

## Kırık stabilitesi unilateral eksternal fiksatorle nasıl artırılabilir ve bunun kırık uçlarına olan etkileri nelerdir?\*

Hasan Havitçioğlu<sup>(1)</sup>, Mehmet Tiner<sup>(2)</sup>, Sami Aksoy<sup>(3)</sup>, Osman Karaoğlu<sup>(4)</sup>

*Kırık iyileşmesi, sadece kırık fiksasyonunun yöntemine değil buna eşdeğer olan, kırık uçlarının stabilizasyonuna ve fizyolojik yük dağılımı gibi diğer faktörlere de bağlıdır. Kırık uçlarındaki yük dağılımı ve kırık iyileşmesi unilateral eksternal fiksatorlerin konfigürasyonlarındaki küçük değişikliklerle kolayca değişebilmektedir. Değişik yüklenme koşullarında, kompresyon plağı ve unilateral eksternal fiksatorün kırık uçlarındaki yük dağılımı kantitatif olarak karşılaştırıldı. Unilateral eksternal fiksatorün doğru kurulması ve kullanılması ile kırık uçlarında, plaklı osteosentezdeki yük dağılımına en yakın değerler elde edilebilmiştir.*

**Anahtar kelimeler:** Eksternal fiksator, kırık, yük dağılımı, aksiyal yüklenme

### **How can we increase the fracture stability with unilateral external fixation unit? What is the effect on the fracture side?**

*Fracture healing is dependent not only on the fixation system, but also on the other equally important factors, such as fracture site stability and physiologic loading. The fracture side load distribution and fracture healing change by manipulation of the configuration of the unilateral external fixation. We compared quantitatively the fracture side load distribution by using compression plate and unilateral external fixator frame under different loading conditions. The correct unilateral external fixation configuration permits the load distribution similar to the distribution obtained for plate application under the partial weight-bearing condition.*

**Key words:** External fixation, fractures, load distribution, axial loading

Kırık tedavisinde ortopedik cerrah çeşitli tedavi yöntemlerinden ve fiksasyon araçlarından yararlanmaktadır. Her bir fiksasyon yönteminin biomekanik avantaj ve dezavantajları vardır. Birçok klinik, teorik ve deneysel çalışmanın sonunda tedavide daha iyi klinik sonuç alabilmenin yolunun biomekanik çalışmalarla mümkün olduğu gösterilmiştir (2, 3, 13, 21). Her olgu için ideal olan tedavi yöntemi farklıdır ve her olgu için endikasyon ve kontrendikasyonlar vardır (2, 3, 20). Kırık iyileşmesi için önemli olan optimum mekanik koşullar henüz tam olarak cevaplandırılmamıştır (10). Kırık kaynaması tamamlanincaya kadar kırık fragmanlarının hareketi kontrol altında tutulabilmesi ve kırık yüzeylerindeki kompresif yük dağılımı uygun tutulmalıdır (10). Bazı deneysel çalışmalarda, rijit fiksasyonun osteoporoza neden olabileceği ve kırık kaynamasını engelleyebileceği de gösterilmiştir (10). Benzer etkinin kırık iyileşmesinde çok rijit eksternal fiksatorle de olabileceği de belirtilmiştir (10). Birçok değişik eksternal fiksator tasarlanıp geliştirilmiştir (1, 2, 4, 7, 9, 11, 12, 13, 19, 22). Ülkemizde de Girgin ve Gülşen'in de bu yönde çalışmaları bulunmaktadır (9). Özellikle son yıllarda birçok biomekanik analiz yapılmıştır (1, 2, 3, 6, 7, 15, 18). Yine de kırık uçlarındaki yük dağılımına eksternal fiksatorlerin etkileri kantitatif olarak açığa çıkaracak temel araştırmalar sınırlı kalmıştır. Bu çalışmada kırık uçlarına unilateral eksternal fiksatorlerin yük dağılımındaki etkileri değişik konfigürasyonlarda aksiyel yüklenme altında ve aksiyel yüklemesiz olarak araştırılmıştır. Stabiliteyi karşılamak için plaklı osteosentezdeki değerler esas alınmıştır.

### **Materyal ve metod**

Materyal olarak sekiz kadavra tibiasından model olarak yararlanıldı. Her bir tibia distal ucu polimetilmetakrilatlı bir blok ile tesbit edildi. Bu çalışmamızda kompresyon plağı ve dinamik aksiyel fiksator (Orthofix) cihazı kullanılmıştır. Tibia diafizinin orta hattında transvers osteotomi ile kırık yüzeyi oluşturuldu.

Oluşturulan kırığın plak ve eksternal fiksatorlerle tesbitinde kırık boşluğu 800 mikron olarak tutuldu. Kırık uçlarının medial ve lateraline, un.lat. eks. fik. ve plak üzerine strain gaugeler (120, Micro Measurement Inc, NC, U. S. A) yerleştirilmiştir. Araştırmada kullanılan parametreler: iki değişik çapta Schanz çivisi (4 mm, 5 mm), iki değişik açıda (70° ve 90°de), fiksator çivilerinin kemiğe uygulandığı iki farklı mesafede, iki farklı uzaklıkta fiksator gövdesinin (bar) kırık hattına olan mesafesi (35mm-100mm) kullanılmıştır.

Sekiz delikli dört kompresyon plağı bu çalışmada dört tibiada oluşturulan kırığın tesbitinde kullanıldı. Bunlardan ikisi yüklenme olmadan yapılan testlerde kullanıldı. İki ise aksiyel yüklenme altındaki çalışmada kullanılmıştır. Diğer 4 tibiaya unilateral ekstansör fiksator uygulandı. Unilateral ekstansör fiksator uygulanmış iki tibiaya 3.5 mm çapında drill ile delik açıldıktan sonra 4 mm kendiliğinden yivli fiksator çivisi yerleştirildi. Geride kalan iki tibiada ise 4.5 çapında drill ile ve 5 mm çapında kendiliğinden yivli fiksator çivileri uygulandı. Aksiyel yüklenme Instron (Model 1114 MA, U. S. A) test makinesi ile (Resim 1) 50 N, 100 N, 150 N, 200 N, 250 N olarak uygulanmıştır.

(1) Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Op. Dr.

(2) Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Prof. Dr.

(3) Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Doç. Dr.

(4) Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Doç. Dr.

\* Bu çalışma SICOT'un II. Doğu-Batı Konferansı'nda bildiriler olarak Budapeşte-Macaristan'da 29 Mayıs -1 Haziran 1991'de sunulmuştur





Resim 1: Dinamik aksiyel fiksator ve kemik modelimizin Instron test makinesi ile ölçümü görülmektedir

Plaklı osteosentez uyguladığımız dört tibia modelimizin ikisine statik konumda ve ikisinde de aksiyel aksiyel yüklemeye altındaki değerleri kaydettik. Unilateral ekstansör fiksator uyguladığımız dört tibia modelimizin ikisine statik konumda ikisine ise aksiyel yüklemeye altındaki değerleri saptadık. Bütün veriler (Stat Pad Gold Statistical Analysis Packade); istatistik programından yararlanılarak değerlendirildi.

## Bulgular

Kırık uçlarına etki eden her bir unilateral ekstansör fiksator konfigürasyonu Tablo 1'de görüldüğü gibi çalışma planına uygun olarak tesbit edildi.

Kırığın distal ve proksimal uçlarındaki yük dağılımı her biri dört kez tekrarlanarak Instron test makinesi ile ölçüldü. İstatistik analiz programına göre, plak ve unilateral ekstansör fiksator değerleri karşılaştırıldı (Tablo 2, 3). 250 Newton aksiyel yüklemeye altındaki kırığın distal ucuna olan yük dağılımı Tablo 2'de ve yine aksiyel yüklemeye altındaki proksimal kırık ucuna gelen yük dağılımı Tablo 3'de gösterilmiştir. Unilateral ekstansör fiksator kırık hattına gelen yük dağılımının birçok parametreye bağlı olarak yüklemeye altında değişmekte olduğunu saptadık.

Statik konumda yüklemeye yapmadan kırık hattında yük dağılımı plaklı ve eksternal fiksator uygulamalarındaki sonuçlar birbirinden çok farklı bulunmamıştır (Tablo 2, 3) (Şekil 1). Buna karşın yüklemeye altındaki plaklı ve eksternal fiksator uygulamaları arasında oldukça farklı değerler elde edilmiştir (Tablo 2, 3) (Şekil 2). Yüklemeye altında Unilateral eksternal fiksator veya plak uygulanmış tüm testlerde proksimal kırık ucuna gelen yük distalden daha fazla ölçülmüştür (Tablo 2, 3).

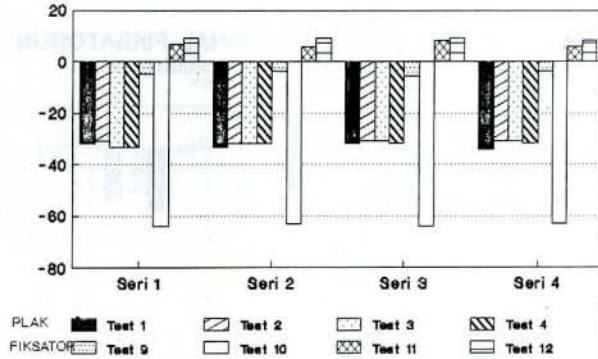
Distaldeki kırık hattına en yüksek değerler test 10'da, fiksatorün 90° açısı ve 5 mm çapında çivi ile fiksator ana gövdesinin kırık hattına uzak yerleştirildiği bir konumda elde edilmiştir. Aynı şekilde 90° açısı ve fiksatorün gövdesinin uzak kurulduğu çivi çapının 4 mm olan test 17'de kırığın proksimal ucunda da en yüksek değerler elde edilmiştir. Kırık hattına gelen yük dağılımına çivi çapının kalınlığının artmasının di-

No	Plak	Yük
1	Kompresyon	Yük altında
2	Kompresyon	Yük altında
3	Kompresyon	Yük altında
4	Kompresyon	Yük altında
5	Kompresyon	Yüksüz
6	Kompresyon	Yüksüz
7	Kompresyon	Yüksüz
8	Kompresyon	Yüksüz

No	Fix çivisinin çapı	Fix çivisi açısı	Fix. çivisi kırık mesafesi	Fix.-fix. gövde mesafesi	Yüklü yüksüz
9	5 mm	90	95 mm	35 mm	yüklü
10	5 mm	90	105 mm	100 mm	yüklü
11	5 mm	90	95 mm	35 mm	yüklü
12	5 mm	90	105 mm	100 mm	yüklü
13	5 mm	70	95 mm	35 mm	yüklü
14	5 mm	70	105 mm	100 mm	yüklü
15	5 mm	70	95 mm	35 mm	yüklü
16	5 mm	70	100 mm	100 mm	yüklü
17	5 mm	90	95 mm	35 mm	yüklü
18	5 mm	90	105 mm	100 mm	yüklü
19	5 mm	90	95 mm	35 mm	yüklü
20	5 mm	90	105 mm	100 mm	yüklü
21	5 mm	70	95 mm	35 mm	yüklü
22	5 mm	70	105 mm	100 mm	yüklü
23	5 mm	70	95 mm	35 mm	yüklü
24	5 mm	70	105 mm	100 mm	yüklü
25	5 mm	90	95 mm	35 mm	yüklü
26	5 mm	90	105 mm	100 mm	yüksüz
27	5 mm	90	95 mm	35 mm	yüksüz
28	5 mm	90	105 mm	100 mm	yüksüz
29	5 mm	70	95 mm	35 mm	yüksüz
30	5 mm	70	105 mm	100 mm	yüksüz
31	5 mm	70	95 mm	35 mm	yüksüz
32	5 mm	70	105 mm	100 mm	yüksüz
33	5 mm	90	95 mm	35 mm	yüksüz
34	5 mm	90	105 mm	100 mm	yüksüz
35	5 mm	90	95 mm	35 mm	yüksüz
36	5 mm	90	105 mm	100 mm	yüksüz
37	5 mm	70	95 mm	35 mm	yüksüz
38	5 mm	70	95 mm	35 mm	yüksüz
39	5 mm	70	95 mm	35 mm	yüksüz
40	5 mm	70	105 mm	100 mm	yüksüz

Tablo 1: (a) Plaklı osteosentez çalışma planı  
(b) Unilateral external fiksator ile çalışma planı

## PLAK VE UNILATERAL EKSTERNAL FIKSATORUN AKSİYEL YÜKLEMEDEN ALTIKIRIGIN DISTAL UCUNDAKİ YÜK DAĞILIMINA ETKİLERİ



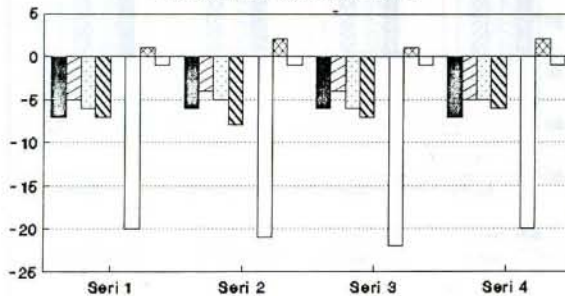
Şekil 1: Plaklı osteosentez veya unilateral eksternal fiksator uygulanmış kırık distalindeki yük dağılımının aksiyel yüklemeye olmadan karşılaştırılmaktadır

Test No.	Test sayısı	Ortalama	Standart deviasyonu
1	4	21.8	8.2280
2	4	19.8	8.1670
3	4	21.2	9.8336
4	4	23.0	7.1764
5	4	7.0	0.0
6	4	5.0	0.0
7	4	6.0	0.0
8	4	7.0	0.0
9	4	3.0	2.3452
10	4	45.8	18.1989
11	4	3.8	2.7749
12	4	3.4	4.7749
13	4	4.4	1.6733
14	4	5.6	1.1402
15	4	2.8	2.7749
16	4	2.2	3.3466
17	4	7.2	1.6432
18	4	7.6	1.9561
19	4	1.8	4.3243
20	4	3.0	1.8708
21	4	3.6	1.9494
22	4	4.0	0.7071
23	4	1.4	2.3022
24	4	1.6	2.3022
25	4	0	0
26	4	2.0	0
27	4	1.0	0
28	4	1.0	0
29	4	4.0	0
30	4	2.0	0
31	4	1.0	0
32	4	1.0	0
33	4	5.0	0
34	4	1.0	0
35	4	1.0	0
36	4	1.0	0
37	4	4.0	0
38	4	1.0	0
39	4	1.0	0
40	4	1.0	0

Tablo 2: Plaklı osteosentez ve unilateraleksternal fiksatorle, kırık distal ucundaki aksiyel yüklemeye veya yüklemesiz, yük dağılımı sonuçlarının istatistiksel karşılaştırılması

rekt olarak etkili olmadığını tesbit ettik. Bazı 5 mm çapındaki testlerden elde edilen değerler biraz daha yüksek bulunmasına karşın 4 mm çapındaki çivilerle yapılan testlerde de plaklı osteosentezdeki değerlere daha yakın değerler elde edilebilmiştir (Test 17 ve 18). 4 mm çapındaki testlerde genellikle olumsuz so-

### PLAK VE UNILATERAL ESTERNAL FIKSATORUN AKSİYEL YÜKLEMEDEN KIRIGIN DISTAL UCUNDAKI YÜK DAĞILIMINA ETKİLERİ



PLAK: Test 5, Test 6, Test 7, Test 8  
 FIKSATOR: Test 25, Test 26, Test 27, Test 28

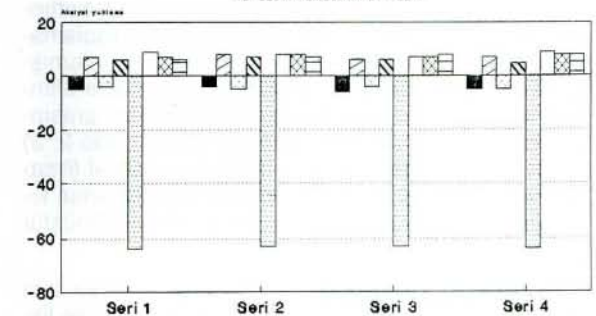
Şekil 2: Plaklı osteosentez veya unilateraleksternal fiksator uygulanmış kırık distalindeki yük dağılımının aksiyel yüklemeye altındaki değerler karşılaştırılmaktadır

Test No.	Test sayısı	Ortalama	Standart deviasyonu
1	4	36.8	18.0610
2	4	32.2	17.8382
3	4	35.6	18.7963
4	4	36.6	18.7963
5	4	10.0	0.7071
6	4	6.6	0.4472
7	4	8.2	0.4472
8	4	10.0	0.7071
9	4	184.0	101.2373
10	4	299.0	161.7962
11	4	0.6	0.8944
12	4	4.0	2.4495
13	4	6.0	1.8708
14	4	17.6	4.9295
15	4	0.2	0.4472
16	4	2.4	1.9494
17	4	14.0	14.7139
18	4	83.6	39.5070
19	4	0.4	2.7019
20	4	8.6	1.9494
21	4	5.0	1.8708
22	4	13.6	3.7818
23	4	0.4	0.5477
24	4	1.8	1.3038
25	4	50.0	0.7071
26	4	83.6	0.8944
27	4	0.2	0.4472
28	4	5.0	0.7071
29	4	1.0	0.7071
30	4	8.2	0.4472
31	4	1.2	0.4472
32	4	4.0	0.7071
33	4	2.0	0.0000
34	4	12.0	0.0000
35	4	1.4	0.8944
36	4	4.2	0.4472
37	4	1.2	0.4472
38	4	7.6	1.3416
39	4	1.0	0.7071
40	4	4.6	2.0700

Tablo 3: Plaklı osteosentez ve unilateraleksternal fiksatorle, kırık proksimal ucundaki aksiyel yüklenme ve yüksüz, yük dağılımı sonuçlarının istatistiksel olarak karşılaştırılması

nuçlar elde edilmiştir (Tablo 2, 3). Aksiyel yüklemeye olmadan eksternal fiksator gövdesinin, kırık hattına yakın veya uzak yerleştirmenin elde edilen değerler açısından pek farklı değerler olmamasına karşın yüklemeye altındaki eksternal fiksator değerleri oldukça farklıdır. Unilateraleksternal fiksator gövde kısmı kırık hattına uzak yerleştirildiğinde kırık hattına aşırı

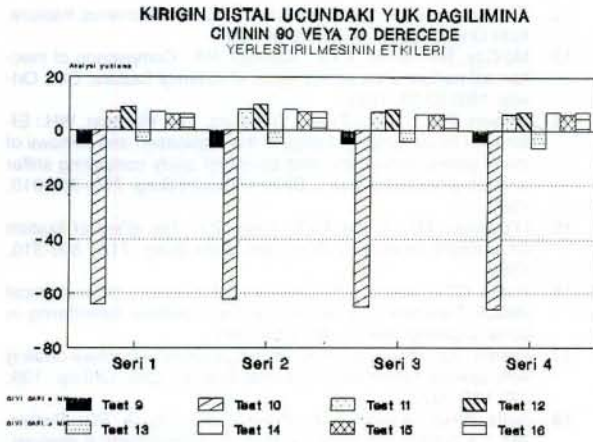
### Kirigin Distal ucundaki yük dağılımına unilateraleksternal fiksatorun yakın veya uzak yerleştirilmesinin etkileri



YAKIN: Test 9, Test 11, Test 13, Test 15  
 UZAK: Test 10, Test 12, Test 14, Test 16

Şekil 3: Kırık ucu ile fiksator gövdesi arasındaki mesafenin (35 mm-100 mm) aksiyel yüklemeye altındaki değerlerin karşılaştırılması





Şekil 4: Kırığın distal ucundaki yük dağılımına çivi çapı kalınlığının karşılaştırılması

yük gelebilmektedir (Tablo 3) (Şekil 3). Fiksator çivileri 70° açı ile yerleştirildiğinde sonuçlar olumsuz bulunmuştur (Tablo 2, 3) (Şekil 4). Fiksator çivileri 90° açılanma ile yerleştirilmelidir.

## Tartışma

Kırık kaynaması için; kırığın mekanik olarak optimal fiksasyonu ve kırık fragmanları osteogenik köprüleri atıncaya, kırık defekti kapanıncaya ve kaynama tamamen sağlanıncaya kadar, yeterli stabilite şarttır (10). Plaklı osteosentez uygulanmış kemik dokusu; lateral kıvrıma, torsiyonel distraksiyon kuvvetleri yönünden hiçbir uygulama yapılmamış sağlam kemikten daha rijittir (10). Bununla birlikte rijit plaklar sağlam kemik dokusunda korteksin incilmesi ve endosteal kemik doku kaybına neden olabilir (14).

Lewallen ve arkadaşları dinamik kompresyon plağı ile unilateral Sughtian-Hughes eksternal fiksator cihazını karşılaştırmışlar ve kompresyon plağının daha rijit bir fiksasyon sağladığını yazmışlardır (10). Eksternal fiksatörler klinik uygulamada özellikle yumuşak doku yaralanmaları ile birlikte olan uzun kemik diyafiz kırıklarında tercih edilmektedirler. Kırıkların ve birçok kırığa uygulanabilen geometrik açıdan geniş varyasyonları bulunan fiksatörler bulunmaktadır. Perren, kırık uçlarının yer değiştirmesinin fragmanlar arasındaki doku tipini yönlendirdiğini bildirmiştir (Interfragmentary strain) (17). Kırık iyileşmesinde eksternal fiksatörlerin rolü kantitatif olarak bilinmemektedir. Unilateral eksternal fiksator önemli avantajlarından biri de kırık stabilitesi ve kırık iyileşme durumu tedavi süresince gerektiğinde değiştirilebilmesidir. Fiksasyon rijiditesinin kırık iyileşmesindeki etkileri ve konfigürasyondaki değişiklikleri önemlidir. Bu nedenle kantitatif olarak elde veriler olmasında yarar vardır. Kırık uçlarındaki yük dağılımı küçük konfigürasyon değişiklikleriyle kolayca değişmektedir (16).

Eksternal fiksator uygulamalarının önemli bir avantajı olarak sayılan erken mobilizasyonda kırık hattına gelen yük dağılımının değişebildiği bu çalış-

mamızda gösterilmiştir. Bilindiği gibi fiksator, kırık hattına gelen yükün bir kısmını almaktadır. Ancak ayakta dururken ve yatar pozisyonda kırık hattına gelen yük dağılımının değiştiği elbette dikkate alınmalıdır. Hasta ayakta durma pozisyonunda kırığın distal ucu distraksiyona eğilimlidir. Bu distraksiyona karşı kırık uçlarına daha iyi bir yüklenme verebilmek ve kaynama için gerekli mekanik koşulların düzenlenmesi temelde şarttır. Ancak bu kadar yüklenmede kırık hattına kaynama için optimal koşullar oluşturulabileceği yönünde temel araştırmalara gereksinim vardır. Önemli olan kırık hattına birim alanda ne kadar yük dağıldığıdır. Rubin, kemik remodelasyonu için sadece aksiyel kompresyonun mekanik stümlasyon yönünde önemli olduğunu, kıvrıma kuvvetlerinin önemli olmadığını göstermiştir (15). Eksternal fiksator konfigürasyonlarının seçimi ve uygulama tekniği önemlidir. Son görüşler yüklenmenin kemiği osteoporoz gelişmesinden önlediği ve kaynamayı kolaylaştırdığını göstermiştir (2).

Birçok çalışmada düzenli kompresyon ve ardsıra yüklemenin mekanik koşulları uygun konuma getirebildiği görülmüştür (1). Heppenstall kırık redüksiyonu, fizyolojik yüklenme ve kemiğin biyolojik cevabı yanında uygulanan cihaz ve kemik yüzey ilişkisinin ayrıca önemli olduğunu belirtmiştir (8). Chao ve arkadaşları eksternal fiksator rijiditesini artırmak için çivi çapının artırılmasını, fazla sayıda çivi kullanılmasını, fiksator gövdesiyle kırık hattı mesafesinin azaltılmasını, fiksator çivilerinin kırığa yakın konmasını yayınlamışlardır.

Bu çalışmamızda biz de kırık hattına 90° açı ile tesbitte yarar bulunduğunu saptadık. Unilateral eksternal fiksator gövdesinin yükleme altında konumunun değişmesinin kırık hattına yük dağılımı önemli oranda değişebildiğini tesbit ettik. Hasta yatar pozisyonda kırık hattına gelen yük dağılımının, yükleme altındaki değerlerden farklıdır. Kırık hattına uzak yerleştirilmiş ve erken yükleme verilmiş bir hastada kırık hattında aşırı yükleme olacaktır. Buna karşın erken dönemde unilateral eksternal fiksator gövdesi kırık hattına yakın yerleştirilirse yükleme altında da olsa kırık hattına daha az yük dağılımı olacaktır. Kırık stabilitesi ve kullanılan cihazın sağlamlığı ve stabilitesi arasında elbette ilişki vardır. Ancak cihazın sağlamlığı kırık stabilitesine eşdeğer anlamında değildir. Önemli olan uygun mekanik yüklenmenin sağlanmasıdır. Her bir unilateral eksternal fiksator konfigürasyonu değişikliği kırık hattına olan yük dağılımının yakından etkilemektedir. Kırık hattına istenilen miktarda yüklenme düzenlenmelidir. İyi bir konfigürasyon kırık uçlarına optimal istenen yüklenmeyi sağlayacağı için erken kaynamayı sağlayacaktır. Aksiyel yüklenme (aksiyel dinamizasyon) kırık iyileşmesini ve kemiğin remodelasyonunu çabuklaştıracaktır.

## Sonuç

Kırık iyileşmesinde optimal mekanik koşullar henüz tam olarak bilinmemektedir. Yatar ve ayakta dururken pozisyonda kırık hattına gelen yük dağılımı birbirinden farklıdır. Fiksasyon uygulanmış bir olguda ayakta dururken yerçekimi ile veya parsiyel yükleme altında kırık hattındaki yük dağılımının değişebileceği



hesaplanmalıdır. Unilateral eksternal fiksator konfigürasyonlarının doğru düzenlenmesi iyi bir yük dağılımına ve kaynamayı parsiyel yüklenme altında erken dönemde imkân verecektir.

### Kaynaklar

1. Aro, HT., Kelyy, P.J., Lewallen, D., Chao, EYS.: The effect of physiologic dynamic compression on bone healing under external fixation. Clin. Orthop. 256-272, 1990.
2. Briggs, BT., Chao, EYS.: The mechanical performance of the standart Hoffman Vidal External Fixation Apparatus. J. Bone and Joint Surg. 64A: 566-573, 1982.
3. Chao, EYS., Aro, HT., Lewallen, D. G., Kelly P.J.: The effect of rigidity on fracture healing in external fixation. Clin. Orthop. 241: 24-35, 1989.
4. De Bastiani, G., Aldegheri, R., Brivio, LR.: The treatment of fractures with a dynamic axial fixator. J. Bone and Joint Surg. 66B: 538-545, 1984.
5. Edwards, CC., Simons, B., Browner, BD., Weigel, MC.: Severe tibial fractures. Clin Orthop. 230: 98-115, 1988.
6. Finlay, B., Moroz, TK., Rorabeck, C., Davey, JR., Bournc, R. B.: Stability of ten configurations of the Hoffman external fixation frame. J Bone and Joint Surg. 69A: 734-744, 1987.
7. Frykman, GK., Tooma, GS., Boyko, K., Henderson, R.: Comparison of eleven external fixation for treatment of unstable wrist fractures. The J. of Hand Surg. 14A: 247-254, 1989.
8. Heppenstall, RB.: Fractures of the tibia and fibula. In: Heppenstall, RB, ed. Fracture treatment and healing. Philadelphia: WB Saunders, 777-802, 1980.
9. Gülşan, M., Karakaş, E. S.: Çok amaçlı eksternal fiksator: I tanıtım ve uzun kemik kırıklarındaki mekanik verim. Ortopedi ve Travmatoloji ve Rehabilitasyon Dergisi. 8-15, Nisan 1988.
10. Lewallen, DG., Chao, EYS., Kasman, RA., Kelly, P.J.: Comparison of the effects of compression plates and external fixation on bone Healing. J Bone and Joint Surg. 66A: 1084-1091, 1984.
11. Kaukonen, JP., Karaharju, E., Lurthje, P., Porras, M.: External fixation of colles fracture. Acta Orthop. Scan. 58: 645-648, 1987.
12. Kristiansen, B.: External fixation of proximal humerus fracture. Acta Orthop. Scan. 58: 645-648, 1987.
13. Mc Coy, MT., Chao, EYS., Kasman, RA.: Comparison of mechanical performance in four types of external fixators. Clin. Orthop. 180: 23-33, 1983.
14. Moyen, B.J.L., Lahey, PLJR., Weinberg, EH., Harrison, WH.: Effects on intact femora of dogs of the application and removal of metal plates. Ametabolic and structurel study comparing stiffer and more flexible plates. J Bone and Joint Surg. 71A: 306-310, 1989.
15. O'Sullivan, ME., Chao, EYS., Kelly, P.J.: The effect of fixation on fracture healing. J Bone and Joint Surg. 71A: 306-310, 1989.
16. Rubin, CT., Lanyon, CE: Osteoregulatory nature of mechanical stimuli: Function as a determinant for adaptive remodeling in bone. J Orthop. Res. 5: 300-310, 1987.
17. Perren, S.J.: Physical and biological aspects of fracture healing with special reference to internal fixation. Clin. Orthop. 138: 175-196, 1979.
18. Seitz, WHJr., Froimson, Al., Brooks, DB., Postak, PD., Parker, RD., La Porte, J. M., Greenwald, A. S.: Biomechanical analysis. of pin placement and pin size for external fixation of distal radius fractures. Clin. Orthop. 251: 207-212, 1990.
19. Sisk, TD.: External fixation. Historic review, advantages, disadvantages, complications and indications. Clin. Orthop. 180: 15-22, 1983.
20. Shuind, FZ., Pay-pay, Andrienne, Y., Dankerwolcke, M., Rasquin, C., Burny, F.: External fixation of the clavícula for fracture or non-union in adults. J Bone and Joint Surg. 70A: 692-695, 1988.
21. Vidal, J.: External fixation. Clin. Orthop. 180: 7-14.
22. Wu, J.J., Shyr, HS., Chao, EYS., Kelly, P.J.: Comparison of osteotomy healing under external fixation devices with different stiffness characteristics. J Bone and Joint Surg. 66A: 1258-1264, 1984.

### Yazışma adresi

Dr. Hasan Havitçioğlu

Dokuz Eylül Üniv. Tıp Fakültesi

Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

İnciraltı, İzmir, Türkiye