 2</li> <li>- 1 hastada açık osteotomy (intramedüller testerenin kırılması nedeniyle )</li> <li>- Enfeksiyon yok</li> </ul>
<p>Doğuştan kısalık : 9 kişi</p> <p>Kaza : 2 kişi</p> <p>Gelişimsel bozukluk : 13 kişi</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- % 75 mükemmel</li> <li>- % 17 iyi</li> <li>- % 8 zayıf sonuç.</li> </ul>	<p><b>Postoperatif Komplikasyonlar:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Distal sabitleme vidasının etrafında enfeksiyon % 4</li> <li>- Postoperatif ilk 5 günde ağrı % 22</li> <li>- Uzatma için anestezi ihtiyacı % 9</li> <li>- Valgus tibial deformite % 4</li> <li>- Geciken kemik iyileşmesi % 9</li> <li>- Çivinin eğilmesi % 4</li> </ul>
<p><b>Yöntem : Albizzia</b></p> <p><b>Ortalama takip süresi: 44.7 ay</b></p>		

Tablo 4. Guichet JM et al. (2003) Albizzia uygulaması

<b>Çalışma Detayı</b>	<b>Anahtar Bulgular</b>	<b>Komplikasyonlar</b>
<p><u>Guichet JM et al. (2003)</u></p> <p><b>Olgu Sayısı</b> : 31 ( 41 femoral)</p> <p>Ortalama yaş : 20</p>	<p><b>Uzatma:</b></p> <p>-Unilateral için ortalama elde edilen uzatma miktarı : 3,4cm</p> <p>-</p> <p>-Bilateral için : 6.3 cm</p>	<p><b>Cerrahi Komplikasyonlar :</b></p> <p>- Bacak başına ortalama 574ml kan kaybı</p>
<p>Bilateral uzatma : 10 kişi</p> <p>Unilateral uzatma : 21 kişi</p>	<p>- Ortalama <math>145 \pm 19^0</math> diz fleksiyonu</p>	<p><b>Postoperatif Komplikasyonlar:</b></p> <p>- Uzatma işlemi sırasında tüm hastalarda rahatsızlık ve ağrı görüldü.</p> <p>- % 39 hastada uzatma işlemi sırasında anestezi uygulandı.</p>
<p><b>Yöntem</b> : Albizzia</p> <p><b>Ortalama takip süresi:</b> 50 ay</p>		<p>- Ayak bileği dorsalında hipoestezi % 3</p> <p>- Yüzeysel yara enfeksiyonu % 6</p> <p>- Son takipte düşük ağrı % 10</p> <p>- Çivi çıkarıldıktan sonra femurun kırılması % 6</p> <p>- Drenaj gerektiren apse % 6</p> <p>- Daha önce operasyon geçirmiş 3 hastada majör komplikasyon</p> <p>- Fonksiyonel açıdan hiçbir hasta memnun kalmamış.</p> <p>- Cihaz arızası % 10</p> <p>- Çivi Kırılması % 3</p>

Tablo 5. Guichet JM et al. (2003) Albizzia uygulaması komplikasyon detayları

Olgu No:	Komplikasyon tipi	Tedavi
3	1 Distal çivi çok uzun	Çivinin değiştirilmesi
4	Asimetrik kemik iyileşmesi	Perkütan kemik greftlemesi
6	Apse ve uzatmada sorun	Cerrahi drenaj
7	Sağ tarafta uzatmada sorun Sol tarafta çivi çıkarıldıktan sonra femurun kırılması	Çivinin değiştirilmesi Standart intramedüller çivi yerleştirilmesi
16	Uzatmada sorun	Çivinin değiştirilmesi
17	Çivi çıkarıldıktan sonra femurun kırılması	Standart intramedüller çivi yerleştirilmesi
21	Pseudartroz ve çivi kırılması	Standart intramedüller çivi yerleştirilmesi ve kemik greftlemesi
22	Apse	Cerrahi drenaj ve çivinin değiştirilmesi
31	Prematüre Ossifikasyon	Osteotomy tekrarı

Benzer bir sistem olan ISKD de de rotasyonel hareket mevcuttur ancak bu sistemde oluşturulan manyetik alan ile uzatma miktarı kontrol edilmeye çalışılmaktadır. ISKD implante edilmiş hastaların %27 'sinde, distraksiyon fazında mobilizasyon için genel anesteziye ihtiyaç duyulmuştur. ISKD uygulamasında %11 ile % 47 arasında komplikasyonlar rapor edilmiştir (53,75).

ISKD uygulanan olgular ve klinik sonuçları Tablo 6 ve Tablo 7 'de ayrıntılı olarak verilmiştir (53,52). 2001 'deki çalışmada ortalama 49mm uzatma elde edilmiştir.

Tablo 6. Cole JD et al. (2001) ISKD uygulaması

<b>Çalışma Detayı</b>	<b>Anahtar Bulgular</b>	<b>Komplikasyonlar</b>
<p>Cole JD et al. (2001)</p> <p><b>Olgu Sayısı : 18 ( 20 kemik )</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 femur</li> <li>- 14 tibia</li> </ul> <p>Çalışma Periyodu : 1995-1998</p> <p>Ortalama yaş : 40</p>	<p><b>Uzatma:</b></p> <p>Ortalama elde edilen uzatma miktarı : 49 mm , günde 0.82 mm</p>	<p><b>Cerrahi Komplikasyonlar :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rapor edilmemiş</li> </ul>
<p>-Travma, enfeksiyon, polio sonucu bacakta kısalık</p>	<p>- 18 hastanın 15'i daha önce eksternal fiksasyon ile tedavi edilmiş.</p>	<p><b>Postoperatif Komplikasyonlar:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kırık yok</li> <li>- Uzatma sırasında fazla ağrı yok</li> <li>- Enfeksiyon yok</li> </ul>
<p><b>Yöntem : ISKD</b></p> <p><b>Ortalama takip süresi: 28 ay</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cihaz arızası % 10</li> <li>- İkinci operasyon % 10</li> </ul>

Tablo 7. Thonse R et al. (2005) ISKD uygulaması

<b>Çalışma Detayı</b>	<b>Anahtar Bulgular</b>	<b>Komplikasyonlar</b>
<p>Thonse R et al. (2005)</p> <p><b>Olgu Sayısı : 91</b></p> <p>Çalışma Periyodu : 2001-2004</p> <p>Kısalık farkı : 20-80 mm</p>	<p><b>Uzatma:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Normal distraksiyon % 71</li> <li>- Traksiyonda zorluk % 20</li> <li>- Çok hızlı distraksiyon % 10</li> </ul>	<p><b>Cerrahi Komplikasyonlar :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rapor edilmemiş</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Haftada 5 gün uzatma sırasında fizik tedavi uygulanmış.</li> <li>- 12 ay sonra çivi çıkarılmış.</li> </ul>		<p><b>Postoperatif Komplikasyonlar:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Yavaş distraksiyon görülen hastalarda monipülasyon egzersizlerine ve beraberinde analjezi, anestezi ( genel veya epidural ) veya sedasyona ihtiyaç duyuldu.</li> </ul>
<p><b>Yöntem : ISKD</b></p> <p><b>Ortalama takip süresi:</b> Belirtilmemiş</p>		

Günümüzde en çok kullanılan ve popüler olan uzaktan kontrollü sistemlerden birisi olan FITBONE intramedüller çivi uygulamasında, cihazın bozulması, çivinin kırılması, kilitleme civataları ve antenin verdiği rahatsızlıklar, uzatma sisteminin sıkışması ve uzatma işlemi sırasında oluşan yüksek seviyedeki ağrı nedeniyle anesteziye ihtiyaç duyulması gibi bir çok komplikasyon görülmektedir (61).

Dünyada 2003 yılı sonuna kadar 224 hastada, 178 femur ve 119 tibia omak üzere toplam 297 Fitbone uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bunlardan 123 tanesi post-travmatik, 76 tanesi doğuştan deformite ve 25 olgu da kozmetik nedenlerden dolayı uygulanmıştır (76).

Ortalama distraksiyon miktarı 42 mm'dir. Olguların % 96' sında istenilen uzatma miktarına ulaşılmıştır. %2' sinde intramedüller çivinin kırılması, %5'inde elde edilen distraksiyon miktarında kayıp yaşanması ve % 6'sında teknik güçlükler ile karşılaşmıştır. Bu teknik güçlükler çoğunlukla motor arızası ve tel kopması şeklinde meydana gelmiştir (76).

Klinik değerlendirmeler sonucunda tüm olgularda, torsiyon deviyasyonu 5<sup>0</sup> nin altında tespit edilmiştir. % 94'ünde diz ekleminin merkezinden mekanik aks sapması , 5 mm' nin altında kalmıştır (76).

Fitbone uygulaması ile gerçekleştirilen bir çalışmanın ayrıntıları Tablo 8 'de verilmiştir.

Bu çalışmada tüm olgularda istenilen uzatma miktarına ulaşılmıştır. Bununla beraber olguların % 25 'inde ikinci bir operasyona ihtiyaç duyulmuştur ve % 8 'inde anterior proksimal tibiada geçici hipoestezi meydana gelmiştir. Ayrıca % 8 oranında tel kopması ve yine % 8 oranında motor arızası ile karşılaşmıştır (37).

Tablo 8. Baumgart R (1997) Fitbone uygulaması.

<b>Çalışma Detayı</b>	<b>Anahtar Bulgular</b>	<b>Komplikasyonlar</b>
<p>Baumgart R (1997)</p> <p><b>Olgu Sayısı</b> : 12 femoral</p> <p>Ortalama yaş : 25,5</p> <p>Çalışma Periyodu : 1990-1994</p>	<p><b>Uzatma:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Tüm hastalarda arzu edilen uzatma miktarına ulaşıldı</li> <li>-Ortalama uzatma süresi 47.8 gün</li> <li>-12.4 günde 1 cm uzatma</li> </ul>	<p><b>Cerrahi Komplikasyonlar :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Görülmemiştir.</li> </ul>
<p>Travma veya osteomyelit : 6 kişi</p> <p>Doğuştan : 5 kişi</p> <p>Ewing's sarcoma rezeksiyon:1 kişi</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uzatma sırasında diz fleksiyonu ortalama 65<sup>0</sup>'ye düştü, ancak 2 yıl sonunda 115<sup>0</sup>'ye çıkarıldı.</li> <li>- Doğuştan kısalığı olan hastaların sadece %20 'si normal yürümeye sahip oldu.</li> <li>- 2 yıl sonunda hastaların % 42 'sinde çivi çıkarıldı.</li> </ul>	<p><b>Postoperatif Komplikasyonlar:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tekrar operasyon % 25</li> <li>- Ewing's sarcoma için kemik grefti % 8</li> <li>- Çivi kilitleme vidası etrafında yumuşak doku iritasyonu % 8</li> <li>- Anterior proksimal tibiada geçici hipoestezi % 8</li> </ul>
<p><b>Yöntem</b> : Fitbone</p> <p><b>Ortalama takip süresi:</b> min. 2 yıl</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tel kopması % 8</li> <li>- Motor arızası % 8</li> </ul>

Tüm bu uygulamalarda, kullanılan cihaza ve sisteme bağlı olarak gelişen komplikasyonlar;

- Çivinin eğilmesi % 4 (2)
- Çivinin arızalanması % 10 (4)
- Mekanik Arıza % 10 (3)
- Çivinin kilitlenmesi % 16 (1)
- Tel kopması ve motor arızası % 16 (6)
- Dişli mekanizması arızası % 10 (1)

şeklinde görülmüştür.

Söz konusu komplikasyonlar, güvenilir bir intramedüller distraksiyon aygıtı ile elemine edilebilir. Bu düşünceden yola çıkarak yeni bir distraksiyon aygıtı geliştirme çalışması planlanmıştır.

Bizim çalışmamızda, mevcut boy uzatma yöntemlerinde var olan ve ortaya çıkan komplikasyonları en aza indirmek, çalışma prensibi açısından mevcut sistemlerden farklı, kolay uygulanabilir ve efektif bir intramedüller çivi tasarlanmaya ve geliştirilmeye çalışılmıştır.

Bu amaçla öncelikle sistemin çalışma prensibi, tamamen mekanik, fonksiyonel ve hastanın kendisinin yardıma ihtiyaç duymadan aktive edebileceği şekilde tasarlanmıştır. Böylece, diğer elektronik, hidrolik ve pnömatik sistemlerle çalışan intramedüller çivilerde oluşan komplikasyonlar ortadan kalkmıştır. Bununla birlikte, uzatma işlemini hasta tek başına gerçekleştirebilmektedir, hekim yardımına ve ek bir cerrahi müdahaleye gereksinim ortadan kalkmıştır.

Uzatma işlemi sırasında, diğer yöntemlerde olduğu gibi rotasyonel hareket değil, sadece aksiyel bir uyarıma ihtiyaç vardır. Bu da rotasyonel hareketler sonucu ortaya çıkan ağrı, dislokasyon, vs. gibi komplikasyonların oluşmasını engellemektedir.

Hasta, operasyon sonrası kısa bir nekahat döneminden sonra günlük yaşantısına dönebilmekte, gerek uzatma işlemi sırasında gerekse diğer zamanlarda mobilizasyonunda herhangi bir azalma meydana gelmemektedir.



Sistem, uzama miktarı her bir aktivasyonda 0,1mm olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede günlük optimum uzatma miktarı olan 1mm'ye çok daha kontrollü bir şekilde ulaşılabilmektedir. Diğer sistemlerde, uzatma miktarı tam olarak kontrol edilememekte ve aşırı distraksiyon sonucu kallus yapısının bozulması, kemiğin kaynamaması gibi komplikasyonlar görülmektedir. Ayrıca tedavi süresi, komplikasyonların azalmasına ve çalışma prensibine bağlı olarak, diğer yöntemlere göre yaklaşık %50 oranında kısalmaktadır.

## **8. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Sonuç olarak, geliştirdiğimiz sistemin, halen kullanılmakta olan boy uzatma sistemlerine göre, çalışma prensibi, uygulama kolaylığı, kontrollü uzama, hasta mobilitesi ve tedavi süresinin kısalığı gibi avantajları olduğu düşünölmektedir. Sistemin uygulamadaki başarısı, yapılması planlanan in-vivo hayvan deneylerinde irdelenecek ve alınacak sonuçlara göre gerekli iyileştirmeler yapılarak insan üzerinde uygulamaya hazır hale getirilecektir.

## 9. KAYNAKLAR

1. <http://www.ilizarov.com/boyuzatma.asp>
2. Cope JB, Samchukov ML, Cherkashin AM: Continuing education article, mandibular distraction osteogenesis; A historic perspective and future directions. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 115(4): 448-60, 1999.
3. Rachmel A, Levy M: Lengthening of the mandible by distraction osteogenesis: Report of cases. J. Oral Maxillofacial Surgery. 53: 838-846, 1995
4. Weil TS, Sickles JEV: Distraction osteogenesis for correction of transverse mandibular deficiency :a preliminary report J Oral Maxillofacial Surgery. 55: 953-960, 1997.
5. Block MS, Brister GO: Use of distraction osteogenesis for maxillary advancement. J Oral Maxillofacial Surgery. 52: 282- 286, 1994.
6. Block MS, Daire J: Changes in the inferior alveolar nerve following mandibular lengthening in the dog using distraction osteogenesis. J. Oral Maxillofacial Surgery. 51: 652-660, 1993.
7. Caris FR, Schüpbach P: Distraction osteogenesis for lengthening of the hard palate :part II histological study of the hard and soft palate after distraction. Plastic and Reconstructive Surgery. Dec; 1648-54, 1997
8. Annio D, Goguen LA: Distraction osteogenesis for reconstruction of mandibular symphyseal defects. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 120; 911-16, 1994
9. Razdolsky Y, Pensier J: Skeletal distraction for mandibular lengthening with a completely intraoral toothbone distractor. [www.globalmednet.com](http://www.globalmednet.com)
10. Shvyrkov MB, Shamsudinov AH: Non-free osteoplasty of the mandible in maxillofacial gunshot wounds: mandibular reconstruction by compression osteodistraction. British J. of Oral and Maxillofacial Surgery. 37, 261-267, 1999.
11. Stoelinga PJ: Distraction from the ground rules. Int J. Oral Maxillofacial Surgery. 27(6): 414-5, 1998.
12. Cope JB, Samchukov ML: Biomechanics of mandibular distractor orientation :an animal model analysis. J Oral Maxillofacial Surgery. 57: 952-962, 1999.

13. Guichet JM, Deromedis B, Donnan LT, Peretti G, Lascombes P, Bado F. Gradual femoral lengthening with the Albizzia intramedullary nail. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85:838–848.
14. Delloye, C; Delefortrie G, Coutelier L, Vincent A. (January 1990). "[Bone regenerate formation in cortical bone during distraction lengthening. An experimental study.](#)". *Clinical Orthopaedics & Related Research* 250: 34-42.
15. Aldegheri, R "Callotasis". *Journal of Pediatric Orthopaedics.* 1993.
16. Guichet, Jean-Marc; Braillon P, Bodenreider O, Lascombes P "[Periosteum and bone marrow in bone lengthening: a DEXA quantitative evaluation in rabbits.](#)" *Acta Orthopaedica Scandinavica* 69 (5): 527-31. October 1998.
17. Guichet, Jean-Marc Bone formation during limb lengthening. Animal experimentation with and without preservation of the bone marrow and/or periosteum. New York: New York University. September 1999.
18. Eldridge JC, Bell DF. Problems with substantial limb lengthening. *Orthop Clin North Am* 1991;22(4):625–31.
19. Green SA. Complications of external skeletal fixation. *Clin Orthop Relat Res* 1983;180:109–16
20. Pettine KA, Chao EYS, Kelly PJ. Analysis of the external fixator pin–bone interface. *Clin Orthop Relat Res* 1993;293:18–27.
21. Young N, Davis RJ, Bell DF, Redmond DM. Electrographic and nerve conduction changes after tibial lengthening by the Ilizarov method. *J Pediatr Orthop* 1993;13:473–7.
22. Paley D. Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. *Clin Orthop Relat Res* 1990;250:81–104.
23. Young N, Bell D, Anthony A. Pediatric pain patterns during Ilizarov treatment of limb length discrepancy and angular deformity. *J Pediatr Orthop* 1994;14:352–7.
24. Garcia-Cimrelo E, Olsen B, Ruiz-Yague M, Fernandez-Baillo N, Nunuera-Martinez L. Ilizarov technique results and difficulties, *Clin Orthop Relat Res* 1992;283:116–123.
25. Oedekoven G, Jansen D, Raschke M, et al: The monorail system-bone segment transport over unreamed interlocking nails. *Chirurg* 67:1069- 1079, 1996

26. Simpson AH, Cole AS, Kenwright J: Leg Lengthening over an intramedullary nail. *J Bone Joint Surg Br* 81:1041-1045, 1999
27. Bouvier M. Bone Mechanics. In: Cowin C.S. editor. The biology and composition of bone. Florida: CRC press; 1989. p.2–13.
28. Akay M.T. Genel Histoloji. In: Akay M.T. editor. Kemik dokusu. 5nd ed. Ankara: Palme yayıncılık; 2001. p.126–149.
29. Ergin AÇIKALIN Cengiz BAYÇU Firdevs GÜRER Erinç ARAL, Histoloji, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayınları No: 894 Açıköğretim Fakültesi Yayınları No: 480, 1995
30. Street, M.D.: The evolution of intramedullary nailing; the Science and Practice of Intramedullary Nailing, Browner, B.d (eds); 2nd ed., Williams&Wilkins, pg: 1-27, 1996
31. Bost FC, Larsen LJ: Experiences with lengthening of the femur over an intramedullary rod. *J Bone Joint Surg Am* 38:567-584, 1956
32. Paley D, Herzenberg JE, Paremain G, et al: Femoral lengthening over an intramedullary nail. A matched-case comparison with Ilizarov femoral lengthening. *J Bone Joint Surg Am* 79:1464-1480, 1997
33. Baumann F, Harms J: The extension nail. A new method for lengthening of the femur and tibia. *Arch Orthop Unfallchir* 90:139-146, 1977
34. Bliskunov AI: Lengthening of the femur using implantable appliances [in Czech]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 51:454-466, 1984
35. Witt AN, Jager M: Results of animal experiments with an implantable femur distractor for operative leg lengthening [in German]. *Arch Orthop Unfallchir* 88:273-279, 1977
36. Betz A, Baumgart R, Schweiberer L: First fully implantable intramedullary system for callus distraction-intramedullary nail with programmable drive for leg lengthening and segment displacement. Principles and initial clinical results [in German]. *Chirurg* 61:605-609, 1990
37. Baumgart R, Betz A, Schweiberer L: A fully implantable motorized intramedullary nail for limb lengthening and bone transport. *Clin Orthop* 343:135-143, 1997
38. Guichet JM, Grammont PM, Trouilloud P: A nail for progressive lengthening. An animal experiment with a 2-year follow-up [in French]. *Chirurgie* 118:405-410, 1992

39. Guichet JM, Casar RS: Mechanical characterization of a totally intramedullary gradual elongation nail. Clin Orthop 337:281-290, 1997
40. <http://www.allongement-os-grandir.com/index-eng.php?page=external>
41. <http://www.vardaan.net/ilizarov.htm>
42. [http://en.wikipedia.org/wiki/Distractio\\_n\\_osteogenesis](http://en.wikipedia.org/wiki/Distractio_n_osteogenesis)
43. [www.fitbone.net](http://www.fitbone.net)
44. Wolfson N, Hearn TC, Thomson JJ, Armstrong PF : Force and stiffness changes during Ilizarov leg lengthening. Clin Orthop. 250:58-60,1990
45. Younger ASE, Mackenzie WG, Morrison JB: Femoral forces during lengthening in children. Clin Orthop. 301: 55-63, 1994
46. [http://www.shortsupport.org/Health/Leg-Lengthening/new\\_devel.html](http://www.shortsupport.org/Health/Leg-Lengthening/new_devel.html)
47. [http://www.shortsupport.org/Health/Leg-Lengthening/new\\_devel.html](http://www.shortsupport.org/Health/Leg-Lengthening/new_devel.html)
48. <http://www.allongement-os-grandir.com>
49. E. Garron; S. Airaudi; D. Bouillien; P. Trouilloud; P. Leclerc; E. Baulot; and P.M. Grammont : Bone regeneration and the Albizzia progressive lengthening centromedullary nail: clinical experience with 20 lengthenings and evaluation of callus quality. Service d'orthopédie et traumatologie, Hôpital d'Enfants Complexe du Bocage, CHRU, 2100 Dijon, France
50. <http://www.lifebridgehealth.org/sinaibody.cfm?id=1509>
51. [www.shortsupport.org/.../new\\_devel.html](http://www.shortsupport.org/.../new_devel.html)
52. Thonse R. , Herzenberg E. J, Standard C.S., Paley D.: Limb Lengthening with a Fully Implantable, Telescopic, Intramedullary Nail. Oper Tech Orthop 15:355-362, 2005
53. Cole JD, Justin D, Kasparis T, et al: The intramedullary skeletal kinetic distractor (ISKD): First clinical results of a new intramedullary nail for lengthening of the femur and tibia. Injury 32:129-139, 2001
54. Aldegheri R Distraction osteogenesis for lengthening of the tibia in patients who have limb-length discrepancy or short stature. J Bone Joint Surg Am 81:624-634.1999
55. Aronson J Limb-lengthening, skeletal reconstruction, and bone transport with the Ilizarov method. J Bone Joint Surg Am 79:1243-1258.1997
56. Garcia-Cimbrelo E, Olsen B, Ruiz-Yague M, Fernandez-Baillo N, Munuera-Martinez L Ilizarov technique. Results and difficulties. Clin Orthop 283:116-123.1992

57. Maffulli N, Lombardi C, Matarazzo L, Nele U, Pagnotta G, Fixsen JA A review of 240 patients undergoing distraction osteogenesis for congenital post-traumatic or postinfective lower limb length discrepancy. *J Am Coll Surg* 182:394–402.1996
58. Noonan KJ, Leyes M, Forriol F, Canadell J Distraction osteogenesis of the lower extremity with use of monolateral external fixation. A study of two hundred and sixty-one femora and tibiae. *J Bone Joint Surg Am* 80:793–806.1998
59. Dahl MT, Gulli B, Berg T Complications of limb lengthening. A learning curve. *Clin Orthop* 301:10–18.1994
60. Faber FW, Keessen W, van Roermund PM Complications of leg lengthening. 46 procedures in 28 patients. *Acta Orthop Scand* 62:327–332.1991
61. Andreas H. Krieg, Bernhard M. Speth, Bruce K. Foster MBBS, “Leg Lengthening With a Motorized Nail in Adolescents” *Clin Orthop Relat Res* 466:189–197.2008
62. Herzenberg JE, Scheufele LL, Paley D, Bechtel R, Tepper S Knee range of motion in isolated femoral lengthening. *Clin Orthop* 301:49–54.1994
63. Young N, Bell DF, Anthony A Pediatric pain patterns during Ilizarov treatment of limb length discrepancy and angular deformity. *J Pediatr Orthop*14:352–357.1994
64. Danziger MB, Kumar A, DeWeese J Fractures after femoral lengthening using the Ilizarov method. *J Pediatr Orthop* 15:220–223.1995
65. Simpson AH, Kenwright J Fracture after distraction osteogenesis. *J Bone Joint Surg Br* 82:659–665.2000
66. Tjernstrom B, Olerud S, Rehnberg L Limb lengthening by callus distraction. Complications in 53 cases operated 1980–1991. *Acta Orthop Scand* 65:447–455.1994
67. Gordon JE, Goldfarb CA, Luhmann SJ, Lyons D, Schoenecker PL. Femoral lengthening over a humeral intramedullary nail in preadolescent children. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84:930– 937.
68. Kocaoglu M, Eralp L, Kilicoglu O, Burc H, Cakmak M. Complications, encountered during lengthening over an intramedullary nail. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86:2406–2411.
69. Kristiansen LP, Steen H. Lengthening of the tibia over an intramedullary nail, using the Ilizarov external fixator: major complications and slow consolidation in 9 lengthenings. *Acta Orthop Scand.* 1999;70:271–274.

70. Saraph V, Roposch A, Zwick EB, Linhart WE. Tibial lengthening over nails in children using modified Ender nails: preliminary results of a new treatment. *J Pediatr Orthop B*. 2004;13:383–388.
71. Raschke MJ, Mann JW, Oedekoven G, Claudi BF Segmental transport after unreamed intramedullary nailing. Preliminary report of a “Monorail” system. *Clin Orthop* 282:233– 240.1992
72. Garcí'a-Cimbrelo E, Curto de la Mano A, Garcí'a-Rey E, Cordero J, Marti-Ciruelos R. The intramedullary elongation nail for femoral lengthening. *J Bone Joint Surg Br*. 2002;84:971–977.
73. Guichet JM, Lascombes P, Grammont PM et al. Gradual elongation intramedullary nail for femur (Albizzia(TM)). Results of the 52 first cases in 48 patients. *Journal of the Japanese Orthopaedic Association* 69 (2)(3): S310 .1995
74. Garcia-Cimbrelo E, Curto dIM, Garcia-Rey E et al. The intramedullary elongation nail for femoral lengthening. *Journal of Bone & Joint Surgery – British Volume* 84:971–7. .2002
75. Leidinger B, Winkelmann W, Roedl R. [Limb lengthening with a fully implantable mechanical distraction intramedullary nail. *Z Orthop Ihre Grenzgeb*. 2006;144:419–426.
76. Baumgart R. , Thaller P. , Hinterwimmer S. , Krammer M. , Hierl T. and Mutschler W. A Fully Implantable, Programmable Distraction Nail (Fitbone) In: Kwok-Sui Leung, Gilbert Taglang, Reinhard Schnettler, Volker Alt, H. J. T. M. Haarman, Hartmut Seidel and Ivan Kempf editors. *Practice of Intramedullary Locked Nails New Developments in Techniques and Applications*. Springer Berlin Heidelberg;2006.p. 189-198