

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ
ANABİLİM DALI

**MEDİAL EPİKONDİL, PERKÜTANÖZ K
TELİ UYGULAMASININ ULNAR SİNİR
ÜZERİNE ETKİLERİNİN RADYOLOJİK
VE BİYOMEKANİK OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

DR. MUSTAFA ÇELTİK

UZMANLIK TEZİ

İZMİR-2022

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ
ANABİLİM DALI

**MEDİAL EPİKONDİL, PERKÜTANÖZ K
TELİ UYGULAMASININ ULNAR SİNİR
ÜZERİNE ETKİLERİNİN RADYOLOJİK
VE BİYOMEKANİK OLARAK
DEĞERLENDİRİLMESİ**

DR. MUSTAFA ÇELTİK

UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI: Prof. Dr. Mustafa Hulusi ÖZKAN

İÇİNDEKİLER:

İÇİNDEKİLER:	I
ŞEKİL DİZİNİ.....	II
TABLO DİZİNİ.....	III
TEŞEKKÜR.....	IV
ÖZET	V
GİRİŞ.....	1
Dirsek Eklemi Anatomisi	2
Ulnar Sinir Anatomisi.....	2
Çocuk Suprakondiler Humerus Kırıklarında Sınıflama	3
MATERYAL METOD.....	4
İSTATİSTİKSEL YÖNTEM.....	10
SONUÇ:	11
TARTIŞMA	15
KAYNAKÇA	22

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1: K teli uygulaması öncesi ve sonrasında Siemens Acuson S3000 Model Ultrasonografi cihazında 9L4 lineer prob (4-9 MHz) ile elastogramları elde edilmesi	6
Şekil 2: K teli peruktan uygulama sonrasında ultrason ölçümleri öncesinde K telinin pozisyonu X-ray aracılığıyla teyit edilmesi	6
Şekil 3: Ölçümlerin K teli uygulaması öncesi ve sonrası dirsek tam ekstansiyon, dirsek fleksiyon-ön kol supinasyon ve dirsek fleksiyon-ön kol pronasyon pozisyonlarında ayrı ayrı değerlendirilmesi	7
Şekil 4: Farklı pozisyonlarda elde edilen Shear Wave Elastogram, görselleri	7
Şekil 5: DVRT sensörün kök ve hareketli kısmı 2 keskin pin yardımı ile sinire sabitlenerek ölçümler K teli öncesi ve sonrası olacak şekilde yapıldı	8
Şekil 6: Microstrain DVRT sensörü (Microstrain, Inc, Burlington, VT)	9
Şekil 7: Tam ekstansiyon, 90 derece fleksiyon- ön kol supinasyon, 90 derece fleksiyon- ön kol pronasyon pozisyonlarının art arda uygulandığı deneysel uygulamada ulnar sinir gerinimin zamanla değişimi	9

TABLO DİZİNİ

Tablo 1: Modifiye Gartland Sınıflaması	4
Tablo 2: İstatistiksel Değerlendirmeler: Farklı dirsek pozisyonlarında ulnar sinir gerginliği değişiminin istatistiksel olarak karşılaştırılması	11
Tablo 3: Ulnar oluk derinliği ile gerginlik arasındaki korelasyonlar	14



TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında deneyim ve bilgileriyle bana yol gösteren değerli hocam Prof. Dr. Mustafa Hulusi ÖZKAN, Doç. Dr. Onur HAPA ve Doç. Dr. Onur BAŞCI 'ya teşekkür ederim.

Asistanlık eğitimimi çalıştıkları Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji kliniğinde alma şansına sahip olduğum ve bu zamanda yetişmemde büyük emeği geçen değerli hocalarım Prof. Dr. Rasim Haluk BERK, Prof. Dr. Hasan Havıtcıoğlu, Prof. Dr. İbrahim Halit PINAR, Prof. Dr. Rasim Haluk BERK, Prof. Dr. Mehmet Hasan TATARİ, Prof. Dr. Vasfi KARATOSUN, Prof. Dr. Mustafa Can KOŞAY, Prof. Dr. Ömer AKÇALI, Doç. Dr. Mehmet ERDURAN, Doç. Dr. Ahmet KARAKAŞLI, Öğr. Gör. Uzm. Dr. Onur GÜRSAN sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın en değerli varlığı olan eşim Tuğçe Çeltik'e, asistanlığım boyunca eğitimime katkıda bulunan bütün ağabeylerime ve tüm asistan arkadaşlarıma; hayatın her aşamasında bana her konuda destek olan aileme teşekkürü borç bilirim.

Dr. Mustafa ÇELTİK

ÖZET:

Amaç: Çocuk suprakondiler humerus kırıklarında Kischner (K) teli uygulaması çok sık kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmamızda K teli uygulaması öncesi ve sonrası ulnar sinir gerginliği ve gerinimi dirseğin farklı açılarında değerlendirilmiştir.

Metod: 10 adet taze donmuş kadavra dirsek piyesi kullanılmıştır. Medial epikondile K teli uygulaması öncesi ve sonrası ulnar sinir üzerine K telinin etkisi araştırılmıştır. Ultrasonografi ve mikro gerinim ölçer kullanılarak, ulnar sinir üzerindeki gerinim ve gerilimi 3 farklı pozisyonda (dirsek tam ekstansiyon, dirsek fleksiyon-ön kol supinasyon ve dirsek fleksiyon-ön kol pronasyon) değerlendirilmiştir. Minimum, maksimum ve ortalama gerilim ve gerinim değerleri istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır.

Sonuç: Medial epikondile Kischner teli uygulanmış piyeslerde, longitudinal düzlem kullanılarak sinir üzerinde meydana gelen gerginlik ölçülmüştür. Dirsek tam ekstansiyon ortalama değerleri, dirsek 90 derece fleksiyon - ön kol supinasyon ve dirsek 90 derece fleksiyon- ön kol pronasyon pozisyonlarındaki ortalama değerlerinden düşüktür ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. 90 derece fleksiyonda, ön kol pronasyonda yapılan ölçümlerde K teli uygulandıktan sonra ölçülen değerler diğer gruplara göre istatistiksel olarak anlamlı saptanmıştır. Dirseğin diğer pozisyonlarında gruplar arası anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Tartışma: Suprakondiler humerus kırıklarında, medial K teli uygulaması sırasında ulnar sinir hasarını önlemek amaçlı literatürde birçok teknik tarif edilmiştir. Ancak günümüzde ulnar sinir hasarını önlemek için ortaya atılan mutlak bir teknik yöntem yoktur. Bu çalışmamızda, suprakondiler kırık sonrasında uygulanan K telinin yumuşak dokuda meydana getirdiği değişikliklerin ulnar sinir yaralanmasına neden olup olmadığı değerlendirilmiştir. Lateral K teli uygulaması sonrası elde edilen göreceli stabilite sayesinde dirsek hafif ekstansiyon pozisyona alınarak yapılan medial epikondile K teli uygulaması ulnar sinir paralizi riskini azaltmak için başvurulabilen bir tekniktir. Bu teknik uygulamasına rağmen 90 derece fleksiyon pozisyonunda atel konulan vakalarda da ulnar sinir hasarı izlenebildiği raporlanmıştır. Ameliyat sonrası dönemde dirsek eklemi pozisyonunun yumuşak doku gerginliği ve gerinimi nedeniyle

ile çevre dokuların dengesi değiştirmesi sonucunda ulnar sinir paralizisine katkı sağlayabileceği tezini savunmaktayız.

Klinik Değer: Yaptığımız çalışmada dirsek 90 derece fleksiyon ve ön kol pronasyonda uygulanan K Telinin ulnar sinire etkisi istatistiksel olarak anlamlı ve yüksek tespit edilmiştir. Dolayısıyla, yaptığımız ölçümler neticesinde post operatif dönemde tercih edilmemesi gereken dirsek sabitleme pozisyonu 90 derece fleksiyon-ön kol pronasyonudur. K teli uygulanan piyeslerde, dirsek tam ekstansiyon pozisyonunda elde edilen maksimum gerilim değerleri, dirseğin diğer pozisyonlarına göre daha düşüktür. Buna göre dirsek ekstansiyondayken, ulnar sinir üzerinde maksimum gerilme daha az olmaktadır. Bu yüzden dirseği mümkün olduğunca ekstansiyon pozisyonunda stabilize edilmesi uygun olacaktır.

Radiological and Biomechanical Evaluation of the Effects of Percutaneous K Wire Application of the Medial Epicondyle on Ulnar Nerve

Objective: To evaluate and compare the changes in ulnar nerve tension and strain at different elbow positions radiologically and mechanically before and after the application of the medial K wire.

Methods: 10 fresh frozen cadaver upper extremity specimens were used in the evaluation. Using an ultrasonography and a micro strain gauge, strain and tension on the ulnar nerve were measured in 3 different elbow positions (elbow full extension, elbow flexion-forearm supination and elbow flexion-forearm pronation). Minimum, maximum and mean stress and strain values were compared statistically.

Results: Kirschner wire applied to the medial epicondyle and the measurements of the ulnar nerve on the longitudinal plane were performed. The mean values of elbows with full extension are statistically lower than the mean values in elbows with 90 degrees flexion- forearm supination and the elbows in 90 degrees flexion - forearm pronation positions. Statistical evaluations were performed between all of the groups. Elbow 90 degree flexion – forearm pronation both minimum and maximum and mean values were statistically higher in the group including the specimens with Kirschner wire applied. The mean values in the elbow full extension and elbow 90 degree flexion-forearm supination positions were statistically similar in the specimens with and without the Kirschner wire applied.

Discussion: Although many methods were tried in an effort to prevent ulnar nerve palsy in the past, there is no consensus on a definitive treatment technique for the absolute prevention of ulnar nerve paralysis in the treatment algorithm. Thanks to the relative stability obtained after the application of the lateral Kirschner wire, the application of K wire to the medial epicondyle with the elbow in a slightly extended position is a technique that can be applied to reduce the risk of ulnar nerve paralysis. Despite the application of this technique, it has been reported that ulnar nerve damage can be observed in cases where a splint is placed in the 90 degree flexion position. We argue that the position of the elbow joint in the postoperative period may contribute to

ulnar nerve paralysis as a result of the change in the balance of the surrounding tissues through soft tissue tension and strain.

In the statistical evaluation between all groups, both the minimum, maximum and mean values in the 90 degree elbow flexion-forearm pronation position were statistically higher in the specimen group where Kirschner wire applied to the medial epicondyle. Therefore, as a result of our measurements, the least preferred elbow position in the postoperative period should be, is 90 degrees elbow flexion-forearm pronation. In the ultrasonographic measurements made on the nerve in the longitudinal plane in which Kirschner wire was applied, the maximum values in the elbow full extension position were statistically lower than the maximum values of elbow flexion - forearm supination and elbow flexion - forearm pronation maximum. Therefore, it would be appropriate to avoid elbow flexion as much as possible, taking into account the reduction during the splint application, since the lowest maximum values that can be reached in the procedures with Kirschner wire are achieved in the elbows with full extension position.

GİRİŞ

Suprakondiler humerus kırıkları, çocuklarda en sık görülen dirsek kırıklarıdır(1). Yüksekten düşmeler, tüm suprakondiler humerus kırıklarının %70'inin etiyolojisinde yer almaktadır(2). Ortalama 6 yaş civarı klinik olarak karşımıza çıkmakta olup, 15 yaşına kadar sıklığı azalarak devam etmektedir(3-5). Hangi cinsiyette daha sıklıkla görüldüğü ile ilgili fikir birliği söz konusu değildir(3,6). Bu kırıklarda tercih edilen tedavi yöntemi redüksiyon sonrasında kırığın alçılanması veya K telleri ile tespittir. Deplase suprakondiler humerus kırıklarının kapalı redüksiyonu ve perkütan Kischner teli uygulaması yöntemi ilk olarak 1947'de Judet tarafından bildirilmiştir ve yıllar içinde popülerlik kazanmıştır(7). Günümüzde bu tür kırıklarda, sadece lateral veya medial ve lateral K teli uygulaması tercih edilen tedavi yöntemi olarak görünmektedir. İyatrojenik sinir hasarı, kapalı manipülasyon, perkütan veya açık fiksasyon işlemlerinin herhangi bir safhasında meydana gelebilir(8). Ancak medial K telinin yerleştirilmesine bağlı olan iyatrojenik ulnar sinir yaralanması bu kırıkların tedavi tekniğinin önemli komplikasyonlarından biri olarak kabul edilmektedir. Prashant ve arkadaşları çalışmalarında medial epikondil K teli uygulaması ile %6'lık bir iyatrojenik ulnar sinir felci oranı bildirmişlerdir(9). Aynı çalışmada sadece lateral K teli ile tespit edilen vakalarda ise ulnar sinir arazı izlenmemiştir.

Literatürde daha önce tarif edilen medial K teli uygulama teknikleri arasında dirseğin hiperfleksiyonu muhafaza edilen K telinin uygulanması(10); doğrudan siniri görme amaçlı medial epikondil üzerinde küçük bir kesi yapılması(11) ve ulnar sinirin yerini belirlemek için bir sinir stimülatörü kullanımıdır(12).

Perkütanöz medial epikondilde yapılan K teli uygulaması sonrasında gelişen sinir arazısına katkı sağlayan etkenler arasında, dirseğin redüksiyon sırasındaki pozisyonu, K telinin pozisyonu, yönelimi ve sinirle ilişkisi ve post operatif eklem atel ile sabitleme açısı olası etyopatogeneizde yer almaktadır. İşlem sonrası uygulanan atel nedeniyle gelişen ulnar sinir gerginliğine bağlı iyatrojenik yaralanmalar olabileceği düşünülmektedir. Farklı pozisyonlarda ulnar sinir gerginliğinin ve uzunluğunun değişimlerini karşılaştırılması ve ulnar sinirin dinamik anatomisini değerlendirmesi amaçlı bir kadavra çalışması planlanmıştır.

Bu deneysel çalışma, medial epikondile Kirshner teli uygulanan kırıklarda farklı pozisyonlarda, uygulama öncesine göre ve uygulama sonrası dirsek pozisyonlarında izlenen ulnar sinir gerginliği ve uzunluğunun ultrasonografi ve mekanik ölçümlerle ile karşılaştırılmasını amaçlamaktadır.

Dirsek Eklemi Anatomisi

Dirsek eklemi, 3 farklı eklem (humeroulnar eklem, humeroradial eklem ve proksimal radioulnar eklem) tek kapsül içinde organize olması ile meydana gelen menteşe tipi bir eklem örneğidir.

Dirsekteki normal eklem hareket açıklığı (EHA) fleksiyonda yaklaşık 140°-150° tam ekstansiyonda 0°-10° hiperekstansiyon hareket aralığındadır.

Ulnar Sinir Anatomisi

Ulnar sinir, C8 ve T1 (nadiren C7) spinal sinir köklerinden oluşan brakiyal pleksusun medial kordunun terminal bir dalı olarak kol boyunca seyrini sürdürür. Ulnar sinir Struthers arkının altından geçtikten sonra dirsek seviyesine ulaşır ve dirsekte medial epikondilin posterioruna ilerler. Struthers arkası ortalama 3.75 cm uzunluğundadır ve medial epikondilin yaklaşık 3 ila 10 cm üzerinde biter(13). Medial K teli uygulaması sırasında yanlış pozisyonlanan K telleri sinir arazına sebebiyet verebilmektedir. Medial epikondilin yaklaşık 1,5 cm proksimalinde dirsek eklemi medial yüz duyusunu alan ilk dalını verir. Ulnar sinir medial epikondilin altından geçer ve fleksör karpi ulnarisin (veya Osborne ligamanının) iki başı arasında köprü kuran fibröz arkın altındaki kübital tünele girer.

Ulnar sinire dirsekte kan beslemesi, proksimalde superior ulnar kollateral arter, orta kısımda inferior ulnar kollateral arter ve distalde posterior rekürren ulnar arter olmak üzere üç ana pedikülden sağlanır. Bu üç damar, ulnar sinir ile yakından ilişkili bir anastomotik ektranöral ağ oluşturur(14).

Çocuk Suprakondiler Humerus Kırıklarında Sınıflama

Gartland, suprakondiler humerus kırıklarını distal fragmanın posteriora deplasmanı (ekstansiyonu) ile birlikte rotatuar ve translasyonel bir deformite olarak tanımlamıştır. Deplasman derecesine göre üç tip tanımlamıştır: tip I, deplase olmayan; tip II, orta derecede deplase; ve tip III, ciddi şekilde deplase yaralanma. Fleksiyon tipi yaralanmaları ise bu sınıflamadan ayrı değerlendirmiştir.

1995 yılında De Boeck ve arkadaşları, suprakondiler humerus kırığının medial kolunu parçalanmış, Baumann açısının kaybı gözlenen ve stabil olmayan bir alt tipini tanımlamışlardır(15). 2006 yılında, Leitch ve arkadaşları, intakt periosteal menteşe olmaması nedeniyle intraoperatif olarak tanımlanan çok düzlemlili instabilite nedeniyle tedavisi zor olduğuna inanılan bir tip IV yaralanmanın eklenmesini önermişler(16).

Kırık Tipi	Özellik	Yorum
I	Hafif Deplasman	Radyolojide fat-pad bulgusu varlığı
II	Posterior menteşe varlığı	Anterior humeral line anterior to capitellum
III	Deplase	Kortikal devamlılık kaybolmuş
IV	Ekstansiyon ve fleksiyon pozisyonlarında deplase	Ekstansiyon ve fleksiyon pozisyonlarında izlenen radyolojik olarak izlenen instabilite
Medial Parçalanma ve Bauman Açısı Kaybı		Medial sütunun devamlılık kaybı

Tablo 1: Modifiye Gartland Sınıflaması

MATERYAL METOD

Çalışmamız Eylül 2021-Haziran 2022 tarihleri arasında Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı ve Anatomi Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilmiştir. Çalışmamız Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu tarafından değerlendirilmiş olup 09.03.2022 tarihli ve 2022/09-23 protokol numarasıyla onaylanmıştır. Çalışmamız kapsamında Siemens Acuson S3000 Model Ultrasonografi cihaz kullanılmıştır. Araştırmanın yapılacağı birimlerden Dokuz Eylül Üniversitesi Radyoloji Anabilim Dalı'ndan ve Dokuz Eylül Üniversitesi Anatomi Anabilim Dalı'ndan gerekli izinler alınmıştır.

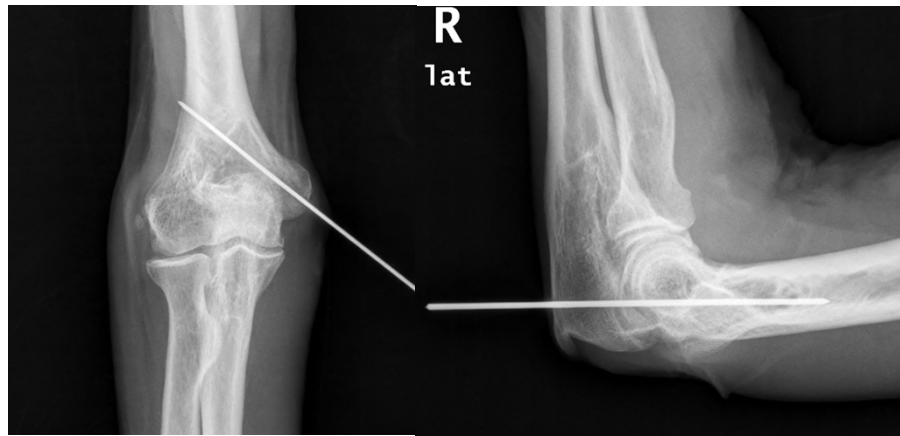
10 adet taze donmuş kadavra ile yapılan çalışmamızda radyolojik ve mekanik ölçümler yapılacak şekilde planlama yapıldı. Öncelikle kadavra piyeslerinin çalışmamıza engel teşkil edecek dışlama kriterlerine sahip olmadıkları teyit edildi. Spesimenlerin hiçbirinde kubitus varus vb. başka bir deformite veya anomali söz konusu değildi. Örneklerin hiçbirinde eklem hareket açıklığı kısıtlılığı, ulnar sinir subluksasyonu veya dirsek instabilite vb. patolojiler mevcut değildi.

Çalışma 2 aşama (radyolojik ve mekanik değerlendirme) şeklinde planlanmıştır. Her iki aşamada da öncesi ve sonrası olacak şekilde piyesler üzerinde dirsek tam ekstansiyon, dirsek 90 derece fleksiyon ve ön kol supinasyon ve dirsek 90 derece fleksiyon ve ön kol pronasyon pozisyonlarında değerlendirilme yapılmıştır. İlk aşamada radyolojik değerlendirilme safhası olup, kadavra piyesleri üzerinde ulnar sinir işlem öncesi elastografi değerlendirilmesi Siemens Acuson S3000 Model Ultrasonografi cihazında 9L4 lineer prob (4-9 MHz) ile elastogramları elde edilmiştir. Daha sonra VTIQ yazılımı ile elde edilen görüntüler üzerinden ulnar sinir üzeri ve çevresi farklı sertlikteki bölgeleri belirlenmiştir. Ölçümler çoklu olarak aksonel kesit sinir üzeri, aksonel kesit sinir çevresi ve *longitudunal kesitte sinir olacak şekilde*, minimum, maksimum ve ortalama değerler alınarak yapılmıştır. Bu alanlar için ölçümler tekrar tekrar tam ekstansiyon, 90 derece fleksiyon-supinasyon ve 90 derece fleksiyon-pronasyon pozisyonlarında yapılmıştır. Minimum maksimum ve ortalama değerleri kaydedilmiştir. Bu alanlardan çoklu ölçümler ile metre/saniye cinsinden elastisite değerleri ölçülmüştür. 1 kadavramızda yapılan ultrasonografik ölçümler radyolog tarafından sağlıklı ve tutarlı bulunmadığından ötürü, istatistik yapılırken dışlanmıştır.



Şekil 1: K teli uygulaması öncesi ve sonrasında Siemens Acuson S3000 Model Ultrasonografi cihazında 9L4 lineer prob (4-9 MHz) ile elastogramları elde edilmesi

Ardından perkütanöz olarak medial 2 mm Kishner teli uygulaması dirsek ekstansiyon pozisyonunda olacak şekilde uygulandı ve K telinin pozisyonu X-ray görüntüleme aracılığı ile teyit edildi. Ulnar sinire K telinin isabet edip etmediği USG ile kontrol edildi. Uygulama sırasında perkütanöz olarak uygulanan K tellerinin hiçbirisi ulnar sinire isabet etmedi.



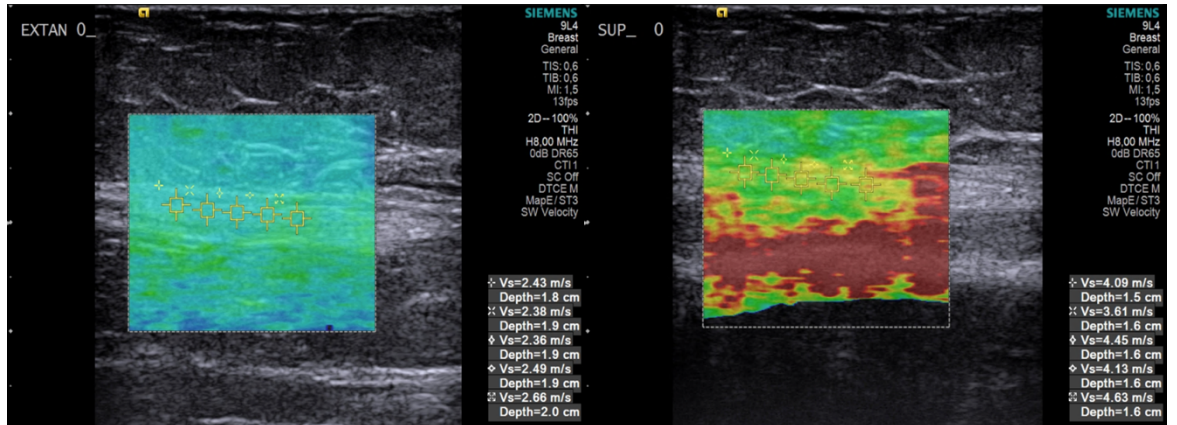
Şekil 2: K teli peruktan uygulama sonrasında ultrason ölçümleri öncesinde K telinin pozisyonu X-ray aracılığıyla teyit edilmesi

K teli uygulamasının ulnar sinir etrafından alınan elastogramlar üzerinde etkisinin değerlendirilmesi amacıyla bir önceki basamakta yapılan ölçümler tekrarlandı. Ölçümler aksonel kesit sinir üzeri, aksonel kesit sinir çevresi ve longitudinal kesitte sinir olacak şekilde yapılmıştır. Bu alanlar için ölçümler tekrar tekrar tam ekstansiyon, 90 derece fleksiyon-supinasyon ve 90 derece fleksiyon-pronasyon pozisyonlarında yapılmıştır.



Şekil 3: Ölçümlerin K teli uygulaması öncesi ve sonrası dirsek tam ekstansiyon, dirsek fleksiyon-ön kol supinasyon ve dirsek fleksiyon-ön kol pronasyon pozisyonlarında ayrı ayrı değerlendirilmesi

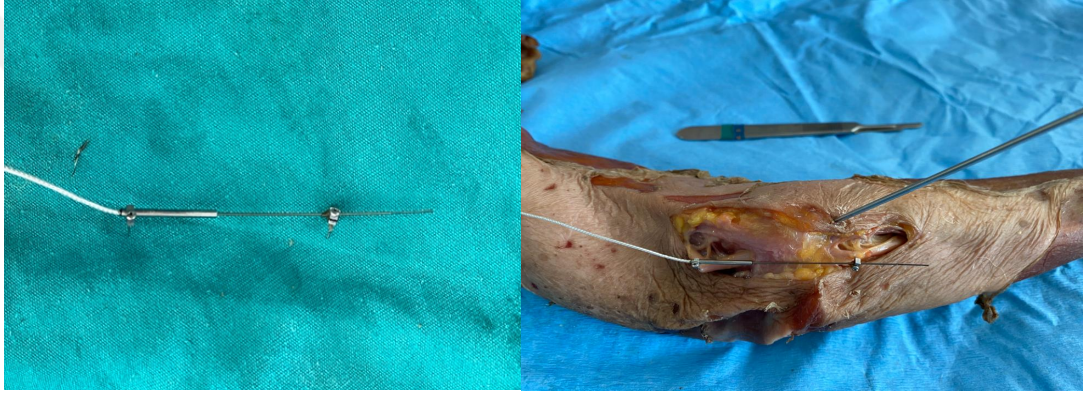
Minimum maksimum ve ortalama değerleri kaydedilmiştir. Bu alanlardan çoklu ölçümler ile metre/saniye cinsinden elastisite değerleri ölçülmüştür.



Şekil 4: Farklı pozisyonlarda elde edilen Shear Wave Elastogram, görselleri

Ardından 2 aşama için anatomi laboratuvarına transport edilen üst ekstremité piyesleri ile ulnar sinir uzunluk değişimlerine bakıldı. Medial epikondil merkezli 10 cm uzunluğunda cilt insizyonu yapıldı. Deri altı dokudan diseksiyondan sonra ulnar siniri belirlendi.

Temaslı diferansiyel değişken relüktans dönüştürücü sensörleri (Microstrain, Inc, Burlington, VT) ile doğrudan medial epikondilin hemen proksimalindeki ulnar sinire bir mikro gerinim ölçer yerleştirildi. Mikro gerilim ölçer, bobinlerinin dikenlerinin hareketleriyle bir voltaj değişikliği üreterek ölçümlerini yapmaktadır.



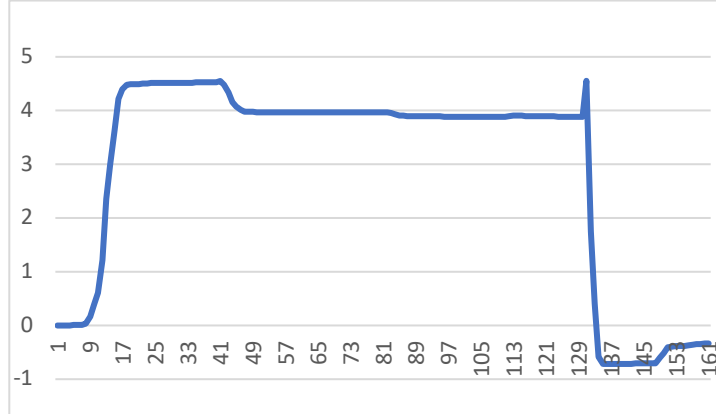
Şekil 5: DVRT sensörün kök ve hareketli kısmı 2 keskin pin yardımı ile sinire sabitlenerek ölçümler K teli öncesi ve sonrası olacak şekilde yapıldı

Sinirin gerinimi, Microstrain DVRT sensörü (Microstrain, Inc, Burlington, VT) ile ekstremité hareketleri olan ekstansiyon, fleksiyon-supinasyon ve fleksiyon-pronasyon olacak şekilde ölçüldü. Kadavralarda aynı sıra ile aynı hareketler gerçekleştirildi. DVRT sensörün kök ve hareketli kısmı 2 keskin pin yardımı ile sinire sabitlendi Şekil 5'daki gibi sabitlendi.



Şekil 6: Microstrain DVRT sensörü (Microstrain, Inc, Burlington, VT)

Hareket başlangıcında DVRT sensör verileri her kadavra için 0 pozisyonundan başlandı. Tüm hareket verileri K teli uygulanmış piyesler (Telli) ve K teli uygulanmamış piyesler (Telsiz) olmak üzere kendi yazılımı üzerinden tek kanaldan 0 ila 3 mm aralığında, 1 μ m doğrulukla alındı. Alınan uzama verileri excel verisine çevrilerek her bir hareketteki voltaj değerleri (mm) cinsine çevrildi. Böylece her kadavra için maksimum uzama ve hareket değişim verileri toplandı.



Şekil 7: Tam ekstansiyon, 90 derece fleksiyon- ön kol supinasyon, 90 derece fleksiyon- ön kol pronasyon pozisyonlarının art arda uygulandığı deneysel uygulamada ulnar sinir gerinimin zamanla değişimi

K teli farklı pozisyonlardaki ölçümlerin kaydedilmesinin ardından çekildi ve piyeslerde K telinin mevcut olmadığı senaryolar için de ölçümler tam

ekstansiyon, 90 derece fleksiyon-supinasyon ve 90 derece fleksiyon-pronasyon pozisyonlarında tekrar elde edildi. Ölçümler K telinin piyeslerde mevcut olduğu ve mevcut olmadığı senaryolar için tek tek tekrar olarak ölçümler yapıldı ve K teli çekilmesinin sinir üzerine etkisi mekanik ölçümlerle değerlendirildi.

İSTATİSTİKSEL YÖNTEM

Veriler IBM SPSS Statistics Standard Concurrent User V 26 (IBM Corp., Armonk, New York, ABD) istatistik paket programında değerlendirildi. Tanımlayıcı istatistikler birim sayısı (n), yüzde (%), ortalama ($\bar{x}$), standart hata (sh) değerleri olarak verildi. Çalışmadaki tüm değişkenler için ölçümler aynı kadavralardan alındığı için istatistiksel karşılaştırmalar sabit ve rastgele etkileri içeren karma etkili doğrusal modeller ile yapıldı. Ana etkilerin karşılaştırılmasında Bonferroni düzeltmesi uygulandı. $p<0,05$ değeri istatistiksel olarak önemli kabul edildi.

SONUÇ:

	İşlem Tipi				Test İstatistikleri†	
	K Teli olmayan		K Teli olan		F	p
	ortalama	sh	ortalama	sh		
Aksonel-Sinir						
Tam Ext	2,974 ^a	0,190	2,934	0,276	0,027	0,874
90 Flex+SUP	3,732 ^b	0,244	3,211	0,283	2,328	0,166
90 Flex+PRO	3,540 ^b	0,271	3,439	0,323	0,192	0,673
Test İstatistikleri‡	F=10,432; p=0,006		F=1,227; p=0,343			
Aksonel-Sinir Çevresi						
Tam Ext Mean	2,527 ^a	0,104	2,366	0,096	4,368	0,070
90 Flex+SUP Mean	3,139 ^b	0,169	2,897	0,210	2,961	0,125
90 Flex+PRON Mean	2,864 ^{ab}	0,163	2,793	0,198	0,226	0,647
Test İstatistikleri‡	F=5,275; p=0,035		F=4,407; p=0,057			
Min						
Longitudunal-Sinir-Ext	2,737 ^a	0,196	2,640 ^a	0,199	0,258	0,625
Longitudunal-Sinir-Flex+SUP	3,352 ^b	0,246	3,170 ^{ab}	0,229	0,964	0,355
Longitudunal-Sinir-Flex+PRON	3,103 ^{ab}	0,264	3,689 ^b	0,236	6,827	0,031
Test İstatistikleri‡	F=4,463; p=0,049		F=6,497; p=0,021			
Max						
Longitudunal-Sinir-Ext	3,194 ^a	0,220	3,131 ^a	0,230	0,097	0,763
Longitudunal-Sinir-Flex+SUP	4,377 ^b	0,287	4,422 ^b	0,412	0,030	0,867
Longitudunal-Sinir-Flex+PRON	3,850 ^{ab}	0,314	4,631 ^b	0,277	8,548	0,019
Test İstatistikleri‡	F=8,929; p=0,009		F=15,025; p=0,002			
Mean						
Longitudunal-Sinir-Ext	2,946 ^a	0,207	2,894 ^a	0,202	0,078	0,787
Longitudunal-Sinir-Flex+SUP	3,753 ^b	0,283	3,814 ^b	0,308	0,083	0,781
Longitudunal-Sinir-Flex+PRON	3,430 ^{ab}	0,290	4,196 ^b	0,246	9,794	0,014
Test İstatistikleri‡	F=6,017; p=0,025		F=11,983; p=0,004			
Uzunluk						
Tam EXT	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-
FLEX-SUPİN	2,011 ^a	0,286	1,976	0,485 ^a	0,006	0,941
FLEX-PRON	2,297 ^a	0,449	2,162	0,579 ^a	0,123	0,734
Tekrar Tam EXT	0,144 ^b	0,094	-0,106	0,106 ^b	3,747	0,085
Test İstatistikleri‡	F=31,354; p<0,001		F=9,060; p=0,007			

Tablo 2: İstatistiksel Değerlendirmeler: Farklı dirsek pozisyonlarında ulnar sinir gerginliği değişiminin istatistiksel olarak karşılaştırılması

sh: Standart hata, †: Her bir pozisyonda işlemler arası karşılaştırmalar, ‡: Her bir işlem tipinde pozisyonlar arası karşılaştırmalar, a ve b üst simgeleri grup içi karşılaştırmalardaki farklılıkları göstermektedir. Aynı harflerin yer aldığı pozisyon değerleri istatistiksel olarak benzerdir.

Tablo 1’de gruplar arası karşılaştırmalara göre aksonel kesit sinir üzeri yapılan ölçümlerde, dirsek tam ekstansiyon, dirsek 90 derece fleksiyon- ön kol supinasyon ve dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol pronasyon pozisyonlarındaki değerleri Kischner teli uygulanmış ve Kischner kischner teli uygulanmamış piyeslerde istatistiksel olarak benzerdir. Kischner teli uygulanmamış gruplar içindeki karşılaştırmalara göre, dirsek tam Ekstansiyon değerleri istatistiksel olarak, dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol supinasyon ve dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol pronasyon değerlerinden düşüktür. K teli uygulanmış piyeslerde yapılan ölçümlerde pozisyonlar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli değildir.

Gruplar arası karşılaştırmalara göre aksonel sinir çevresi dirsek tam ekstansiyon ortalama, dirsek 90 derece fleksiyonu-ön kol supinasyon ortalama ve dirsek 90 derece fleksiyonu- ön kol pronasyon ortalama değerleri Kischner teli bulunan ve Kischner teli uygulaması bulunmayan piyesleri içine alan işlemlerde istatistiksel olarak benzerdir. Kischner teli uygulanmamış piyeslerde yapılan ölçümler içindeki karşılaştırmalara göre dirsek tam ekstansiyon değerleri istatistiksel olarak, dirsek 90 derece fleksiyon- ön kol supinasyon değerlerinden düşüktür. K teli uygulanmış piyeslerde yapılan ölçümlerde, farklı pozisyonlarda aksonel sinir çevresi gerginlikleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli değildir.

Gruplar arası karşılaştırmalara göre longitudinal düzlemdeki ölçümlerde sinir üzerinde yapılan ölçümlerde, dirsek tam ekstansiyon ve dirsek 90 derece fleksiyon- ön kol supinasyon minimum değerleri K teli uygulanmış ve uygulanmamış piyeslerde istatistiksel olarak benzerdir. Dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol pronasyon pozisyonunda elde edilen minimum değerleri ise K teli uygulanmış işlem grubunda istatistiksel olarak yüksektir.

Grup içi karşılaştırmalara göre, K teli uygulanmamış gruplarda longitudinal düzlemdeki ölçümlerde sinir üzerinde yapılan ölçümlerde dirsek tam ekstansiyon minimum değerleri istatistiksel olarak dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol supinasyon minimum değerlerinden düşüktür. K teli uygulanmış piyesler üzerinde yapılan ölçümlerde ise dirsek tam ekstansiyon minimum değerleri istatistiksel olarak dirsek

90 derece fleksiyon-ön kol pronasyon pozisyonunda ölçülen minimum değerlerinden düşüktür.

Gruplar arası karşılaştırmalara göre işlemde longitudinal düzlemdeki ölçümlerde sinir üzerinde yapılan ölçümlerde dirsek tam ekstansiyon ve dirsek 90 derece fleksiyon -ön kol supinasyon pozisyonlarında elde edilen maksimum değerleri K teli uygulanmış ve K teli uygulanmamış piyeslerde istatistiksel olarak benzerdir. Longitudinal düzlemde sinir üzerinde yapılan ölçümlerde, dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol pronasyon maksimum değerleri ise K teli uygulanmış piyeslerde istatistiksel olarak yüksektir.

Grup içi karşılaştırmalara göre K teli uygulanmamış piyeslerden elde edilen longitudinal düzlemde sinir üzerinde yapılan ölçümlerde, dirsek tam ekstansiyon pozisyonunda maksimum değerleri istatistiksel olarak dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol supinasyon maksimum değerlerinden düşüktür. K teli uygulanmış piyeslerde longitudinal düzlemde sinir üzerinde yapılan ölçümlerde, dirsek tam ekstansiyon maksimum değerleri, istatistiksel olarak dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol supinasyon maksimum ve dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol pronasyon maksimum değerlerinden düşüktür.

Gruplar arası karşılaştırmalara göre longitudinal düzlemde sinir üzerinde yapılan ölçümlerde, dirsek tam ekstansiyon ve dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol supinasyon pozisyonunda elde edilen ortalama değerleri K teli uygulanmış ve K teli uygulanmamış piyeslerde istatistiksel olarak benzerdir. Dirsek 90 derece fleksiyon -ön kol pronasyon ortalama değerleri ise K teli uygulanmış piyes grubunda istatistiksel olarak yüksektir.

Grup içi karşılaştırmalara göre, K teli uygulanmamış piyeslerde longitudinal düzlemde sinir üzerinde yapılan ölçümlerde, dirsek tam ekstansiyon ortalama değerleri istatistiksel olarak dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol supinasyon ortalama değerlerinden düşüktür. K teli uygulanmış piyeslerde longitudinal düzlemde sinir üzerinde yapılan ölçümlerde, dirsek tam ekstansiyon ortalama değerleri istatistiksel olarak dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol supinasyon ve dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol pronasyon ortalama değerlerinden düşüktür.

Sinirin gerinimi, Microstrain DVRT sensörü (Microstrain, Inc, Burlington, VT) ile ekstremite hareketleri olan dirsek tam ekstansiyon, dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol supinasyon ve dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol pronasyon olacak şekilde ölçüldü. Gruplar arası karşılaştırmalara göre dirsek tam ekstansiyon, dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol supinasyon ve dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol pronasyon pozisyonlarında elde edilen değerler K teli uygulanmış ve K teli uygulanmamış piyes gruplarında istatistiksel olarak benzerdir. Grup içi karşılaştırmalara göre hem K teli uygulanmış hem de K teli uygulanmamış piyeslerde, dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol supinasyon ve dirsek 90 derece fleksiyon- ön kol pronasyon uzunluk değerleri istatistiksel olarak dirsek tam ekstansiyon değerlerinden yüksektir.

Tablo 3: Ulnar oluk derinliği ile gerginlik arasındaki korelasyonlar

	İşlem Tipi			
	Telsiz		Telli	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Mean				
Longitudinal-Sinir-Ext	-0,798	0,010	-0,090	0,818
Longitudinal-Sinir-Flex+SUP	-0,244	0,527	0,352	0,353
Longitudinal-Sinir-Flex+PRON	-0,225	0,560	0,050	0,899

r: Ulnar oluk derinliği ile gerginlik arasındaki ilişkiyi gösteren Pearson korelasyon katsayısı

Çalışmada ulnar oluk derinlik değerleri 16,22 ile 20,66 arasında değişmektedir. Ulnar oluk derinlik değeri için ortalama ve standart sapma değeri $18,47 \pm 1,53$ 'tür. Cilt kalınlığı ise 3,05 ile 9,45 aralığında değişmekte olup ortalama ve standart sapma değeri $5,38 \pm 2,18$ 'dir.

Tablo 2'ye göre K teli uygulanmamış piyeslerde yapılan ölçümlerde dirsek tam ekstansiyon pozisyonunda, ulnar oluk derinliği ile gerginlik arasında istatistiksel olarak negatif korelasyon bulunmaktadır. Diğer ilişki katsayıları istatistiksel olarak önemli değildir.

TARTIŞMA

Yaptığımız çalışmada, suprakondiler humerus kırıkları cerrahi tedavisinin en önemli komplikasyonlarından biri olan ulnar sinir arazına, medial K teli uygulaması sonrası dirsek atel pozisyonunun katkısı olup olmadığı ortaya konulmaya çalışılmıştır. Suprakondiler humerus kırıklarının cerrahisi sonrasında en sık iyatrojenik ulnar sinir yaralanması görülmektedir (17,18) ve literatürde bildirilen insidans %1,4 ila %15 arasındadır(11,19–21). Stabilitayı arttırmak amacıyla uygulanan medial K telinin, iyatrojenik ulnar sinir hasarı oluşturması yönünden dikkatli uygulanması gerekmektedir.

Literatürde fiksasyon sırasında ulnar sinirin doğrudan K teli ile penetre edilmesi veya K teli tarafından çevre dokuların tespitlenmesi sonrası gelişen sinir sıkışması sonrasında, sıklıkla geçici, motor veya duysal değişiklikler oluşmakta ancak kayıpların prognozu hakkında öngörü yapılamamaktadır. Ulnar sinir hasarı olan hastaların büyük çoğunluğunda, haftalar ila aylar arasında tam fonksiyona dönüş ve semptomların tamamen kaybolması görülebilmektedir (19,20,22,23).

Medial telleme sonrası ulnar sinir gerginliği ve gerinimi radyolojik olarak Shear Wave Elastografi yöntemi ile, mekanik olarak ise, Microstrain DVRT sensörü aracılığı ile işlem öncesi ve sonrası dirsek tam ekstansiyon, dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol supinasyon ve dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol pronasyon hareketleri ile ayrı ayrı incelenmiştir

Sinirler, çevre yumuşak dokuların dirsek hareketleri sırasında yarattığı doğal gerilim altındadır. eklem hareketiyle değişen çevre dokularla etkileşimlerin neden olduğu doğal gerilim altındadır(24). Daha yüksek gerilim altında, sinir fasikülleri daha sıkı hale gelir(25), bu da Shear Wave Elastogram değerlerini artırmaktadır. Dolayısıyla elastogram hız değerleri yüksek olması durumunda sinirin geriliminin arttığı sonucu çıkarılabilir.

Maurizio De Pellegrin ve arkadaşları, suprakondiler humerus kırıkları cerrahi tedavisinde supin ve pron pozisyonlarının avantajlarını kıyaslamış, pron pozisyonunda iyatrojenik sinir arazına daha az sıklıkta rastlandığını ifade

etmişlerdir(26). Bu durumu da çocuklarda ulnar sinirin kubital tünelde hiper mobil olmasına(27), özellikle dirsek hiperfleksiyondayken medial epikondil üzerinden öne sublukse eğilimi olmasına bağlamışlardır. Bu nedenle, supin pozisyonunda sinirin daha riskli bir pozisyonda olacağı şeklinde açıklamışlardır(26).

Perkütan medial K teli uygulaması sırasında ulnar sinir paralizisini önleme amaçlı hafif ekstansiyon pozisyonunda K telini uygulaması önerilmektedir(28). Georgiadis ve arkadaşları çocuk suprakondiler humerus kırığı olan hastalara maksimum 60 derecelik bir ekstansiyon pozisyonunda 215 medial K teli uygulaması yapıldığını ve ortalama 13 haftalık takip süresi ardından hiçbir vakada ulnar sinir arazı izlenmediğini raporlamışlardır. Bu çalışma ile lateral giriş tellerin rölatif stabilizasyonun sağlanmasının ardından kısmi dirsek ekstansiyonu ve glenohumeral dış rotasyon ile ulnar sinir arazının önlenebileceğini ifade etmişlerdir(29).

Ulnar sinir paralizi riskini azaltmak için bazı yazarlar anterograd telleme yöntemini önermiştir. Robert Eberl ve ark yaptığı çalışmada 440 çocuk suprakondiler humerus kırığı olan hastanın 264'ünü (%60) antegrad telleme yöntemi ile, diğerlerine ise çapraz telleme yöntemi ile tedavi uyguladıklarını ifade etmiştir. Vakaların post operatif dönem sonuçları karşılaştırıldığında iyatrojenik ulnar sinir yaralanması antegrad çivileme ile tedavi edilen çocukların %0.4'ünde ve çapraz çivileme ile tedavi edilen çocukların %15'inde meydana geldiğini ancak ortalama 3 yıllık takip sonrasında, klinik sonuçların benzer olarak izlendiğini göstermişlerdir (30).

İyatrojenik ulnar sinir yaralanması riskinin mini açık medial kesi yöntemi ile azalabildiğini belirten çalışmalar mevcuttur(11). Medial epikondile K teli uygulaması sırasında dirseğin hafif ekstansiyon pozisyonuna alınarak ulnar sinir arazı riskinin azaltılabildiği literatürde mevcuttur(28). Medial tel fiksasyonu ile ilişkili iyatrojenik ulnar sinir yaralanmalarının, sinirin eksplorasyonu ve medial tel giriş yerinin değiştirilmesinden sonra düzeldiğini belirten çalışmalar da mevcuttur(11)(31).

Kocher ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada sadece lateral telleme yöntemi ile ufak bir medial kesi ile eksplorasyon uygulanması sonrası hafif dirsek ekstansiyonu pozisyonunda medial ve lateral telleme uygulamaları karşılaştırılmış olup, post operatif dönemde 70° ila 90° dirsek fleksiyonu ve nötr önkol rotasyonu pozisyonunda uzun kol atel uygulanmıştır. Takiplerinde her iki grupta da iyatrojenik ulnar sinir yaralanması vakası olmadığını raporlamışlardır(32). İyatrojenik ulnar sinir yaralanması riski medial tel yerleşimi sırasında dirseğin ekstansiyonu ile azaltılabileceğini çalışmalarında bildirmişlerdir.

Andrew B. Ree ve arkadaşlarının yaptığı bir başka çalışmada, 698 hasta mini insizyon yöntemi ile medial epikondil K teli uygulaması yapılmış olup, üç olguda (%0.43) iyatrojenik ulnar sinir yaralanması rapor edilmiştir. İyatrojenik sinir yaralanması olan 3 vakadan 2'sinde, ulnar sinir semptomlarında ortalama 15 hafta izlem sonrasında düzelme izlendiği belirtilmiştir(33).

Ercin ve arkadaşlarının yürütmüş olduğu karşılaştırmalı bir çalışmada medial mini-açık tekniğin perkütan teknik ile sonuçlara sahip olduğu ve eşit oranda iyatrojenik ulnar sinir hasarı riski taşıdığı saptanmıştır (34). Ancak medial mini açık tekniğin de kozmetik dezavantajlarının olduğuna dair olgular literatürde mevcuttur(35).

Özçelik ve arkadaşlarının 90 hasta ile yürüttükleri çalışmada kapalı redüksiyon ve perkütanöz K teli ile fiksasyon yöntemi ile tedavi edilen tip 3 pediatrik suprakondiler humerus kırıklarında; iyatrojenik ulnar sinir hasarı oluşumu ile medial telin frontal ve sagittal planda değişiklikleri ile açısal yerleştirilmesi arasındaki ilişki değerlendirilmiş, dirsek hiperfleksiyondayken sagittal düzlemde medial tel anteroposterior doğru yerleşimi, iyatrojenik ulnar sinir yaralanması riskini arttırdığı saptanmıştır (36).

Belhan ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada, suprakondiler humerus kırıklarında medial K teli uygulamasının kübital tünel içindeki ulnar sinirin dinamik ve morfolojik değişikliklerini incelemişlerdir. Hiperfleksiyon pozisyonunda uygulanan K telinin, kübital tünel retinakulumunu gergin pozisyonda sabitlediğini ve buna bağlı olarak dirsek ekstansiyona getirildiğinde retinakulumun daha da

gerilmesine bağlı olarak sinirin de gerileceğini neden olacağı tezini ortaya atmışlardır. alışmalarında ulnar sinirin kübital tüneldeki dinamik ve morfolojik değişikliklerinin kırığın kendisinden değil, daha çok medial K teli uygulamasından kaynaklandığını bildirmişlerdir(37).

Eidelman ve arkadaşlarının 91 suprakondiler humerus kırığı olan hasta ile yaptıkları çalışmada, medial tel dirsek tam ekstansiyonda iken uygulanmış, post operatif dönemde dirsek 90 derece fleksiyonda ve ön kol pronasyonda olacak şekilde konulmuştur. Bu şekilde izledikleri hastaların hiçbirinde ameliyat sonrası ulnar sinir felci izlenmediği gösterilmiştir (38).

Chin Yee Woo ve arkadaşlarının 125 hasta üzerinde yaptığı çalışmada dirseği 45°'den fazla fleksiyonda olmayacak şekilde perkütan olarak medial tel uygulaması sonrasında hiçbir hastada ulnar nöropatinin izlenmediğini bildirmişlerdir(39).

Gaston ve arkadaşlarının Tip 3 suprakondiler humerus kırıklarını inceledikleri çalışmalarında perkütan medial tel uygulamalarının ulnar sinir eksplorasyonu yapılmadan ve dirsek kısmen ekstansiyodayken yapılması sonrasında 2 vakada iyatrojenik sinir hasarı gözlendiğini raporlamışlardır. Ancak makalede post operatif dönemde yapılan atelin hangi a.ıda yapıldığı yer almamaktadır.

Juliann Kwak-Lee ve arkadaşlarının yaptığı 291 hasta ile yürüttüğü retrospektif bir çalışmada medial K teli uygulamasının ulnar sinirin medial epikondil üzerinde anterior subluksasyon olasılığını azaltmak için dirsek ekstansiyon pozisyonunda uygulandığı raporlanmıştır. Post operatif dönemde hastalara dirsek 70 derece fleksiyonda olacak şekilde başlangıçta geçici bir atel uygulaması sonrası ameliyat sonrası ilk vizitte 90 derece fleksiyonda uzun kol alçıya dönüştürüldüğü bildirilmiştir. Hem sadece lateral k teli uygulanan vakalarda hem de lateral ve medial K teli uygulaması yapılan vakalarda iyatrojenik sinir yaralanmasının gözlenmediği ifade edilmiştir(41).

Prashant ve arkadaşlarının 62 Gartland tip III suprakondiler kırığı olan hasta ile yapılan çalışmada sadece lateral tel ile lateral ve medial çapraz telleme uygulaması karşılaştırılmıştır. Çalışmalarında medial tel uygulamasının; lateral tel sonrası rölatif stabilizasyon sağlanmasının ardından, dirseğin 90° altında ekstansiyon pozisyonuna alınarak ve ulnar sinir parmakla geriye doğru yuvarlanması tekniğiyle yapıldığı belirtmiştir. Ameliyat sonrası ekstremitte, dirsek 90° fleksiyonda olacak şekilde uzun kol atele alındığını bildiren çalışmada medial-lateral giriş grubunda iki hastada (%6.5) iyatrojenik ulnar sinir felci vakası olması dikkat çekmektedir (9).

Literatürde, Ekstansiyon pozisyonunda uygulanan medial K teli uygulaması sonrası, dirsek 90 derece fleksiyonda yapılan sabitlemelerde ulnar sinir arazı saptanmıştır. Post operatif dönemde dirsek pozisyonunun yumuşak doku dengesini etkileyebileceği ve ulnar sinir gerilimi ve gerinimini artırabileceği hipotezinin öne sürülmektedir.

Sinikumpu ve arkadaşlarının ekstansiyon tipi suprakondiler humerus kırıkları için yaptıkları 12 yıl hasta takipli bir çalışmada, geç başlangıçlı ulnar sinir ilişkili semptomların (hipersensitivite vb.) olguların %16'sında gözlemlendiği gösterilmiştir. Aynı çalışmada geç başlangıçlı semptomların kronik süreçte lokal deformite ve değişen yük taşıma açısı veya travma sonrası sinir çevre yumuşak doku kalınlaşması ile ilişkili olabileceği ifade edilmiştir(42). Bu çalışma bizlere post operatif dönemdeki yumuşak doku problemlerinin ulnar sinir fonksiyonları üzerine katkısının olabileceğini göstermektedir.

Ulnar sinir paralizisini önlemek için literatürde yukarıda da belirtilen birçok yöntem belirtilmesine rağmen, tedavi algoritmasında ulnar sinir paralizinin mutlak şekilde önlenmesi için kesin bir tedavi tekniği konusunda fikir birliği söz konusu değildir. Ulnar sinir arazı ile karşılaşılması halinde medial K telinin akıbeti hakkında bile bir fikir birliği söz konusu değildir. Onder Kalenderer ve arkadaşlarının yayımladıkları bir çalışmada 473 suprakondiler humerus kırığı olan ve kapalı redüksiyon sonrası perkütan K teli ile fiksasyon uygulanan hastada postoperatif dönemde 25 tanesinde ulnar sinir yaralanması (%5,2) saptandığı raporlanmıştır. Ulnar sinir arazının varlığı tedavi protokollerinde herhangi bir

değişikliğe sebebiyet vermemiş ve K telleri rutin zamanlarında çekilmesine rağmen tüm vakalarda ulnar sinir arazı tamamıyla iyileştiğini raporlamışlardır(43). Perkütanöz ve dirsek hafif ekstansiyon pozisyonunda uygulanan medial K teli uygulaması ulnar sinir paralizinin riskini azaltmak için başvurulabilen bir tekniktir. Bu teknik uygulamasına rağmen 90 derece fleksiyon pozisyonunda atel konulan vakalarda da ulnar sinir hasarı izlenebildiği raporlanmıştır. Uygulanan bazı atel pozisyonlarının post operatif dönemde dirsek pozisyonunun yumuşak doku dengesini etkileyebileceği ve ulnar sinir gerilimi ve gerinimini artırabileceği hipotezinin öne sürmekteyiz.

Çalışmamızda da K teli uygulaması öncesi ve sonrası dirsek tam ekstansiyon, dirsek 90 derece fleksiyon- ön kol supinasyon ve dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol pronasyon pozisyonlarında sinirin gerilim ve gerinimi ile ilgili radyolojik ve mekanik veriler toplanmıştır. Çalışmamızda, üst ekstremité kadavra piyesleri ile yapılan değerlendirmelerde K teli uygulanmadan bile ulnar sinirin gerginliği dirsek fleksiyon pozisyonuna gittikçe artmaktadır. Minimum, maksimum ve ortalama değerler yardımıyla değerlendirme yapılmıştır. K teli uygulanmış piyesler üzerinde longitudinal düzlemde sinir üzerinde yapılan ölçümlerde dirsek tam ekstansiyon ortalama değerleri istatistiksel olarak dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol supinasyon ve dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol pronasyon ortalama değerlerinden düşüktür. Tüm gruplar arası yapılan istatistiksel değerlendirmede dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol pronasyon hem minimum hem maksimum hem de ortalama değerleri ise K teli uygulanmış piyes grubunda istatistiksel olarak yüksektir. Dolayısıyla, post operatif dönemde en az tercih edilmesi gereken atel pozisyonu dirsek 90 derece fleksiyon-ön kol pronasyon pozisyonudur. Dirsek tam ekstansiyon ve dirsek 90 derece fleksiyon- ön kol supinasyon ortalama değerleri K teli uygulanmış ve K teli uygulanmamış gruplar istatistiksel olarak benzerdir.

Microstrain DVRT sensörü aracılığı ile ölçülen sinir geriniminde ise gruplar arasında pozisyonlara bağlı istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamasa hem K teli uygulanmış piyeslerde hem de K teli uygulanmamış piyeslerde yapılan değerlendirmelerde tam ekstansiyon pozisyonunda sinir geriniminin en az seviyede olduğu istatistiksel olarak anlamlı bir bulgudur.

Bu çalışmanın bazı eksiklikleri vardır. Taze kadavralarda sinir örneklerinin incelenmesi iyi kurulmuş bir protokol olmasına rağmen, laboratuvar sonuçları in vivo durumu yansıtmayabilir. Ayrıca bu bir kadavra çalışması olduğu için ulnar sinir gerginliği ve gerinimi ile alakalı semptomların dereceleri açısından klinik bir ilişki net olarak kurulamamaktadır. Gerinim ölçümlerini uygulamak için sinir etrafında biraz diseksiyon gerekmesi nedeniyle, taze donmuş kadavralar üzerinde yapılmış olsa dahi, sinir ve çevre yumuşak dokuların bazı özellikleri in vivo durumdan farklı olabilir.

Medial K teli uygulamasının ulnar sinir iyatrojenik etkilerinin üzerindeki etkilerini değerlendirmek için daha fazla deneysel ve klinik çalışmalara ihtiyaç vardır.

KAYNAKÇA

1. Weinberg AM, Marzi I, Günter SM, Wessel L, Riedel J, Von Laer L. Supracondylar humerus fracture in childhood--an efficacy study. Results of a multicenter study by the Pediatric Traumatology Section of the German Society of Trauma Surgery--I: Epidemiology, effectiveness evaluation and classification. *Unfallchirurg*. 2002;105(3):208–16.
2. Farnsworth CL, Silva PD, Mubarak SJ. Etiology of supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop*. 1998;18(1):38–42.
3. Pilla NI, Rinaldi J, Hatch M, Hennrikus W. Epidemiological analysis of displaced supracondylar fractures. *Cureus*. 2020;12(4).
4. Marquis CP, Cheung G, Dwyer JSM, Emery DFG. Supracondylar fractures of the humerus. *Curr Orthop*. 2008;22(1):62–9.
5. Barr L V. Paediatric supracondylar humeral fractures: epidemiology, mechanisms and incidence during school holidays. *J Child Orthop*. 2014;8(2):167–70.
6. Houshian S, Mehdi B, Larsen MS. The epidemiology of elbow fracture in children: analysis of 355 fractures, with special reference to supracondylar humerus fractures. *J Orthop Sci*. 2001;6(4):312–5.
7. Pouliquen JC. Supracondylar elbow fractures. *J Pediatr Orthop*. 1993;13(2):270.
8. Ramachandran M, Birch R, Eastwood DM. Clinical outcome of nerve injuries associated with supracondylar fractures of the humerus in children: the experience of a specialist referral centre. *J Bone Joint Surg Br*. 2006;88(1):90–4.
9. Prashant K, Lakhotia D, Bhattacharyya T Das, Mahanta AK, Ravooof A. A comparative study of two percutaneous pinning techniques (lateral vs medial–lateral) for Gartland type III pediatric supracondylar fracture of the humerus. *J Orthop Traumatol*. 2016;17(3):223–9.
10. Reynolds RAK, Mirzayan R. A technique to determine proper pin placement of crossed pins in supracondylar fractures of the elbow. *J Pediatr Orthop*. 2000;20(4):485–9.
11. Green DW, Widmann RF, Frank JS, Gardner MJ. Low incidence of ulnar

- nerve injury with crossed pin placement for pediatric supracondylar humerus fractures using a mini-open technique. *J Orthop Trauma*. 2005;19(3):158–63.
12. Michael SP, Stanislas MJC. Localization of the ulnar nerve during percutaneous wiring of supracondylar fractures in children. *Injury*. 1996;27(5):301–2.
 13. Siqueira MG, Martins RS. The controversial arcade of Struthers. *Surg Neurol*. 2005;64:S17–20.
 14. Yamaguchi K, Sweet FA, Bindra R, Gelberman RH. The extraneural and intraneural arterial anatomy of the ulnar nerve at the elbow. *J shoulder Elb Surg*. 1999;8(1):17–21.
 15. De Boeck H, De Smet P, Penders W, De Rydt D. Supracondylar elbow fractures with impaction of the medial condyle in children. *J Pediatr Orthop*. 1995;15(4):444–8.
 16. Leitch KK, Kay RM, Femino JD, Tolo VT, Storer SK, Skaggs DL. Treatment of multidirectionally unstable supracondylar humeral fractures in children: a modified Gartland type-IV fracture. *JBJS*. 2006;88(5):980–5.
 17. Brown IC, Zinar DM. Traumatic and iatrogenic neurological complications after supracondylar humerus fractures in children. *J Pediatr Orthop*. 1995;15(4):440–3.
 18. Skaggs DL, Hale JM, Bassett J, Kaminsky C, Kay RM, Tolo VT. Operative treatment of supracondylar fractures of the humerus in children: the consequences of pin placement. *JBJS*. 2001;83(5):735–40.
 19. Lyons JP, Ashley E, Hoffer MM. Ulnar nerve palsies after percutaneous cross-pinning of supracondylar fractures in children's elbows. *J Pediatr Orthop*. 1998;18(1):43–5.
 20. Brauer CA, Lee BM, Bae DS, Waters PM, Kocher MS. A systematic review of medial and lateral entry pinning versus lateral entry pinning for supracondylar fractures of the humerus. *J Pediatr Orthop*. 2007;27(2):181–6.
 21. Slobogean BL, Jackman H, Tennant S, Slobogean GP, Mulpuri K. Iatrogenic ulnar nerve injury after the surgical treatment of displaced

- supracondylar fractures of the humerus: number needed to harm, a systematic review. *J Pediatr Orthop*. 2010;30(5):430–6.
22. Gaston RG, Cates TB, Devito D, Schmitz M, Schrader T, Busch M, et al. Medial and lateral pin versus lateral-entry pin fixation for Type 3 supracondylar fractures in children: a prospective, surgeon-randomized study. *J Pediatr Orthop*. 2010;30(8):799–806.
 23. Dekker AE, Krijnen P, Schipper IB. Results of crossed versus lateral entry K-wire fixation of displaced pediatric supracondylar humeral fractures: A systematic review and meta-analysis. *Injury*. 2016;47(11):2391–8.
 24. Kleinrensink GJ, Stoeckart R, Mulder PGH, Hoek GVD, Broek TH, Vleeming A, et al. Upper limb tension tests as tools in the diagnosis of nerve and plexus lesions: anatomical and biomechanical aspects. *Clin Biomech*. 2000;15(1):9–14.
 25. Topp KS, Boyd BS. Structure and biomechanics of peripheral nerves: nerve responses to physical stresses and implications for physical therapist practice. *Phys Ther*. 2006;86(1):92–109.
 26. De Pellegrin M, Fracassetti D, Moharamzadeh D, Origo C, Catena N. Advantages and disadvantages of the prone position in the surgical treatment of supracondylar humerus fractures in children. A literature review. *Injury* [Internet]. 2018;49:S37–42. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.injury.2018.09.046>
 27. Zaltz I, Waters PM, Kasser JR. Ulnar nerve instability in children. *J Pediatr Orthop*. 1996;16(5):567–9.
 28. Eidelman M, Hos N, Katzman A, Bialik V. Prevention of ulnar nerve injury during fixation of supracondylar fractures in children by ‘flexion–extension cross-pinning’ technique. *J Pediatr Orthop B*. 2007;16(3):221–4.
 29. Georgiadis AG, Settecce JJ. Safe Cross-Pinning of Pediatric Supracondylar Humerus Fractures With a Flexion-Extension–External Rotation Technique. *Am J Orthop*. 2014;
 30. Eberl R, Eder C, Smolle E, Weinberg AM, Hoellwarth ME, Singer G. Iatrogenic ulnar nerve injury after pin fixation and after antegrade nailing of supracondylar humeral fractures in children. *Acta Orthop*.

2011;82(5):606–9.

31. Rasool MN. Ulnar nerve injury after K-wire fixation of supracondylar humerus fractures in children. *J Pediatr Orthop*. 1998;18(5):686–90.
32. Kocher MS, Kasser JR, Waters PM, Bae D, Snyder BD, Hresko MT, et al. Lateral entry compared with medial and lateral entry pin fixation for completely displaced supracondylar humeral fractures in children: A randomized clinical trial. *J Bone Jt Surg - Ser A*. 2007;89(4):706–12.
33. Rees AB, Schultz JD, Wollenman LC, Moore-Lotridge SN, Martus JE, Schoenecker JG, et al. A Mini-Open Approach to Medial Pinning in Pediatric Supracondylar Humeral Fractures May Be Safer Than Previously Thought. *JBJS*. 2022;104(1):33–40.
34. Erçin E, Bilgili MG, Baca E, Başaran SH, Bayrak A, Kural C, et al. Medial mini-open versus percutaneous pin fixation for type III supracondylar fractures in children. *Turkish J Trauma Emerg Surg*. 2016;22(4):350–4.
35. Basaran SH, Ercin E, Bayrak A, Bilgili MG, Kizilkaya C, Dasar U, et al. The outcome and parents-based cosmetic satisfaction following fixation of paediatric supracondylar humerus fractures treated by closed method with or without small medial incision. *Springerplus*. 2016;5(1):1–5.
36. Özçelik A, Tekcan A, Ömeroğlu H. Correlation between iatrogenic ulnar nerve injury and angular insertion of the medial pin in supracondylar humerus fractures. *J Pediatr Orthop Part B*. 2006;15(1):58–61.
37. Belhan O, Karakurt L, Ozdemir H, Yilmaz E, Kaya M, Serin E, et al. Dynamics of the ulnar nerve after percutaneous pinning of supracondylar humeral fractures in children. *J Pediatr Orthop Part B*. 2009;18(1):29–33.
38. Cao J, Zhong Z ping, Zhou L, Xu R ming, Chen Q, Pen L rui, et al. Prevention of ulnar nerve injury during fixation of supracondylar fractures in children by a medial-lateral three-pin fixation technique. *Zhongguo Gu Shang*. 2008;21(10):780–2.
39. Woo CY, Ho HL, Ashik MBZ, Lim KBL. Paediatric supracondylar humeral fractures: A technique for safe medial pin passage with zero incidence of iatrogenic ulnar nerve injury. *Singapore Med J*. 2018;59(2):94–7.

40. Gaston RG, Cates TB, Devito D, Schmitz M, Schrader T, Busch M, et al. Medial and lateral pin versus lateral-entry pin fixation for type 3 supracondylar fractures in children: A prospective, surgeon-randomized study. *J Pediatr Orthop*. 2010;30(8):799–806.
41. Kwak-Lee J, Kim R, Ebrahimzadeh E, Silva M. Is medial pin use safe for treating pediatric supracondylar humerus fractures? *J Orthop Trauma*. 2014;28(4):216–21.
42. Sinikumpu JJ, Victorzon S, Pokka T, Lindholm EL, Peljo T, Serlo W. The long-term outcome of childhood supracondylar humeral fractures: A population-based follow up study with a minimum follow up of ten years and normal matched comparisons. *Bone Jt J*. 2016;98-B(10):1410–7.
43. Kalenderer O, Reisoglu A, Surer L, Agus H. How should one treat iatrogenic ulnar injury after closed reduction and percutaneous pinning of paediatric supracondylar humeral fractures? *Injury*. 2008;39(4):463–6.