

Farklı Kirschner Tel Konfigürasyonlarının Pediatrik Suprakondiler Femur Kırıklarının Tedavisindeki Karşılaştırmalı Bir Hayvan Deneyi ve Karşılaştırmalı Biyomekanik Çalışma

Recep Altın,¹ Bilge Kağan Yılmaz,¹ Erdal Keskin,² Mehmet Nuri Konya¹

¹Ortopedi ve Travmatoloji Bilim Dalı, Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye

²Ortopedi ve Travmatoloji Bilim Dalı, Ordu Devlet Hastanesi, Ordu, Türkiye



Atıf için yazım şekli:

Altın R, Yılmaz BK, Keskin E, Konya MN. Farklı Kirschner Tel Konfigürasyonlarının Pediatrik Suprakondiler Femur Kırıklarının Tedavisindeki Karşılaştırmalı Bir Hayvan Deneyi ve Karşılaştırmalı Biyomekanik Çalışma. Orthop Surg Trauma 2025;1(1):12-17.

Yazışma Adresi:

Recep Altın.
Ortopedi ve Travmatoloji
Bilim Dalı, Afyonkarahisar
Sağlık Bilimleri Üniversitesi,
Afyonkarahisar, Türkiye
E-posta:
receptaltin_esogu@hotmail.com

Geliş Tarihi: 24.01.2025

Revizyon Tarihi: 20.04.2025

Kabul Tarihi: 23.04.2025

Çevrimiçi Erişim: 29.04.2025

Etik: Afyon Kocatepe
Üniversitesi Hayvan Deneyleri
Yerel Etik Kurulu (Kabul
Numarası: 49533702/04, Tarih:
27.01.2022).

Çıkar Çatışması: Yoktur.

Finansal Destek: Yoktur.

Orthopedic Surgery & Trauma -
Available online at www.ortst.org

ÖZET

Giriş ve Amaç: Pediatrik femur kırıkları, tüm çocuk kırıkları arasında nadir görülse de çocuklarda travmaya bağlı hastaneye yatışların en yaygın nedenlerinden biridir. Suprakondiler femur kırıkları (SCF), pediatrik hastalardaki tüm femur kırıklarının %12'sini oluşturur. Ancak, SCF kırıklarının optimal tedavi yöntemi hâlâ netlik kazanmamıştır. Bu çalışmada, SCF kırıklarında farklı perkütan Kirschner (K) tel konfigürasyonları arasındaki stabilite farklarını değerlendirmeyi amaçladık.

Yöntem: Çalışma, kuzu kemikleri kullanılarak yapılan deneysel ve karşılaştırmalı biyomekanik bir analiz olarak tasarlandı. Bir mezbahadan temin edilen 10 kuzu femurunda SCF kırıkları oluşturuldu. Örnekler, farklı Kirschner tel konfigürasyonları uygulanan beş gruba ayrıldı: Grup 1: 2L, Grup 2: 1M + 2L, Grup 3: 3L, Grup 4: 2M + 2L ve Grup 5: 1M + 3L. Tüm gruplarda aynı çapta K-telleri kullanıldı. Biyomekanik karşılaştırma amacıyla aksiyel kompresyon, yorgunluk ve torsiyon testleri uygulandı. Tespit yerinde ilk başarısızlığın başladığı minimum kuvvet ve zaman ile tam kırığın meydana geldiği maksimum kuvvet ve zaman bir dinamometre ile ölçüldü.

Bulgular: Gruplar arasında başlangıç kırılma kuvveti, tam kırılma kuvveti ve kırılma zamanı açısından anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0,05$). Grup 3, diğer gruplara kıyasla daha yüksek kırılma süresi ve dayanım göstermesine rağmen, bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0,05$).

Sonuç: Bu çalışmada, üç lateral K-teli kullanımının en yüksek mekanik stabiliteyi sağladığı görülmese de, fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı. Perkütan K-teli tespiti, pediatrik suprakondiler femur kırıklarının tedavisinde değerli bir seçenek olmaya devam etmektedir; ancak, en uygun tel sayısı ve konfigürasyonunun belirlenmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Biyomekanik, Kirschner teli, pediatrik ortopedik cerrahi.



This work is licensed under
a Creative Commons
Attribution-NonCommercial
4.0 International License.

GİRİŞ

Pediyatrik femur kırıkları, diğer çocukluk çağı kırıklarına kıyasla nadir görülmekle birlikte, travmaya bağlı çocuk hastaneye yatışlarının en yaygın nedenlerinden biridir.^[1] Bu kırıklar erkek çocuklarda daha sık görülmekte olup, genellikle 2-3 yaş ve 16-19 yaş aralığında iki farklı yaş grubunda daha sık meydana gelmektedir.^[2] Çocuklarda distal femur kırıkları nispeten nadirdir; diyafiz kırıkları daha yaygındır. Bu yaralanmaların çoğu düşme sonucu oluşmakla birlikte, trafik kazaları da önemli bir neden oluşturmaktadır.^[3] Pediyatrik suprakondiler femur kırıkları (SFF), çocuklardaki tüm femur kırıklarının yaklaşık %12'sini oluşturmaktadır.^[4] Bu kırıkların neredeyse yarısı deplase olup cerrahi müdahale gerektirmektedir. Deplase suprakondiler femur kırıklarının tedavi seçenekleri arasında spika alçısı ile tespit, eksternal fiksatör, titanyum elastik çiviler, plak-vida sistemleri ve perkütan Kirschner (K) teli ile tespit veya bu yöntemlerin kombinasyonları yer almaktadır.^[5] Ancak günümüzde optimal tedavi yöntemi konusunda evrensel bir fikir birliği bulunmamaktadır. Çocuğun yaşı, kilosu, sosyoekonomik durumu ve kırığın lokalizasyonu, uygulanacak tespit yönteminin seçiminde etkili olmaktadır. Perkütan Kirschner teli ile tespit, minimal invaziv olması nedeniyle deplase SFF tedavisinde daha avantajlı bir seçenek olabilir.^[6,7] K-teli osteosentezi, çocukluk çağı kırıklarının tedavisinde önemli bir rol oynamaya devam etmektedir. Bu yöntemin avantajları arasında minimal invaziv oluşu, hızlı uygulanabilirliği ve maliyet etkinliği yer almaktadır. Özellikle hayvan deneylerinde sağladığı ekonomik, verimli ve güvenilir kullanım, K-teli tespit yöntemini cazip kılmaktadır. Hipotezimiz, perkütan K-teli tespitinin tedavi yöntemlerinden biri olarak, çapraz konfigürasyonda uygulandığında optimal stabilite sağladığı yönündedir. Bu çalışmada, sağlam kuzu femur kadavralarında kontrollü suprakondiler femur kırıkları oluşturulup ardından yapılan tespit işlemleriyle, hangi K-teli konfigürasyonunun en yüksek tespit gücünü sağladığını belirlemeyi amaçladık. Bu çalışmanın hazırlanmasında yapay zekâ veya yapay zekâ tabanlı teknolojilerden yararlanılmamıştır.

YÖNTEMLER

Bu çalışma, kuzu kemikleri kullanılarak yapılan deneysel ve karşılaştırmalı bir biyomekanik analiz olarak tasarlandı. Mezbahadan temin edilen on sağlam kuzu femuru çalışmaya dahil edildi. Grup örneklem büyüklükleri, güç analizi (power analysis) temel alınarak belirlendi.

Floroskopi rehberliğinde, suprakondiler bölgede 3,5 mm kanüllü matkap ucu kullanılarak temiz bir transvers kırık oluşturuldu (Şekil 1). Standart ve uniform kırıkların oluşumunu sağlamak amacıyla floroskopiden yararlanıldı. Tüm kuzu kemiklerinin çapları standart olacak şekilde aynı boyutta seçildi. Kullanılan tüm K-telleri 1,8 mm çapında, 316L paslanmaz



Şekil 1. Suprakondiler femur kırığı oluşturulmuş kuzu kemiği.

çelikten üretildi. Kemik çapları birbirine eşit olduğundan, tüm gruplarda aynı çapta K-telleri kullanıldı. Pediyatrik suprakondiler femur ve humerus kırıklarının tespitinde cerrahlar tarafından sık tercih edilen K-teli konfigürasyonları seçildi. Floroskopi eşliğinde, aşağıdaki şekilde beş gruba ayrılarak K-teli ile tespit işlemleri gerçekleştirildi:

- Grup 1: İki lateral K-teli,
- Grup 2: Bir medial ve iki lateral K-teli,
- Grup 3: Üç lateral K-teli,
- Grup 4: İki medial ve iki lateral K-teli,
- Grup 5: Bir medial ve üç lateral K-teli.

Her grup için iki femur örneği kullanıldı.

Biyomekanik karşılaştırma amacıyla aksiyel kompresyon, yorgunluk ve torsiyon testleri gerçekleştirildi. Deneyler laboratuvar koşullarında yürütüldü. Beş farklı grup, %50 bağıl nem (RH) ve 25°C sıcaklıkta test edildi. Sabitlenmiş kemikler test cihazına yerleştirilerek kuvvet uygulandı ve kırığın başladığı ve tamamlandığı anda kuvvet ve zaman kayıt altına alındı.

Yükleme işlemleri, hareket merkezinden sabit bir sıkıştırma hızında (10 mm/dk) ve 10 Hz frekansta Geratech SH 5000 test



Şekil 2. Geratech SH 5000 test sistemi kullanılarak kuzu kemiğine aksiyel kuvvet uygulanması.

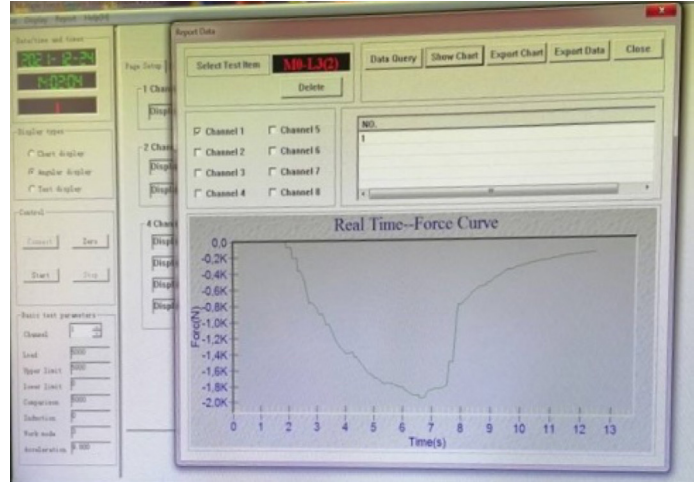
sistemi kullanılarak yapıldı (Şekil 2). Testler sırasında yük ve deplasman değerleri kaydedildi. Maksimum uygulanan yük ve yükleme hızı, ISO 7206-4 standardına göre belirlendi. Tespit edilen kemiklerde kırığın başlamasına neden olan minimum kuvvet ve zaman ile tam kırığın olduğu maksimum kuvvet ve zaman, bir dinamometre kullanılarak ölçüldü. Dinamometre ölçümleri ve veriler, Multiple Force Gauges Testing System programı kullanılarak kaydedildi (Şekil 3). Çalışmamız kuzu kemikleri üzerinde gerçekleştirildiği için aydınlatılmış onam formu alınmasına gerek duyulmadı.

İstatistiksel Analizler

Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS 20.0 yazılım paketi (Qiagen, Hilden, Almanya) kullanıldı. Analizlerde medyan (min-maks) değerler esas alındı. $P < 0,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Grup karşılaştırmaları için Kruskal-Wallis testi kullanıldı; anlamlı fark gösteren grupların belirlenmesinde ise Dunn'in çoklu karşılaştırma testi uygulandı.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için Afyon Kocatepe Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'nun kararı doğrultusunda etik kurul onayı alınmasına gerek olmadığı belirtilmiştir (Kabul Numarası: 49533702/04, Tarih: 27.01.2022).



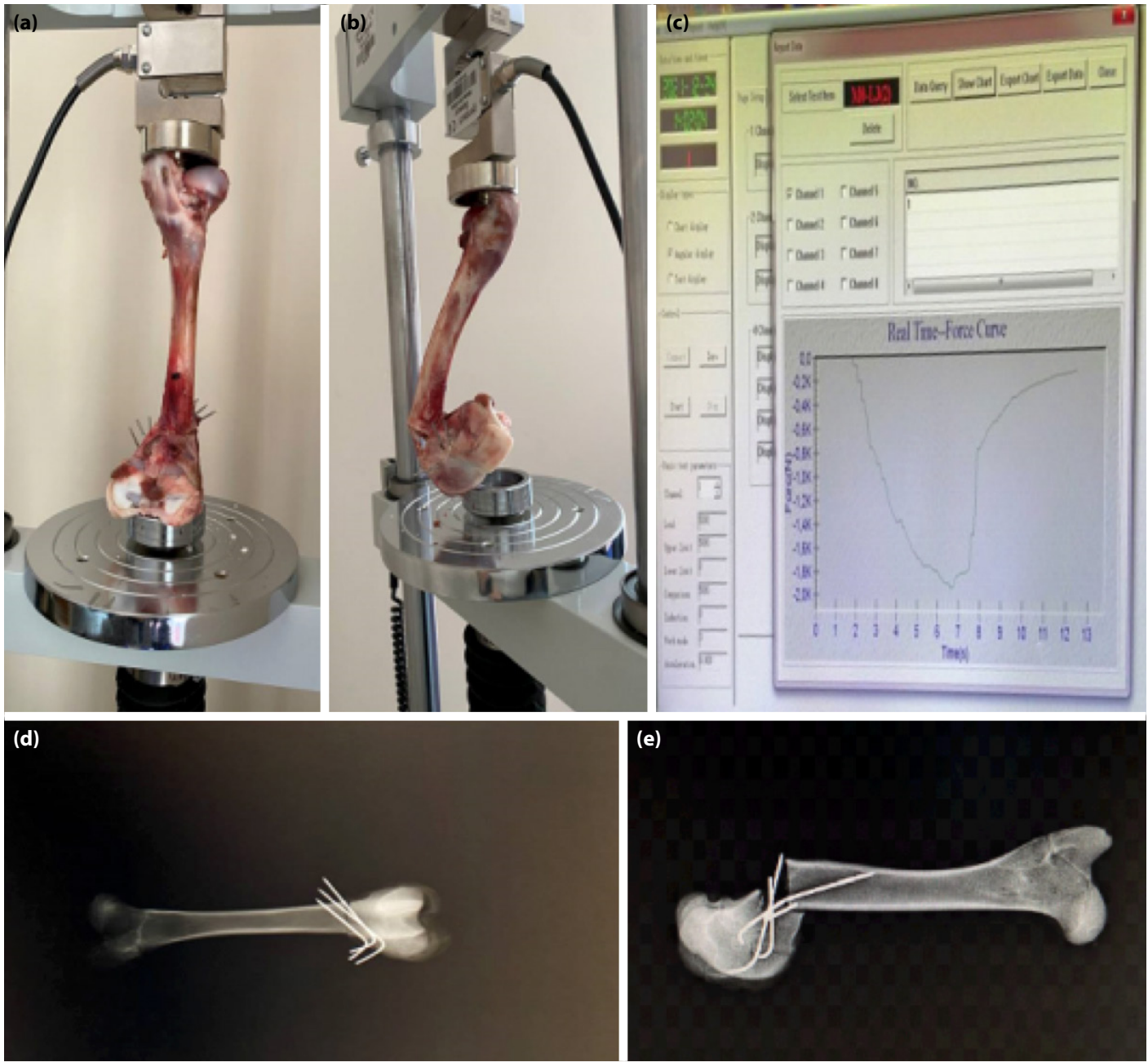
Şekil 3. Multiple Force Gauges Testing System programı kullanılarak kaydedilen dinamometre ölçümleri.

BULGULAR

Laboratuvar ortamında, cerrahi işlem sonrasında beş gruba ayrılan kuzu femur kemiklerine biyomekanik testler uygulandı. Grup 1'de kırığın başladığı ortalama kuvvet 549 N, tam kırığın meydana geldiği ortalama kuvvet ise 1753 N olarak ölçüldü. Ortalama kırılma süresi 2,54 saniye olarak kaydedildi. Grup 2'de kırığın başladığı ortalama kuvvet 843,5 N, tam kırığın meydana geldiği ortalama kuvvet 2560 N idi. Ortalama kırılma süresi 3,13 saniye olarak belirlendi. Grup 3'te kırığın başladığı ortalama kuvvet 741,5 N, tam kırığın meydana geldiği ortalama kuvvet ise 2306 N olarak ölçüldü. Ortalama kırılma süresi ise 15,78 saniye olarak tespit edildi (Şekil 4). Grup 4'te kırığın başladığı ortalama kuvvet 626,5 N, tam kırığın meydana geldiği ortalama kuvvet 1927 N olarak kaydedildi. Ortalama kırılma süresi 3,18 saniye idi. Grup 5'te kırığın başladığı ortalama kuvvet 573,5 N, tam kırığın meydana geldiği ortalama kuvvet ise 2244 N olarak ölçüldü. Ortalama kırılma süresi ise 3,70 saniye olarak kaydedildi. Gruplar arasında başlangıç kırık kuvveti, tam kırık kuvveti ve kırılma süresi açısından anlamlı bir fark bulunmadı ($p > 0,05$). Grup 3'teki kırılma kuvveti ve süresi diğer gruplara göre daha yüksek olmasına rağmen, bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p > 0,05$) (Tablo 1).

TARTIŞMA

Pediyatrik suprakondiler femur kırıkları nadir görülmektedir.^[4] Bu kırıkların tedavisine ilişkin çeşitli görüşler bulunmakta olup, henüz net bir fikir birliği oluşmamıştır. Cerrahlar genellikle tedavi seçeneklerini hastanın yaşı, vücut kitle indeksi, kırık tipi ve ek yaralanmaların varlığına göre belirlemektedir. ^[8] Pediyatrik suprakondiler femur kırıklarının tedavisindeki temel hedef, ekstremitenin uzunluğunu korumak ve kayma ile rotasyonu önlemektir. Nihai amaç, tam eklem hareket



Şekil 4. Grup 3'te mekanik test ve radyografik değerlendirme. **(a)** Test öncesinde üç K-teli ile tespit edilmiş kuzu femurunun görüntüsü. **(b)** Kompresyon sonrası kırık oluşumunun görüntüsü. **(c)** Multiple Force Gauges Testing System programı ile kaydedilen dinamometre ölçümü. **(d)** Test öncesinde üç K-teli ile yapılan lateral tespiti gösteren radyografik görüntü. **(e)** İşlem sonrası üç lateral K-teli ile tespit edilmiş kemiklerin radyografik görüntüleri.

açıklığını sağlamak, eklem sertliğini önlemek ve hastanın minimum komplikasyonla iyileşmesini sağlamaktır. Seçilen tedavi yöntemi hem hasta hem de ailesi için uygun olmalı ve psikolojik etkileri en aza indirmeyi hedeflemelidir.^[5]

Fiksasyon için kilitlemeli plak ve vidalar kullanılabilir.

Ancak, deplase suprakondiler femur kırıklarının kapalı ya da açık redüksiyonu zor olabilmektedir. Özellikle patolojik kırıklarda, Bor ve ark.^[9] ameliyat sırasında geçici bir eksternal fiksatör uygulayarak kırık bölgesinde kalıcı tespit sağladıktan sonra eksternal fiksatörü çıkardıklarını ve böylece plak-vida ile fiksasyonu kolaylaştırdıklarını bildirmiştir.

Tablo 1. K-teli ile suprakondiler femur kırığı tespiti sonrası beş grupta kırığın başladığı anda ve tam kırık oluştuğunda ölçülen kuvvet ve zaman değerleri.

	Kırık Başlangıcındaki Kuvvet				Tam Kırık Kuvveti				Kırığa Kadar Geçen Süre			
	Min*	Maks**	Medyan	p	Min*	Maks**	Medyan	p	Min*	Maks**	Medyan	p
Grup 1	68	1030	549	0.102	702	2084	1753	0.203	2.54	2.55	2.55	0.998
Grup 2	579	1108	843.5	0.641	2210	2911	2560.5	0.910	2.65	3.61	3.13	0.895
Grup 3	161	1322	741.5	0.553	879	3734	2306.5	0.459	2.43	29.14	15.78	0.07
Grup 4	96	1157	626.5	0.549	340	3514	1927	0.108	0.94	5.42	3.18	0.238
Grup 5	425	722	573.5	0.874	1493	2995	2244	0.911	2.23	5.17	3.70	0.728
p			0.913				0.928				0.943	

*Min: Minimum; **Max: Maximum.

Çalışmalar, plak-vida uygulaması sırasında sıklıkla kırık hattının açığa çıkarılması gerektiğini, bunun da özellikle fizis ve epifiz bölgelerinde dolaşım problemlerine yol açabileceğini göstermektedir. Ayrıca, kaynamama, enfeksiyon ve geç iyileşme gibi komplikasyonlar da meydana gelebilmektedir.^[7]

Elastik titanyum çiviler, suprakondiler femur kırıklarının cerrahi tedavisinde iyi bir seçenek olmakla birlikte, yapılan çalışmalar bu yöntemlerin rotasyonu önlemede yetersiz kaldığını ve çivi giriş bölgelerinde yumuşak doku hasarına yol açabildiğini göstermiştir.^[10] Ayrıca, elastik çivilerin suprakondiler femur kırıkları için yeterli stabilite sağlamadığı ve bu nedenle ideal bir seçenek olmadığı da araştırmalarla ortaya konmuştur.^[11]

Pediyatrik suprakondiler femur kırıklarının tedavisinde eksternal fiksatorlerin kullanımı, kullanım kolaylığı ve çok yönlülüğü nedeniyle giderek daha popüler hâle gelmiştir. Bununla birlikte, perkütan K-teli tespiti, stabiliteyi artırarak güvenli cerrahi girişimlere olanak sağlamaktadır.^[12,13] Eksternal fiksatorler kullanım kolaylığı açısından avantajlar sunsa da, pin girişi enfeksiyonları, eklem sertliği gelişimi, hastanede kalış süresinin uzaması ve cihazın çıkarılması için ikinci bir ameliyat gerektirmesi gibi dezavantajları da bulunmaktadır.^[14] Suprakondiler femur kırıklarında eksternal fiksator ve perkütan K-teli uygulamaları karşılaştırıldığında, K-teli tespitinin daha avantajlı olduğu bildirilmiştir. Çünkü eksternal fiksator (EF) grubunda daha fazla kan kaybı, daha uzun hastanede kalış süresi ve daha uzun ameliyat süresi gözlenmiştir.^[7]

Çocukluk çağı suprakondiler femur kırıklarında kapalı redüksiyon ve K-teli tespiti, minimal invaziv olması nedeniyle cerrahlar tarafından sıklıkla tercih edilmektedir. Ancak bu yöntem; pin girişi enfeksiyonu, tekrar kırık gelişimi, geç kaynama, kaynamama ve implant başarısızlığı gibi bazı dezavantajlar da taşımaktadır. Bu risklere rağmen, K-teli tespiti

öğrenilmesi ve uygulanması kolay bir yöntem olduğu için yaygın bir şekilde tercih edilmektedir.

Suprakondiler femur kırığı nedeniyle K-teli tespiti uygulanan 4–10 yaş arası çocuklarda radyolojik ve klinik sonuçların oldukça iyi olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte, K-teli tespitinin stabilitesi hakkındaki subjektif kaygılar nedeniyle cerrahların çoğu ek olarak spika alçısı da uygulamıştır.^[15] Dört yaş altı çocuklarda K-teli tespiti uygulanan olgular üzerinde yapılan çalışmalarda da hem fonksiyonel hem de radyolojik sonuçların oldukça iyi olduğu raporlanmıştır.^[7]

Perkütan K-teli tespitinde, tellerin fizisi çaprazlaması büyüme durması riskine yol açabileceğinden, tellerin mümkün olduğunca fizisi çaprazlamadan yerleştirilmesi önerilmektedir.^[16] Pediyatrik suprakondiler femur kırıklarında fizisi korumak ideal olsa da, kırığın yapısına ve kullanılan tespit tekniğine bağlı olarak fizisin çaprazlanması gerekebilir. Ancak bu durum, gelecekte ekstremité uzunluk farkı veya deformite gibi komplikasyonlara yol açabilir.

Literatür taramamızda, mezbahalardan temin edilen kuzu kemiklerinde osteotomi ve tespit sonrası biyomekanik ya da hücrel farklılıkları inceleyen herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ayrıca, hayvan deneylerinde K-teli tespit yöntemlerini karşılaştıran bir çalışma da bulunmamaktadır. Hayvan deney modelleri, sağlık araştırmalarının tüm alanlarında yaygın olarak kullanılmakta olup, özellikle ortopedik çalışmalarda, kemik iyileşmesini araştıran çalışmalarda sıkça tercih edilmektedir. Kuzu femur kemiklerinin ve insan femur kemiklerinin biyomekanik tepkileri birebir aynı olmasa da, bu konuda doğrudan karşılaştırma yapan bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Ancak, kuzu kemiklerinde farklı tespit yöntemlerine verilen biyomekanik tepkilerin incelenmesi, farklı tespit yöntemlerinin insan kemiklerinde nasıl performans gösterebileceği konusunda yine de değerli bilgiler sağlayabilir.

Çalışmamızda farklı konfigürasyonlarda uygulanan K-tellerinin stabilitesini araştırırken, en stabil yapının üç lateral K-telinin kullanıldığı konfigürasyonda sağlandığını bulduk. Bununla birlikte, diğer konfigürasyonlarda da mekanik stabilitenin tatmin edici düzeyde olduğu ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadığı görüldü.

Her grubu için yalnızca iki kuzu femurunun kullanılması nedeniyle çalışmanın istatistiksel gücü sınırlı kalmıştır. Gelecekte daha fazla örneklem sayısı ile yapılacak çalışmalar farklı sonuçlar ortaya koyabilir. Bu çalışmanın temel sınırlılıkları arasında, örneklem sayısının az olması ve kuzu kemiklerinin insan pediatrik femurunun biyomekaniğini birebir yansıtmaması nedeniyle klinik yansımaların sınırlı olması yer almaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmada, pediatrik suprakondiler femur kırıklarında farklı konfigürasyonlarda uygulanan perkütan K-teli yöntemlerinin dayanıklılık ve stabilitesini değerlendirmek amacıyla kuzu kemikleri üzerinde biyomekanik bir analiz gerçekleştirdik. Başlangıçta, en yüksek mekanik stabilite ve dayanıklılığı sağlayacak konfigürasyonun bir medial ve üç lateral K-telinden oluşacağı hipotezini öne sürdük. Ancak sonuçlarımız, en yüksek mekanik stabilitenin yalnızca üç lateral K-telinin kullanıldığı konfigürasyonda sağlandığını gösterdi. Bununla birlikte, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı ($p>0,05$). Sonuç olarak, perkütan K-teli tespiti, pediatrik suprakondiler femur kırıklarının cerrahi tedavisinde tercih edilebilecek uygun bir seçenektir. Ancak, optimal K-teli sayısı ve konfigürasyonu konusunda bir fikir birliği bulunmaması nedeniyle, daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır.

Etik Kurul Onayı: Afyon Kocatepe Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan etik kurul onayı alınmıştır (Onay Numarası: 49533702/04, Tarih: 27.01.2022).

Bilgilendirilmiş Onam: Yazılı bilgilendirilmiş onam gerekmemektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkıları: Konsept – R.A., M.N.K.; Tasarım – R.A., M.N.K.; Denetim – R.A., M.N.K.; Kaynak – R.A., B.K.Y.; Malzemeler – R.A., E.K.; Veri Toplama ve/veya İşleme – R.A., E.K.; Analiz ve/veya Yorumlama – R.A., B.K.Y., E.K.; Literatür Taraması – R.A., B.K.Y.; Yazım – R.A.; Eleştirel İnceleme – R.A., B.K.Y., E.K., M.N.K.

Yapay Zeka Kullanımı: Bu çalışmanın hazırlanmasında yapay zekadan veya yapay zeka tabanlı teknolojilerden yardım alınmamıştır.

Çıkar Çatışması: Yazarların beyan edecekleri çıkar çatışması yoktur.

Finansal Destek: Yazarlar bu çalışmanın finansal destek almadığını beyan etmişlerdir.

KAYNAKLAR

1. Nakaniida A, Sakuraba K, Hurwitz EL. Pediatric orthopaedic injuries requiring hospitalization: epidemiology and economics. *J Orthop Trauma* 2014;28(3):167-72. [CrossRef]
2. Hedlund R, Lindgren U. The incidence of femoral shaft fractures in children and adolescents. *J Pediatr Orthop* 1986;6(1):47-50. [CrossRef]
3. Loder RT, O'Donnell PW, Feinberg JR. Epidemiology and mechanisms of femur fractures in children. *J Pediatr Orthop* 2006;26(5):561-6. [CrossRef]
4. Smith NC, Parker D, McNicol D. Supracondylar fractures of the femur in children. *J Pediatr Orthop* 2001;21(5):600-3. [CrossRef]
5. Periasamy K. Supracondylar fracture of the femur in children. *WebMed Central* 2010;1(9):WMC00594.
6. Pretell Mazzini J, Rodriguez Martin J, Andres Esteban EM. Surgical approaches for open reduction and pinning in severely displaced supracondylar humerus fractures in children: a systematic review. *J Child Orthop* 2010;4(2):143-52. [CrossRef]
7. Li J, Yue C, Wang HQ, Guo X, Chen K, Ma J, et al. External fixation and Kirschner wires in the treatment of paediatric displaced supracondylar femur fractures. *J Child Orthop* 2020;14(4):293-8. [CrossRef]
8. Ehlinger M, Ducrot G, Adam P, Bonnomet F. Distal femur fractures. Surgical techniques and a review of the literature. *Orthop Traumatol Surg Res* 2013;99(3):353-60. [CrossRef]
9. Bor N, Rozen N, Dujovny E, Rubin G. Fixator-Assisted Plating in Pediatric Supracondylar Femur Fractures. *Glob Pediatr Health* 2019;6:2333794X19843922. [CrossRef]
10. Parikh SN, Nathan ST, Priola MJ, Eismann EA. Elastic nailing for pediatric subtrochanteric and supracondylar femur fractures. *Clin Orthop Relat Res* 2014;472(9):2735-44. [CrossRef]
11. Alt V, Simpson H. External fixation and percutaneous pinning. *Injury* 2019;50(Suppl 1):S1. [CrossRef]
12. Bible JE, Mir HR. External Fixation: Principles and Applications. *J Am Acad Orthop Surg* 2015;23(11):683-90. [CrossRef]
13. Butcher CC, Hoffman EB. Supracondylar fractures of the femur in children: closed reduction and percutaneous pinning of displaced fractures. *J Pediatr Orthop* 2005;25(2):145-8. [CrossRef]
14. Gangavalli AK, Nwachuku CO. Management of Distal Femur Fractures in Adults: An Overview of Options. *Orthop Clin North Am* 2016;47(1):85-96. [CrossRef]
15. Jing Y, Ning B, Mo Y, Wang D. Displaced supracondylar femoral fractures: Clinical and radiographic outcomes in children aged 4-10 years treated with Kirschner wires and hip spica cast. *Front Pediatr* 2023;11:1086831. [CrossRef]
16. Muhammad H, Filza MR, Siwendro AB, Ismiarto YD. Pediatric neglected distal femoral fracture with growth arrest. *Int J Surg Case Rep* 2022;93:106929. [CrossRef]