



T.C.  
MARMARA ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KARPAL TÜNEL SENDROMUNDA TERAPÖTİK ULTRASON  
UYGULANMASININ MEDYAN SİNİR ELEKTROFİZYOLOJİK  
İLETİM PARAMETRELERİNE ETKİSİ**

Dr. BETÜL TURAN  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRODİAGNOSTİK NÖROLOJİ  
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DANIŞMAN  
Prof Dr. GÜLSEREN AKYÜZ

İSTANBUL 2006

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
1. ÖZET.....	3
2. SUMMARY.....	4
3. GİRİŞ VE AMAÇ.....	5
4. GENEL BİLGİLER.....	6
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	20
4. BULGULAR .....	26
5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	38
6. KAYNAKLAR .....	42
7. ÖZGEÇMİŞ.....	46

## ÖZET

### KARPAL TÜNEL SENDROMUNDA TERAPÖTİK ULTRASON UYGULANMASININ MEDYAN SİNİR ELEKTROFİZYOLOJİK İLETİM PARAMETRELERİNE ETKİSİ

Çalışmamızda klinik ve elektrofizyolojik olarak karpal tünel sendromu saptananlarda, terapötik ultrason uygulamasından önce ve hemen sonra yapılacak elektrofizyolojik inceleme ile ultrasonun nöropatik medyan siniri iletim parametrelerine akut etkilerini araştırmayı planladık.

Çalışmaya yaşları 26-54 arasında değişen (Ort.±SS: 43.65± 8.12), 2 erkek 18 kadın olmak üzere toplam 20 hastada 30 el alındı. Her grupta 10 el olmak üzere rastgele 3 gruba ayrılan hastalardan 1. gruptakilere ultrason uygulaması 1w/cm<sup>2</sup>, 2 gruba 0.5 w/cm<sup>2</sup>, 3 gruba ise plasebo ultrason uygulandı. Terapötik ultrason uygulaması öncesi ve sonrası karşılaştırıldığında 1.ve 3. gruplarda hiçbir parametrede istatistiksel olarak anlamlı değişiklik saptanmazken, 2. grupta bilek ve dirsek motor distal latansta azalma, 2.grup medyan ve ulnar 4. parmak duysal iletim latansında anlamlı azalma, 2. grup 3. parmak medyan duysal sinir amplitüdünde artma, 2.grup medyan ve ulnar 4. parmak duysal iletim hızında anlamlı artış saptanmıştır. Gruplar arasında US uygulama önce ve sonrası farklar karşılaştırıldığında grup 2’de diğer iki gruba göre ulnar sinir 4. parmak duysal latansında azalma ve ulnar 4. parmak duysal sinir iletim hızında artış saptandı.

Bu sonuçlar düşük doz ultrason uygulamasının hem sağlıklı hem de nöropatik sinir üzerinde olumlu etkiler gösterdiğini ve düşük doz terapötik ultrasonun karpal tünel sendromu tedavisinde güvenle kullanılabileceğini göstermektedir. İleride olgu ve elektrofizyolojik tetkik sayısının daha fazla olduğu, ultrason uygulamasının değişik doz ve frekanslarının da denendiği, nöropatik sinirde ultrasonun ve termal aktivitenin etkileri konusunda ek bilgiler sağlayabilecek daha ayrıntılı çalışmalara gereksinim vardır.

**Anahtar kelimeler:** terapötik ultrason, karpal tünel sendromu, elektrofizyoloji

**EFFECT OF THERAPEUTIC ULTRASOUND  
TO MEDIAN NERVE ELECTROPHYSIOLOGICAL PARAMETERS  
IN CARPAL TUNNEL SYNDROME**

**SUMMARY**

We planned this study in order to investigate acute effect of ultrasound therapy on a neuropathic nerve by means of electrophysiological tests. Patients who are diagnosed as carpal tunnel syndrome both clinically and electrophysiologically, randomly divided into 3 groups. Continuous ultrasound therapy is performed with intensities of  $1.5 \text{ W/cm}^2$ ,  $0.5 \text{ W/cm}^2$  and  $0.0 \text{ W/cm}^2$  (without energy emission) in groups 1, 2, and 3, respectively.

Eighteen women and 2 men ranging in age from 26-54 (mean $\pm$ SD:  $43.65 \pm 8.12$ ) with clinical and electrophysiological evidence of carpal tunnel syndrome are involved in this study. When electrophysiological parameters of groups 1 and 3 are evaluated according to before and after therapeutic ultrasound application, none of them revealed statistically different results. However statistically significant differences were found in group 2, regarding median motor distal latency, median and ulnar 4.th finger sensory latency and nerve conduction velocity, 3.th finger median sensory potential amplitude.

These results are supporting the use of low doses of therapeutic ultrasound in carpal tunnel syndrome. Further investigation involving extensive electrophysiological methods before and after ultrasound application are needed in order to observe the effects of therapeutic ultrasound and thermal activity on neuropathic nerve.

**Key words:** Therapeutic ultrasound, carpal tunnel syndrome, temperature, electrophysiology

## GİRİŞ ve AMAÇ

Karpal tünel sendromu (KTS) toplumlarda en sık rastlanılan tuzak nöropati olup medyan sinirin bilekte karpal kanal içerisinde sıkışması ile ortaya çıkar. Günümüzde KTS tanısında altın standart motor ve duysal sinir iletim çalışmalarıdır. Erken dönem KTS olgularının tedavisinde istirahat splinti, anal içine kortizon enjeksiyonu, ilaç tedavisi ile birlikte fizik tedavi uygulanmaktadır. Terapötik US derin dokularda ısıyı arttırmak için kullanılan bir fizik tedavi ajanıdır. US uygulamasının normal dokuda kan akımını, metabolizmayı, sinir fonksiyonunu, konnektif dokunun esnekliğini ve biyolojik membranların geçirgenliğini arttırdığı gözlenmiştir. KTS'li hastalarda yapılan klinik çalışmalarda değişik yoğunlukta ve süredeki US uygulamasının iyileşme üzerine etkileri çelişkili bulunmuştur. Önceki çalışmalarda 0.5-2.W/cm<sup>2</sup> arasındaki dozlarda ultrason uygulamasının sıcaklık etkisine bağlı olarak sinir iletim hızında artışa neden olduğu bildirilmiştir. Özellikle sıcaklık artışına paralel olarak duysal sinir iletim hızındaki artış gösterilmiştir.

US periferik sinirlerde iletimi reversibl veya irreveribl olarak durdurulabilir. Multiple skleroz olan hastalarda ve deneysel demiyelinizan sinirlerde sıcaklık artışının iletim bloğu yaptığı bilinmektedir. Deneysel bazı çalışmalar dışında, US'un insanlarda nöropatik sinir üzerindeki akut etkilerini inceleyen bir araştırma yayınlanmamıştır. KTS'de terapötik US uygulanmasının etkinliği ve güvenilirliği konusundaki çelişkiler ve boşlukları göz önüne alarak, KTS'de terapötik US uygulanmasından önce ve hemen sonra yapılan elektrofizyolojik inceleme ile medyan ve ulnar sinirlerin iletim parametrelerindeki oluşan değişiklikler araştırılmasının bu eksikliğe katkısı olacağını düşündük.

Çalışmamızda KTS olgularında olduğu gibi demiyelinizasyonun eşlik ettiği nöral disfonksiyonlarda US'un termal ve mekanik olarak sinir iletimine etkilerini elektrofizyolojik yöntemler ile değerlendirerek, nöropatik sinirdeki patofizyolojik mekanizmalara açıklık getirmeyi ve tedavi seçeneklerine ışık tutmayı amaçladık.

## GENEL BİLGİLER

### Karpal tünel sendromu

Karpal tünel sendromu (KTS) toplumlarda en sık rastlanılan tuzak nöropati olup medyan sinirin bilekte karpal kanal içerisinde sıkışması ile ortaya çıkar. ABD’de yapılan bir çalışmada toplumun yaklaşık %2.7’sinde klinik ve elektrofizyolojik olarak kanıtlanan KTS saptanmıştır. Hollanda’nın Maastricht şehrinde yapılan genel tarama sonucunda prevalansın kadınlarda %6.8, erkeklerde ise %0.6 olduğu hesaplanmıştır (9). KTS kadınlarda erkeklere göre 3 -10 kat daha sık görülmektedir. Genellikle klinik ve eletrofizyolojik olarak bilateral görülmesine karşın, özellikle idiyopatik olgularda dominant el daha belirgin tutulur.

KTS olguları tedaviyi belirleme ve prognoz açısından kliniklerine göre 3 kategoriye ayrılır: 1.Erken, 2.Orta 3.İlerlemiş KTS (9).

Erken dönem KTS olguları genellikle ellerde uyuşma ve hafif ağrıdan yakınırlar. Semptomlar aralıklı olup özellikle geceleri arttığı için, uykudan uyanmaya neden olur. Gece uyuşukluğu azaltmak için el silkeleme veya ovalama gereksinimi duyulur. Geceleri el bileğinin fleksiyon pozisyonunda kalması ve mikrosirkülasyonun bozulup kanal içi basıncın artması uyuşmayı tetikler. Kanal içi basınç bir kateter ile ölçüldüğünde, KTS olan olgularda normallere göre yüksek olduğu gösterilmiştir. Erken dönem KTS’da lokal kortikosteroid enjeksiyonu, el bileği istirahat splinti, fizik tedavi ve egzersiz programlarından oluşan konservatif tedavi yöntemlerine çoğunlukla iyi yanıt alınır(13).

Zamanla gece uyuşmaları gündüz de oluşmaya başlar. Özellikle el bileğinin tekrarlayan fleksiyon, ekstansiyon hareketlerini yapan iş, uğraşı sahibi kişilerde yakınma sıklığı artar. Orta derecede KTS olgularında elde medyan sinirin innerve ettiği alanda duyarlılıkta azalma, düğmeyi ilikten geçirmek gibi ince hareketlerde beceri kaybı ve elden bardak düşürmek gibi yakınmalara rastlanır. Eldeki ağrının şiddeti artar ve ön kol, dirsek, tüm kol ve bazen omuza kadar yayılan ağrı yakınması olabilir. Uyuşma elin yalnız medyan sinir innervasyonlu bölümünde değil tüm palmar alanda da hissedilebilir. Olguların %48’i hem medyan hem ulnar sinir alanında uyuşma tanımlar. Ancak elektrofizyolojik incelemelere bakıldığında KTS saptanan bu kişilerde ulnar sinir iletim çalışmalarının normal bulunmuştur. KTS olgularında %56.6 oranında küçük parmakta

da parestezi tanımlanmıştır. KTS'nda uyuşukluk en sık işaret ve orta parmaklarda hissedilir. Medyan sinir eldeki otonomik sinir liflerinin çoğunu taşır. Bu durum hastaların neden tüm eli farklı hissettiklerini açıklayabilir. Bu olguların çoğunda KTS ile birlikte ulnar siniri etkileyen bir sorundan değil ama medyan sinirin otonomik disfonksiyonu olarak yorumlanmalıdır(18).

Orta derecede KTS olan olgular konservatif tedaviye yanıt verebilir. Özellikle işe bağlı yakınması olanlarda uzun süreli immobilizasyonun mümkün olamaması ve konservatif tedavi sonrası tekrarlama oranının yüksek olması nedeni ile cerrahi girişim düşünülmelidir. İyi seçilmiş orta dereceli KTS olgularında cerrahi tedavinin sonuçları yüz güldürücü olup komplikasyon oranı düşüktür. Cerrahi girişim sonrası başarısızlık daha çok transvers karpal ligamanın yetersiz eksizyonuna, medyan sinirin palmar kutanöz veya rekürren motor dalının kesilmesine, cerrahi sonrası kimi olgularda fibrozis ve yapışıklıklar oluşmasına bağlı olabilir(13,18).

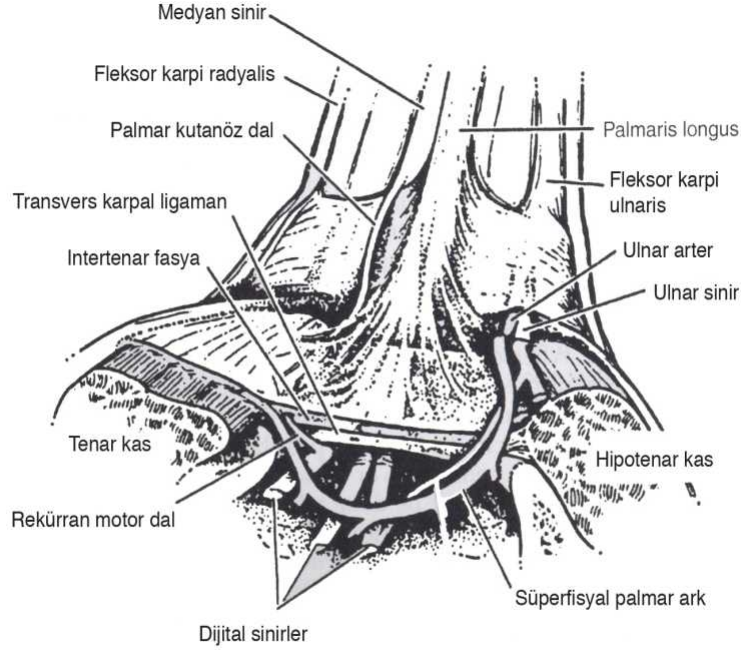
İlerlemiş KTS olgularında ciddi duysal kayıp ve belirgin kas atrofisine bağlı olarak el fonksiyonları da bozulmuştur. Bu durumda konservatif tedavi yöntemleri başarı şansı yoktur, cerrahi girişim gerekir. Ancak operasyon uygulanmasından sonra olguların yaklaşık 1/3'ünde belirgin iyileşme görülebilmektedir. Özellikle kas gücü kaybı geri dönmeyebilse de, hissizlik, uyuşma ve ağrı yakınmalarında belirgin gerileme olur. İlerlemiş KTS'nda medyan sinirdeki yaygın nöral destrüksiyon ve fibrozis iyileşme potansiyelini kısıtlar(13).

### **Karpal tünel anatomisi**

Karpal tünelin dorsal, medial ve lateral bölümlerini karpal kemikler, anterior yüzeyini transvers karpal ligaman yapar. Karpal tünelin tavanını kaplayan transvers karpal ligaman medialde pisiform ve hamatum kemiklerine bağlıdır. Lateralde ise skafoid ve trapeziuma tutunur. Transvers karpal ligaman fleksör tendonların volar yaylanmasını engeller(18). Karpal tünelin zeminini ise lunatum ve kapitatum oluşturur.

Fleksör retinakulum, transvers karpal ligaman ve palmar karpal ligamandan oluşur. Transvers karpal ligaman karpal tünelin çatısını yapar (Şekil 1). Palmar karpal ligaman fleksör kasların tendonlarının üzerinde bulunan kalınlaşmış antebrakial fasyadan oluşur. Ulna ve radiusun stiloid çıkıntısına tutunur. Palmar karpal ligaman distale doğru proksimal transvers karpal ligaman ile ilerler. Transvers karpal ligaman

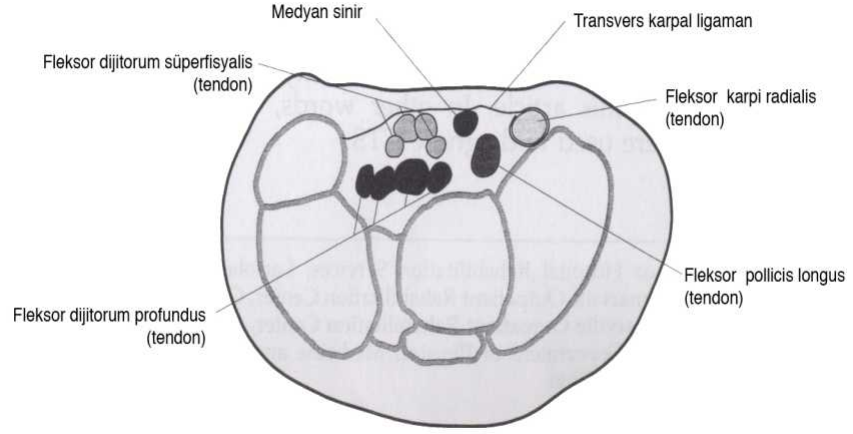
Guyon kanal tavanının bir bölümünü yapar ve palmar karpal ligaman da Guyon kanalının tabanını oluşturur. Fleksör retinakulumun hem karpal hem de Guyon tüneli ile olan ilişkisi nadiren KTS ile birlikte ulnar sinirde de defisite neden olabilir.



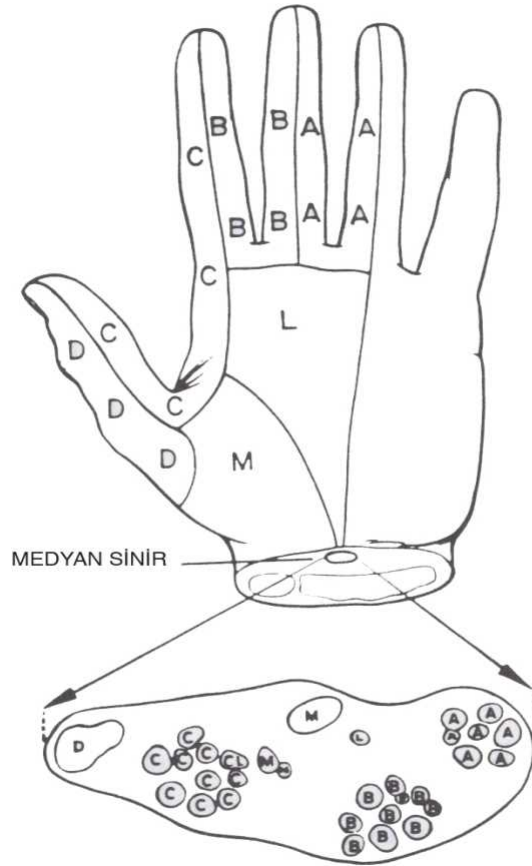
**Şekil 1.** El bileği karpal kanal bölgesi anatomisi

Karpal tünelden medyan sinir ile birlikte 4 adet fleksör dijitorum profundus, 4 adet fleksör dijitorum superfisyalis ve fleksör pollisus longus tendonu olmak üzere toplam 9 adet tendon geçer (Şekil 2). Transvers karpal ligaman yüzeysel ve derin tabakalara ayrılarak fleksör karpi radialis tendonuna trapeziumun oluğundan geçerken ayrı bir fibrösöz tünel oluşturur(13,18,21).

Karpal tünele girmeden önce medyan sinir şekil olarak silindirik-oval yapıdadır. Kanal içinde ise belirgin yassılaşıma gösterir. Sinirin en yassı olduğu yer transvers karpal ligamanın proksimal kenarının 2.0-2.5 cm distalidir. Aynı bölgede ligaman da kalın olduğu için, burası karpal tünelin en dar bölümünü oluşturur. Transvers ligamanın distal kenarı 4. parmağın fleksiyonunda parmak ucunun tenar bölgenin tabanında değdiği noktaya denk gelir(18). Medyan sinir el bileğinde karpal kanala girmeden distal bilek çizgisinden birkaç santimetre önce palmar kutanöz dalı verir. Bu dal elin palmar yüzünün radial yarısının duysunu sağlar. Klasik KTS'de elin bu palmar alanında muayenede duysal disfonksiyon saptanmaz.



**Şekil 2.** Karpal tünelin enine kesitte anatomik görünümü.



**Şekil 3.** Medyan sinirin bilek bölgesindeki topografik anatomisi.

Karpal tünelden geçtikten sonra 1., 2., 3., parmaklar ve 4. parmağın radial tarafının duysal liflerini alır. Bu parmakların avuç içi yüzleri ile birlikte distal falankslara kadar dorsal yüzeylerinin de innervasyonunu sağlayabilir. Ayrıca medyan sinirin bilek düzeyindeki topografisi göz önüne alındığında eldeki uyuşma ve ağrı alanından sinirin en fazla etkilenen bölümü tahmin edilebilir (Şekil 3).

Karpal tünel içinde medyan sinirin topografisi semptomların progresyonu ve elektrodiagnostik bulgular ile korrele edilebilir. Medyan sinirin transvers karpal ligamana yapışık olduğu kronik olgularda motor tutulum daha sık izlenir. Bu yapışıklık direk olarak anteriorda bulunan medyan motor liflerini irrite eder (26).

Medyan sinirin rekürren motor dalı karpal kanaldan çıktıktan sonra tenar kaslara doğru gider ve abduktör pollicis brevis, opponens pollicis ve fleksör pollicis brevisin süperfisyel başını innerve eder. Sonra distale doğru ilerleyerek iki radyal lumbrikal kasları innerve eder. Medyan sinir eldeki otonomik sinir liflerinin çoğunu taşır(18).

### **Karpal tünel sendromu etyolojisi**

Karpal tünel içinde sıkışıklığı arttıran her türlü etmen KTS'e yol açabilir. Tünel içinde basınç artışına karşı en duyarlı yapı medyan sinirdir. İdiyopatik KTS'na ailesel yatkınlık, obezite, vücut kitle indeksinin fazla olması, kare şeklinde bilek yapısı gibi kişisel etmenlerin neden olduğu düşünülmektedir(16,18). Mesleki nedenler ile ilgili veriler anekdotal olup, bire bir ilişki gösterilememiştir. KTS'nun kadınlarda daha sık görülmesi, ailesel yatkınlık olması, 40 yaş altında vücut kitle indeksi normal olanlarda, el bileği oranı 0,69'dan küçük olanlarda ve siyah ırkta KTS'nun nadir görülmesi mesleki el aktivitelerinden çok kişisel özelliklerin daha belirleyici olduğunu göstermektedir(18).

KTS'nun oluşumunda medyan sinirin basıya duyarlılığını arttıran nedenler kadar, karpal kanal içinde alanı azaltan nedenler de rol oynar. Çeşitli hastalıklar ve yer işgal eden olaylar bilekte medyan sinir nöropatisine yol açabilir. Erişkinlerde sekonder KTS ile ilgili olduğu düşünülen ve predispozisyon yaratabilen pek çok neden vardır (13,36). Bunlar:

1. Travma (el bileği kırık/çıkıkları, burkulma, el cerrahisi)
2. Endokrinolojik (diabetes mellitus, hipotiroidi, akromegali, menapoz)
3. Enflamatuar romatizmal hastalıklar (romatoid artrit)

4. Gebelik
5. Mesleki travma, el bileğini aşırı kullanma
6. Nonspesifik tenosinovit
7. Tümörler (ganglion, nörofibrom, lipom, kondrom, kavernöz hemanjiom)
8. Amiloidoz (herediter, multipl myelom, diyaliz hastaları)
9. Enfeksiyon (bakteriyel, mikobakteriyel, fungal, viral, parazit, Borrelia, HIV)
10. Herediter (Ailesel otozomal dominant, mukopolisakaridoz)
11. Anormal yapılar (karpal tünelde aksesuar kas, persistan medyan arter trombozu veya anevrizması, radius distal uç anomalisi)
12. Diğer (tofüs, sarkoidoz, Paget hastalığı, hemofili, antikoagulan tedavi)

Çocuk ve gençlik grubunda ise daha çok travma, kırık, yanık ve spor yaralanmalarına bağlı sekonder KTS görülebilir. Çocuklarda idiyopatik KTS düşünüldüğünde altta yatan mukopolisakaridoz gibi sistemik sorunlar araştırılmalıdır.

#### **Karpal tünel sendromunda tanı**

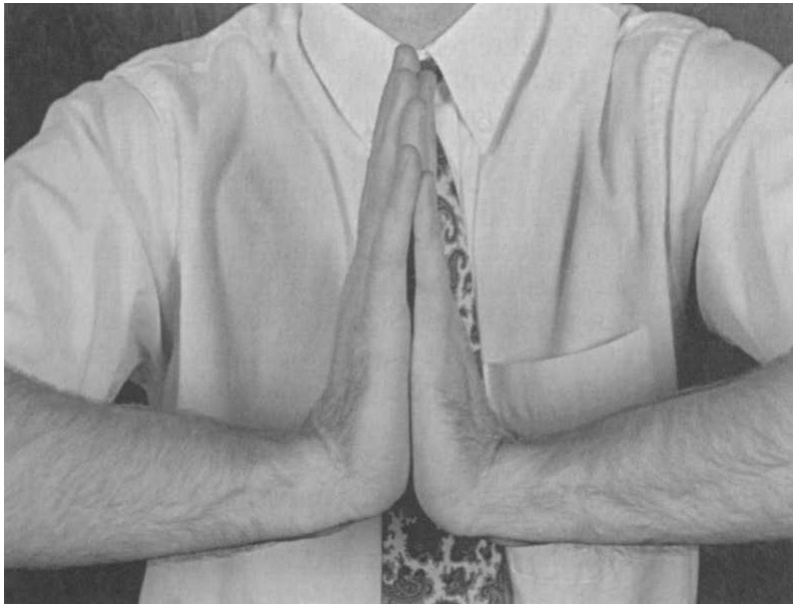
Yukarıda bahsedilen yakınmaları olan hastalarda yapılacak olan dikkatli lökomotor ve nörolojik inceleme sonrasında KTS ön tanısı koyulabilir. KTS için en spesifik semptom gece uykudan uyandıran, ve elleri silmek ile rahatlayan ağrı ve uyuşukluktur. Klinik değerlendirmede Tinel, Phalen, ters Phalen, LaBan bulgusu gibi testler kullanılarak KTS tanısı desteklenebilir (18,30) (Resim 1-4).

Ortopedi cerrahı olan Phalen 1966'da 17 yıllık KTS deneyimlerini sunarken el bileğinin 30-60 saniye süre ile tam fleksiyonda tutulmasının elde medyan sinir alanında uyuşmayı ortaya çıkardığını belirtmiştir (Resim 1). Bugün pek çok hekim el dorsumlarını birbirine bastırarak bileğe daha fazla basınç oluşturdukları modifiye Phalen testini uygulamaktadırlar (Resim 2). Ters Phalen testi ise 1994'de Werner ve ark. tarafından tanımlanmıştır. Karpal kanal içi basıncın el bileği ekstansiyonda iken en fazla olduğunu saptayıp, el bileği ve parmakları 1 dakika tam ekstansiyonda birbirine bastırarak tutup, elde uyuşma olması halinde testi pozitif kabul etmişlerdir (Resim 3). LaBan bulgusu ise özellikle başparmak kas gücünün zayıfladığı olgularda, medyan sinir ile transvers karpal ligaman arasındaki adezyonun bu testte iskemiye neden olduğu düşüncesine dayanmaktadır. Test önkol supinasyonda, el bileği, parmaklar

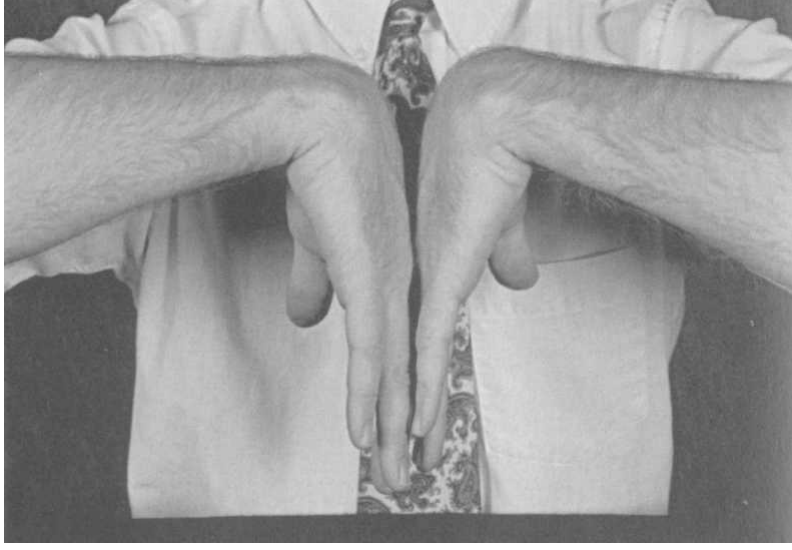
hiperekstansiyona getirilirken en fazla stres distal interfalangeal ekleme verilir. Bu sırada önkola doğru yayılan ağrının olması pozitif olarak kabul edilir (Resim 4). LaBan bulgusu daha çok kronik ve motor güç kaybının da olduğu KTS’de duyarlıdır.



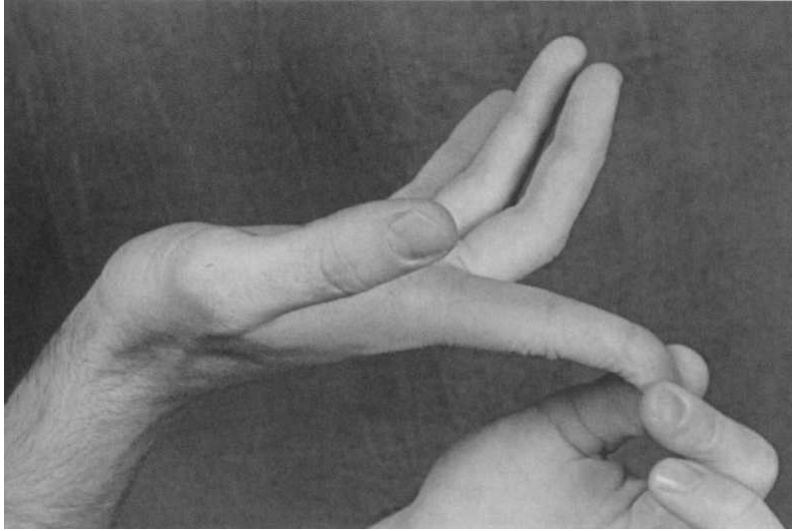
**Resim 1.** Phalen testi



**Resim 2.** Ters Phalen testi.



**Resim 3.** Modifiye Phalen testi.



**Resim 4.** LaBan bulgusu.

Bu testlerin duyarlılığı ve özgüllüğü %50-70 arasında değişiklik göstermektedir. Ayrıca el bileği daha kare yapılı olanlarda, dikdörtgen olanlara göre KTS'e daha sık rastlandığı gösterilmiştir. El bileğinin genişliği ve kalınlığının ölçülerek elde edilen el bileği oranı 0.7 ve üzerinde olduğunda KTS şüphesini destekleyebilir. Bu testin semptomatik olgularda duyarlılık ve özgüllüğü %70'e yakındır (13,18).

Manyetik rezonans görüntüleme, bilgisayarlı tomografi ve ultrasonografi gibi radyolojik tetkikler KTS görülen olguların karpal kanallarında anatomik anomalilik olduğunu gösterebilir. Manyetik rezonans görüntüleme çalışmalarında KTS olgularında kontrol popülasyona göre, medyan sinir boyutlarında %50 artış olduğu, hamat kemiği düzeyinde fleksör retinakulumda palmar yaylanma olduğunu göstermektedir (3).

Bu radyolojik tetkiklerin sinirin dinamik fonksiyonunu değerlendirme özelliklerinin olmaması önemli bir eksiklik olup, yaygın kullanımlarını engellemektedir.

### **Karpal tünel sendromu elektrofizyolojisi**

KTS'de medyan sinir motor ve duysal dallarının işlevsel durumunu değerlendirmede elektrofizyolojik testler son derece önemlidir. Elektrofizyolojik testlerin duyarlılığı %49 - %84 arasında, özgüllüğü ise % 95 ve üzerindedir(13).

Karpal tüneldeki medyan sinir disfonksiyonunu değerlendirmede kullanılabilen pek çok sayıda elektrofizyolojik yöntem vardır. Genellikle KTS'de duysal lifler motor liflere göre öncelikle etkilendiklerinden, elektrofizyolojik anomali daha erken saptanabilir. Posteriorde yerleşmiş olan yüzeysel ve derin parmak fleksör tendonlarına komşu duysal liflerin kompresyonuna bağlı olarak erken dönemde kompresyona uğradığı için elektrofizyolojik anomalileri erken saptanır. Zamanla medyan sinir ve transvers karpal ligaman arasında yapışıklık oluştuğunda, motor sinir iletim çalışmalarında anormallikler gözlenir(18). KTS tanısında sinir iletim çalışmaları iğne elektromyografisine göre daha duyarlıdır. İğne elektromyografisi KTS tanısına en az katkı sağlayandır, ancak radikülopati ve pleksopati gibi ayırıcı tanılar açısından yararlıdır. Elektrofizyolojik çalışmalar sırasında hastanın avuç içi sıcaklığının 31-32<sup>0</sup> C'de tutulması sağlanmalıdır. Fizyolojik koşullarda normal sinirlerde daha düşük ısılarında latansda belirgin gecikme görülür. Bu nedenle vücut ısısının ayarlanamadığı durumlarda, dereceye göre latans ve iletim hızını düzelteren katsayılar kullanılır. Ancak anormal sinirlerin sıcaklık değişikliklerine normal sinirler gibi yanıt vermediği bilinmektedir(22). Patolojik durumlarda bu katsayıların güvenilirliği konusunda ise yeterli veri bulunmamaktadır.

Duysal sinir iletim çalışmalarında her zaman en semptomatik parmak da değerlendirilmelidir. Bilekte lifleri diğer parmakların liflerine göre daha posteriorde

bulunduğu için 2. parmak KTS'da en az etkilenendir. Günümüzde halen KTS tanısında altın standart motor ve duysal sinir iletim çalışmalarıdır (13).

### **Karpal tünel sendromunda medyan sinir patofizyolojisi**

Epinöral arteriyel basıncın yüksek ve karpal tünel içi basıncın düşük olduğu fizyolojik durumda, medyan sinirin arteriyel sistemden yeterince kan dolanımı ile beslenmesi ve venöz sisteme direne olması sağlanır.

Sinir bölgesine uygulanan 20-30 mmHg değerindeki basınçta epinöral kan akımında azalma olur. 30 mmHg basınçta aksonal transport bozulur ve endonöral sıvı basıncında artışı meydana gelir. Eğer deneysel olarak sinir üzerinde 50 mmHg değerindeki bir kompresyon 2 saat tutulursa epinöral ödem oluşur. Sekiz saat süren kompresyon ise yalnız aksonal iletimi durdurmakla kalmayıp, aynı zamanda endonöral sıvı basıncında da ciddi artışa neden olur. Kompresyon basıncı 60 mmHg değerine ulaştığında sinirde total duysal ve motor iletim bloğu gelişir. Nöral hasarın derecesi kompresif gücün büyüklüğü, süresi ve başlama hızına bağlıdır. Kompresyonun hızla ve aniden başlaması, uzun süreli ve yavaş oluşuna göre nöral dokuların yapılarını daha olumsuz etkiler. Başlangıçta iskemi iletim bloğu yaparak motor ve duysal latanslarda hafif uzamaya neden olur. Devam eden basınç artışı morfolojik nöral değişikliklere yol açar. Ranvier nodlarından paranodal alanlara invajinasyon olur, bunu demiyelinizasyon ve remiyelinizasyon izler(13,28).

### **Isı değişikliklerinin normal sinir iletimi üzerine etkileri**

Isı değişikliklerinin periferik sinir sistemi üzerine belirgin etkileri vardır. Voltaja bağlı iyon kanalları, asetilkolinesteraz, kasın kontraktıl aparatı gibi yapıların hepsi ısıya duyarlıdır. Yüzeysel sıcaklıktaki her 1°C 'lık değişiklik ileti hızını 1,5-2.0 m/sn etkiler. Bu duyarlılık sinir lifleri arasında değişiklik göstermektedir. Kalın çaplı ve hızlı ileten sinir lifleri ince ve yavaş iletenlere göre daha duyarlıdır(18,34).

Sıcaklığın istirahat membran potansiyeli üzerine hafif etkisi vardır. Tek aksonda istirahat membran potansiyeli 30°C-20°C arasında sabit iken, 35°C 'de 10-15 mV'luk hafif bir pozitifleşme olur. Tek liflerde ısı değişikliğinden en çok aksiyon potansiyelinin konfigürasyonu etkilenir. Sıcaklıktaki azalma Na<sup>+</sup> kanallarının hem açılma hem de kapanmasını (özellikle kapanmasını) yavaşlatır. Bunun çeşitli sonuçları olmaktadır;

1. Daha yavaş depolarizasyon sinir iletim hızında azalmaya neden olur.
2. Yavaş depolarizasyon ve repolarizasyon kanallarının açık kalma süresini uzatır, böylece daha uzun süreli bir yanıt oluşturur.
3. Kanalların uzun süre açık kalması sonrasında, daha fazla Na<sup>+</sup> iyonu hücreye gireceğinden, daha büyük depolarizasyon meydana gelir. Bu da yanıt amplitüdünün büyük olmasına yol açar. Isınmada ise etki tam tersinedir. Sıcaklık arttıkça sinir iletim hızı artar ve aksiyon potansiyeli süresi ile amplitüdü azalır(34).

Duysal sinir iletim çalışmalarında sıcaklık değişikliklerinin etkileri soğukluk ve sıcaklığın fokal veya genel uygulanmasına göre değişiklik gösterir. Örneğin yalnız parmakta kayıt edilen dijital elektrod bölgesi fokal olarak soğutulduğunda ön kol ve elde iletim hızı değişmezken, depolarizasyon parmağa ulaştığında kayıt elektrodlarının altında aniden yavaşlayıp daha büyük amplitüdü ve uzun süreli bir yanıtı neden olur. Genel soğutma yapıldığında ise tüm sinir iletim hızlarında azalma olurken, artan dispersiyon nedeni ile bileşik yanıtın süresi artarken amplitüdü azalacaktır. Rutkove ve ark.(35), tüm kol 34<sup>0</sup>C'den 42<sup>0</sup>C'ye genel olarak ısıtıldığında antidromik duysal yanıt amplitüdünde %50 azalma saptamışlardır.

Isı değişiklikleri kas istirahat potansiyelini hafif etkiler. Deneylerde 35<sup>0</sup>C - 37<sup>0</sup>C'deki -90mV'luk istirahat potansiyeli, 10-15<sup>0</sup>C soğutulduğunda Na<sup>+</sup> K<sup>+</sup> ATPaz aktivitesinin azalmasına bağlı olarak parsiyel depolarizasyon (-60mV) gösterir. Motor sinir iletim parametrelerinde ısı ile oluşan değişiklikler duysal liflerdekine benzer yönde ancak daha hafif olur. Soğutma ile motor sinir iletim hızında yavaşlama ve bileşik aksiyon potansiyeli süresinde artış görülür. Isıtma ile ulnar motor amplitüdde %27 azalma, sürede %19 azalma ve sinir iletim hızında ise %11 artış saptanmıştır(35).

### **Isı değişikliklerinin nöropatik sinir iletimi üzerine etkileri**

Isı değişikliklerinin nöropatik sinirdeki etkilerine bakıldığında; genel soğutma sırasında; aksonal kayıp ile seyreden hastalıklarda aynı normal olgularda olduğu gibi motor ve duysal yanıtların amplitüdü artar. Ancak bazı durumlarda bu duyarlılık çok daha fazladır. Örneğin erken dönem motor nöron hastalıklarında olduğu gibi, soğutma sonrası elde edilen yanıt alanında normal gruptakilerden çok daha fazla artış saptanmıştır(10,11).

İğne elektromyografisinde kesin bilinmemekle birlikte reinerve kaslarda normal kastaki gibi soğutmanın motor ünit aksiyon potansiyeli süresini uzatacağı, ısıtmanın ise kısaltacağı düşünülür. Sıcakta fibrilasyon potansiyellerinin ateşlenme hızı artarken, soğukta ise azalmaktadır. Nöromusküler hastalıkların tanısında fibrilasyon potansiyellerinin temel alındığı düşünülürdüğünde bu durumun klinik önemini ortaya çıkmaktadır. Deny(10), kas güçsüzlüğü olan bir hastada ekstremiteler soğuk olduğunda yapılan iğne elektromyografisi normal iken, ısıtma sonrası tekrarlanan elektromyografide yaygın fibrilasyon potansiyellerinin saptandığını ve böylece motor nöron hastalığı tanısı koyulabildiğini belirtmiştir.

Tüm nöronal boşalıklarda kasın soğutulması dalgaların amplitüd ve süresini arttırırken, sinirin soğutulması ise spontan atım frekansını azaltır. Demiyelinizan hastalıklarda ısı değişikliklerinin etkisi ilginçtir. Multipl skleroz gibi santral sinir sistemi demiyelinizan hastalıklarında sıcaklık artışı semptomları arttırabilir. Soğutma ise tersine semptomları azaltıp, kas gücü, görme ve duysal fonksiyonları kısmen düzeltebilir. Rasminsky(32) ve Davis&Jacobson(8), bu ısı duyarlılığını araştırdıklarında, ısınma ile demiyelinizan nöronlarda normallere göre daha düşük derecelerde reversibl iletim bloğu geliştiğini göstermişlerdir. Bu sıcaklığa duyarlı iletim bloğuna neden olan mekanizma yine  $Na^+$  kanallarının açık kalma süresindeki değişikliğe dayanmaktadır. Demiyelinizasyon noktalarında rezistans azalmış ve kapasitans artmıştır. Böylece iletim akışında nodlar arasında kaçak olur ve bir ilerideki nodu uyarmak için daha az akım kalmaya başlar. Demiyelinize nöronlarda aksonal koruma faktörü azalmıştır. Bu durumda nöronda sıcaklık artarsa,  $Na^+$  kanalları daha kısa bir süre açık kalacağından daha da zayıf akım üretir. Eğer akım yeterince azalır ise iletim bloğu meydana gelir(34).

Periferik sinirlerde demiyelinizasyonun da eşlik ettiği hastalıklarda sıcaklığın etkisi pek fazla dikkati çekmemiştir. Rasminsky(32) ve Davis&Jacobson'un(8) çalışmaları aslında periferik sinir preparatlarında yapıldığından periferik sinir demiyelinizan hastalıklarında da benzer sıcaklık duyarlılığı olduğu kabul edilebilir. Chaudry ve ark.(4), kronik enflamatuar demiyelinizan poliradikülönöropatisi olan bir çocuğun hastalığı düzelmeye başlarken, geçirdiği üst solunum yolu enfeksiyonuna bağlı ortaya çıkan yüksek ateş sırasında jeneralize güçsüzlüğünün arttığını gözlemlemişler. Bu güçsüzlük yalnızca antipiretikler verilerek ateşin düşürülmesi ile düzelmiştir.

Kompresyon nöropatilerinde de demiyelinizasyon komponenti bulunur. Wang ve ark.(40), KTS olan hastalarda sıcaklığın medyan sinir duysal liflerinde iletim bloğunu arttırdığını bulmuşlardır.

Teorik olarak demiyelinizasyonun varlığına bakılmaksızın, sıcaklık artışının sinir iletim hızını da arttıracığı öngörülebilir. Rasminsky(32), sıçanlarda demiyelinize aksonlarda sinir iletim hızının iletim bloğu oluşma noktasına kadar arttığını göstermiştir. Daha önce de belirttiğimiz gibi ince myelinli sinir lifleri, kalınlara göre ısı derecesine daha az duyarlı olduklarından, demiyelinize nöronlarda sessiz bir sıcaklık etkisi olduğu düşünülebilir. Hayvan deneylerinde oluşturulan alerjik nörite bağlı demiyelinize olmuş sinirlerde böyle bir etki gösterilmiştir(9). Diyabetik demiyelinizan polinöropati olgularında da ısı değişimine olan duyarlılıkta azalma olduğu bildirilmiştir(12).

### **Terapötik ultrasonun etki mekanizması**

Bazı kristallerin ses enerjisini elektrik enerjisine çevirme özelliği vardır. Buna“piezoelektrik olay” denir. Bu olay tersine çevrilecek olursa yüksek frekanslı elektrik akımından yüksek frekanslı ses dalgaları (ultrason) elde edilir. Terapötik ultrason (US) işitilebilen seslerden daha yüksek frekansa sahip ses dalgalarıdır. Tedavi amacıyla: 0.5 – 3.5 MHz frekanslarda kullanılır. Tedavide doz, alçak (0.1-0.8 W/cm<sup>2</sup>), orta (0.8-1.5 W/cm<sup>2</sup>) ya da yüksek (1.5-3W/cm<sup>2</sup>) yoğunlukta uygulanabilir. Düşük frekanslar daha iyi penetre olduğundan daha çok 1MHz frekanslı ultrasonik akımlar kullanılır. Üç MHz az penetre olur ve daha çok yüzeysel dokulardan absorbe edilir. Süre, tedavi edilecek alanın büyüklüğüne göre 3-10 dakika arasında değişir. Ultrasonik dalgalar; mekanik titreşimler olmaları, hızlarının düşük olması, boşlukta yayılmamaları, longitudinal yayılım göstermeleri sebebiyle elektromagnetik dalgalardan ayrılırlar. Ultrasonik dalgaların dokulardan absorpsiyonu ve ara yüzeylerden yansımaları esnasında ısı ortaya çıkar. Bu nedenle US derin dokularda ısıyı arttırmak için kullanılır(27).

US uygulamasının termal etkisi sonucu dokuda kan akımını, metabolizmayı, sinir fonksiyonunu, konnektif dokunun esnekliğini ve biyolojik membranların geçirgenliğini arttırdığı gözlenmiştir(2). Isı değişiklikleri sinir rejenerasyonunu etkileyebilir. US'un mekanik ve termal etkileri sinirin aksiyon potansiyelini iletmesini etkiler ancak bundan sorumlu mekanizmalar kesin olarak bilinmemektedir. US'un sinir

dokusunu selektif olarak ısıttığı kabul edilmektedir. Sağlıklı işlev gösteren sinirlerde sürekli tipte US uygulamasının duysal sinir iletim hızını arttırdığı, motor sinirlerde ise hem arttırdığı hem de azalttığı gösterilmiştir(2,5,6,15,17,41). US'un motor sinirler üzerindeki bu farklı etkilerinin uygulanan doza bağlı olduğu ve insonasyonun hem termal hem de mekanik etkilerinin karışımından olduğu ileri sürülmüştür.

US'un en önemli mekanik etkisi kavitasyon yapmasıdır. Ses dalgası ortamda, sıkışma ve gevşeme yaparak yayılır. Gevşeme döneminde, sıvı ortamda basınç düştüğü için, erimiş gaz parçaları baloncuk oluşturabilir. Sıkışma fazında bu baloncuklar ya diğer sıvı alanlara yayılır ya da birleşerek büyürler. Terapötik US'un dozu yüksek ve frekansı düşük akımı seçildiğinde kavitasyon riski fazladır. Bu nedenle 1 MHz kullanımında, 3 MHz'e göre daha fazla kavitasyon oluşur. Kavitasyon aşırı olduğunda dokulara zarar verebilir(27).

## GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmaya Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi elektrofizyoloji laboratuvarı ve Bekamed kemik kas eklem sağlığı merkezi'ne başvuran, klinik değerlendirme ve elektrofizyolojik inceleme sonucunda KTS tanısı koyulan hastalar alındı. Çalışma öncesinde Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Araştırma Etik Kurulu'ndan proje için onay alındı.

### **Çalışmaya alınma kriterleri:**

Amerikan Nöroloji Akademisi kriterlerine (33) göre, KTS tanısı koyulan ve en az 3 aydır yakınması olup, son 3 ay içinde fizik tedavi ve/veya kortikosteroid enjeksiyonu tedavileri uygulanmamış gönüllü hastalar çalışmaya seçildi. Elektrofizyolojik incelemede motor ve duysal tüm yanıtların alınabildiği hafif ve orta dereceli KTS olguları alındı. Her hastaya çalışma hakkında bilgi verilip, yazılı onayları alındı.

### **Çalışmadan çıkarılma kriterleri:**

Diabetes mellitus gibi periferik polinöropati yapabilecek sistemik hastalıkları olanlar, tiroid disfonksiyonu olan ve/veya ilgili ilaç kullananlar, romatoid artrit veya diğer inflamatuvar romatizmal hastalıkları olanlar, aynı taraf boyun-kol ağrısı aynı taraf üst ekstremitede geçirilmiş kırık öyküsü olanlar, aynı taraf üst ekstremitede geçirilmiş ameliyat öyküsü olanlar, elektrofizyolojik inceleme ve terapötik US yapılmasına engel olabilecek el-el bileği bölgesinde yara, yanık gibi problemi olanlar, jel alerjisi olanlar, kalp pili olanlar çalışmaya alınmadı.

Çalışma yukarıdaki klinik ve elektrofizyolojik kriterlere uyan, yaşları 26-54 arasında değişen (ortalama  $\pm$  SD: 43.65 $\pm$  8.12), 2 erkek 18 kadın olmak üzere toplam 20 hasta ve 30 elde yapıldı. Hastaların %45'i ev kadını, %35'i işçi, %20'si memurdu. Çalışmada yakınmaların süresi 1 yıldan az olan 13(%43.3) olgu, 1 yıldan fazla olan 17(%56.7) olgu bulunmaktaydı.

Bilateral yakınması olan 15 kişiden, 10 hastanın sağ ve sol eli ayrı ayrı çalışmaya seçildi. Bu olgularda 7 kişide eller aynı gruplara 3 kişide ise farklı gruplara rastgele alındı. Bilateral yakınması olanlardan daha önce tek taraflı operasyon geçirmiş olan 2 kişi, avuç içinde eski yumuşak doku kesisi olan 2 kişi ve eski el bileği kırık öyküsü olan 1 kişide test tek taraflı uygulandı. Çalışmada 15 sağ ve 15 sol el test edildi.

Tüm hastaların test edilen ellerinde uyuşma yakınması vardı. Uyuşma 16(%53.3) olguda yalnız gece, 10(%33.3) olguda gece ve gündüz ve 4(%15.0) olguda ise yalnız gündüz vardı. 30 olgudan 21(%70.0)'inin el ve/veya önkol ağrı yakınması varken, bilateral uyuşma yakınması olan 2 hastada ağrı tek taraflı idi. Olguların test öncesi muayenesinde Tinel testi 29(%96.7) elde pozitif, Phalen testi 12(%40.0) elde pozitif olarak değerlendirildi. Olguların 17(% 56.0)'sine en az bir kez ilaç tedavisi uygulanmış olmasına karşın, yalnız 5(%16.7) olgu istirahat splinti kullanmıştı.

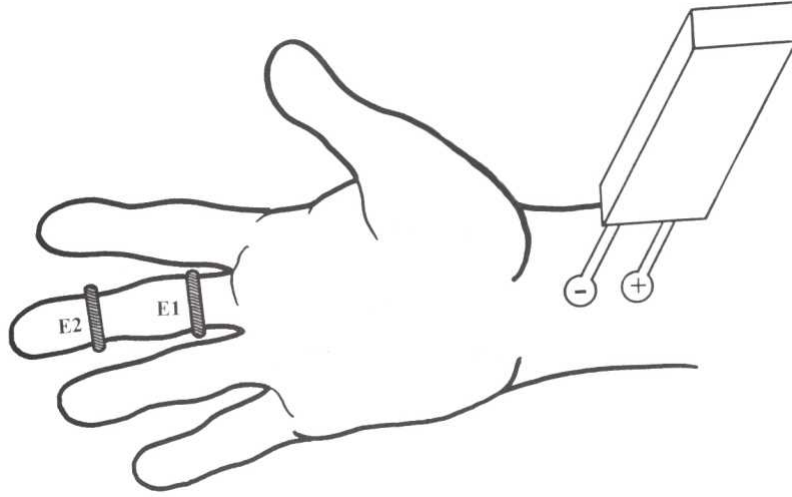
Farklı dozda terapötik US uygulamalarını değerlendirmek üzere hastalar rastgele 3 gruba ayrıldı. Her grupta 10 el test edildi. Gruplar yalnız US uygulamasını yapan fizyoterapistte kayıtlı tutuldu. Hekim ve hastalar gruplardan habersizdi. Birinci gruba 5 dakika süre ile 1.5 W/cm<sup>2</sup>, 2. gruba 0.5 W/cm<sup>2</sup> ve 3. gruba da 0.0 W/cm<sup>2</sup> (plasebo) sürekli US uygulaması yapıldı. Terapötik US uygulaması tüm olgularda aynı fizyoterapist tarafından yapıldı. Bilateral yakınması olan hastanın her iki eli de çalışmaya alınıp, test edildiğinde US dozu rast gele olarak fizyoterapist tarafından belirlendi. Çalışmada Paganini marka ve 1 MHz, 1.5 inç çapında başlığı olan US aleti kullanıldı (Resim 5). Hem US uygulamasında hem de elektrofizyolojik inceleme sırasında US transmisyon jeli kullanıldı. Terapötik US uygulaması a vuç içinin ½ proksimal yarısından başlanıp, proksimal bilek çizgisine kadar olan alanda sirküler tarzda yapıldı.



**Resim 5.** Çalışmada kullanılan terapötik ultrason cihazı.

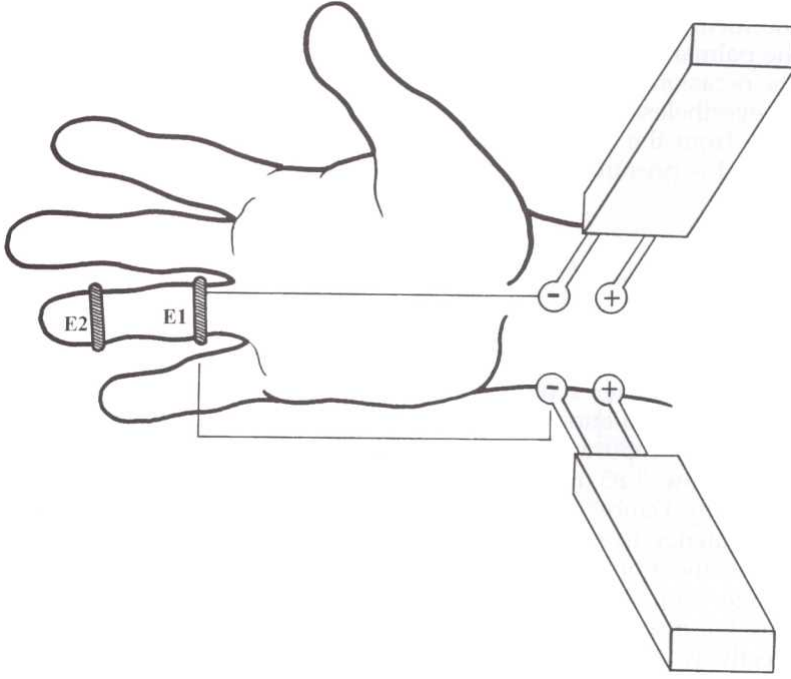
Elektrofizyolojik testlerin hepsi aynı hekim tarafından yapıldı. Çalışmada Nihon Kohden Neuropack  $\mu$  marka çift çıkışlı elektromyografi cihazı kullanıldı. İnceleme sırasında oda ısısı 28-30<sup>0</sup> C tutuldu. Rahat oturma pozisyonu verilen hastaların önce duysal sonra motor sinir iletim çalışmaları yapıldı.

Hastaların medyan sinir duyu iletimi 3. parmak proksimal interfalangial ekleme yerleştirilen kayıt elektrodu ve 2 cm distalinde pasif elektrodu olan yüzük elektrod ile antidromik olarak yapıldı (Şekil 3).



**Şekil 3.** Medyan sinir 3. parmak duysal antidromik uyarım tekniği.

Tüm iletim çalışmalarında uyarı elektrodu el bileği bölgesinde her hastada en düzgün zemin, en yüksek amplitüdü yanıt ve net latansın saptandığı mesafeden yapılp, US uygulaması sonrası aynı noktaların kullanılması için jel ve suya dayanıklı bir kalem ile işaretlendi. Dördüncü parmakta aynı şekilde yerleştirilen yüzük elektrod ile bilekte eşit mesafelerden medyan ve ulnar sinir uyarımları ile antidromik duysal aksiyon potansiyel yanıtları elde edildi. Duysal sinir iletim çalışmalarında 10 yanıtın averajı alınarak kayıtlandı. (Şekil 4).

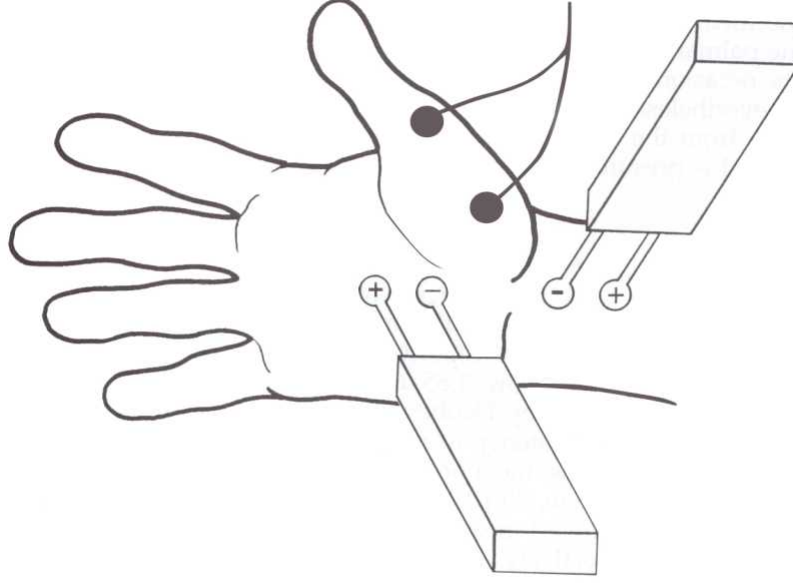


**Şekil 4.** Medyan ve ulnar duysal sinirin bilekten uyarılıp, 4. parmandan kayıtlanan antidromik çalışma tekniği.

Elektrofizyolojik parametreler olarak medyan motor sinir iletim çalışmalarında palmar, bilek ve dirsek motor ünit potansiyellerinin distal latansları, amplitüdüleri, bilek ve ön kol sinir iletim hızları saptandı. Medyan duysal sinir iletim çalışmalarında medyan sinir 3.parmak duysal sinir potansiyelinin distal latansı, amplitüdü, iletim hızı, 4. parmak ulnar ve medyan duysal sinir potansiyellerinin distal latansları, amplitüdüleri, iletim hızları kayıtlandı. Ayrıca 4. parmak ulnar ve medyan duysal sinir potansiyelleri distal latansları arasındaki fark kayıt edildi. 0.5 ms ve üzerindeki KTS için anlamlı kabul edildi.

Medyan motor sinir iletim çalışması sırasında kayıt elektrodu tenar bölgede abduktör pollisis brevis kası üzerine, referans elektrod bunun 4 cm distalinde 1.parmak proksimal eklem bölgesine yerleştirildi ve işaretlendi. Toprak elektrod önkolda volar yüze yerleştirildi. İlk motor uyarı palmar bölgede 4.parmak fleksiyonu sırasında parmak ucunun değdiği noktadan yapıldı (Şekil 5). Sonra sırası ile el bileği ve dirsek bölgesinden uyarı verilerek motor ünit aksiyon potansiyeli kayıt edildi. Uyarı noktaları duysal sinir iletim çalışmalarında olduğu gibi en düzgün zemin, en yüksek amplitüdü

yanıt ve net latansın saptandığı noktalardan yapılıp mesafeler ölçüldü ve işaretlendi. Böylece her olguda US uygulaması öncesi ve sonrası aynı noktalardan uyarı ve kayıtlama yapıldı. Kişilerin parmak, el ve önkol uzunluğu farklı olduğundan, olgular arasında mesafe farklılıkları olabildi.



**Şekil 5.** Medyan motor sinirin palmar ve bilekten uyarımı ve kayıtlama tekniği.

İlk elektrofizyolojik ölçümünden sonra hastalara 5 dakika süre ile fizyoterapist tarafından terapötik US uygulaması yapıldı. US uygulamasından hemen sonra sinir iletim çalışmaları aynı sıra ile ve aynı mesafelere elektrodlar yerleştirilerek tekrarlandı.

## **İstatistiksel analiz**

İstatistiksel analizler, Uludağ üniversitesi Biyoistatistik Anabilim Dalı'nda yapılmış ve SPSS 11.0 version for Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) programı kullanılarak elde edilmiştir. Sürekli değişkenler ortalama  $\pm$  standart sapma, gerektiğinde medyan ve 25.-75.persantil olarak, kategorik değişkenler frekans ve yüzde (sayı,%) olarak sunulmuştur. Tüm elektrofizyolojik iletim parametreleri için normallik analizi yapılmış olup, normal dağılıma yaklaştığı saptanmıştır. Ancak varyansların homojenliğinin sağlanamadığı durumlarda non-parametrik testler uygulanmıştır.

Terapötik US uygulaması öncesinde elektrofizyolojik iletim parametrelerinden amplitüd ve sinir iletim hızı için üç grubun karşılaştırması Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) ve gerektiğinde Kruskal-Wallis test ile; distal latansların karşılaştırması ise mesafe ölçümlerindeki değişkenliğin kontrol edilebilmesi için Kovaryans analizi (ANCOVA) ile yapılmıştır.

Her bir grubun kendi içerisinde terapötik US uygulaması öncesi ve sonrasında elektrofizyolojik iletim parametrelerindeki değişiminin incelenmesinde Eşleştirilmiş Örneklem t-testi uygulanmıştır.

Elektrofizyolojik iletim parametrelerinin terapötik US uygulaması öncesi ve sonrasındaki değişimlerini gruplar arasında karşılaştırabilmek için, yüzde değişimleri (YD) hesaplanmış ve üç grup için YD'lerin karşılaştırmaları Kruskal-Wallis test ve Mann-Whitney U test ile yapılmıştır.

Gruplar için medyan 4. parmak ve ulnar 4. parmak duysal latans fark gruplarının terapötik US uygulaması öncesi ve sonrası karşılaştırması ise Mc-Nemar test ile yapılmıştır.

Tüm istatistiksel analizlerde iki yönlü hipotez testleri kullanılmış ve 0.05'den küçük bir p-değeri istatistiksel olarak anlamlı fark kabul edilmiştir.

## BULGULAR

Tablo 1 ve 2’de olguların demografik dağılımları, öyküleri, yakınmalarının özellikleri ve klinik bulguları sunulmuştur.

**Tablo1.** Olguların gruplara göre demografik dağılımı

	<b>GRUP 1</b> US (1.5 W/cm <sup>2</sup> )	<b>GRUP 2</b> US (0.5 W/cm <sup>2</sup> )	<b>GRUP 3</b> US (0.0 W/cm <sup>2</sup> )
Hasta sayısı	7	8	8
Test edilen el sayısı	10	10	10
Yaş (ortalama+SS)	45.0 + 7.37	42.5 + 9.93	42.0 + 6.55
Cinsiyet Kadın Erkek	7 0	7 1	7 1
Meslek Ev kadını İşçi Memur	3 4 0	4 1 3	4 3 1
Yakınmanın süresi <3 ay 3-6 ay 6 ay-1 yıl 1-2 yıl 2 yıldan fazla	0 4 0 4 2	3 0 2 3 2	1 2 1 4 2
İlaç tedavisi Evet Hayır	6 4	5 5	6 4
Splint tedavisi Evet Hayır	3 7	0 10	2 8

**Tablo 2.** Olguların klinik bulgularına göre gruplara dağılımı

	<b>GRUP 1</b> US (1.5 W/cm <sup>2</sup> )	<b>GRUP 2</b> US (0.5 W/cm <sup>2</sup> )	<b>GRUP 3</b> US (0.0 W/cm <sup>2</sup> )
Hasta sayısı	7	8	8
Test edilen el sayısı	10	10	10
Test edilen el Sol Sağ	3 7	5 5	7 3
Yakınma tarafı Sol Sağ Bilateral	0 3 4	1 0 7	1 0 7
Test edilen elde ağrı Var Yok	5 5	7 3	9 1
Test edilen elde uyuşma Var Yok	10 0	10 0	10 0
Test edilen elde uyuşma Gece Gündüz Gece+Gündüz	7 0 3	6 1 3	3 3 4
Tinel testi Pozitif Negatif	10 0	10 0	9 1
Phalen testi Pozitif Negatif	6 4	2 8	4 6

Tablo 3'den Tablo-8'e kadar üç tedavi grubuna göre terapötik US uygulaması öncesi ve sonrasında motor ve duysal elektrofizyolojik ölçümlerin ortalamaları sunulmuştur.

**Tablo 3.** Grup içi ve gruplar arası bilek ve dirsek motor distal latans ölçüm ortalamalarının terapötik ultrason uygulaması öncesi ve sonrasında istatistiksel olarak karşılaştırılmasının sonuçları

Bölge	Grup	Önce	Sonra	<sup>b</sup> p-değeri
		Ort ± SS	Ort ± SS	
Palmar	1	1,8420 ± 0,2082	1,8480 ± 0,2312	$t_{(0,05;9)} = -0,136$ $p=0,895$
	2	1,8400 ± 0,2525	1,7930 ± 0,2373	$t_{(0,05;9)} = 0,959$ $p=0,362$
	3	1,8360 ± 0,2368	1,8550 ± 0,3091	$t_{(0,05;9)} = -0,451$ $p=0,663$
<sup>a</sup> p-değeri		$F_{(1;25)}=0,440$ $p=0,513$		
Bilek	1	3,9880 ± 0,5144	3,8990 ± 0,5839	$t_{(0,05;9)}=1,083$ $p=0,307$
	2	3,7760 ± 0,2839	3,5760 ± 0,2601	<b><math>t_{(0,05;9)}=4,586</math> <math>p=0,001</math></b>
	3	4,2120 ± 1,0077	4,1840 ± 0,9205	$t_{(0,05;9)}=0,722$ $p=0,489$
<sup>a</sup> p-değeri		$F_{(2;24)}=0,096$ $p=0,908$		
Dirsek	1	7,9540 ± 0,7669	7,8780 ± 0,7623	$t_{(0,05;9)}=0,614$ $p=0,555$
	2	7,7710 ± 0,6800	7,6020 ± 0,7473	<b><math>t_{(0,05;9)} = 3,286</math> <math>p=0,009</math></b>
	3	8,0140 ± 1,2024	8,0270 ± 1,0526	$t_{(0,05;9)} = -0,227$ $p=0,826$
<sup>a</sup> p-değeri		$F_{(2;24)}=0,518$ $p=0,602$		

<sup>a</sup>p- Kovaryans analizi (ANCOVA)

<sup>b</sup>p- Eşleştirilmiş örneklem t-testi

Terapötik US uygulaması öncesinde her üç tedavi grubundaki ellerde palmar, bilek ve dirsek motor distal latans ölçüm ortalamaları arasında, mesafe ölçümlerindeki değişkenliğin kontrolü altında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir (Kovaryans analizi  $p>0,05$ ) (Tablo 3).

Birinci ve 3. gruplarındaki ellerde palmar, bilek ve dirsek motor distal latans ölçüm ortalamalarının terapötik US uygulaması öncesi ve sonrasında istatistiksel olarak

anlamli bir değişim göstermediği saptanmıştır (Eşleştirilmiş örneklem t-testi  $p > 0,05$ ) (Tablo 3). Ancak 2. gruptaki ellerin bilek ve dirsek motor distal latans ölçüm ortalamalarının terapötik US uygulaması sonrasında, uygulama öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı bir azalma gösterdiği saptanmıştır (sırasıyla ortalama farkı ve %95 güven aralığı  $-0,200 [-0,2987 - -0,1013]$  ve  $-0,169 [-0,2854 - -0,0527]$  (Eşleştirilmiş örneklem t-testi  $p < 0,05$ ) (Tablo 3).

**Tablo 4.** Grup içi ve gruplar arası bilek ve dirsek motor amplitüd ölçüm ortalamalarının terapötik ultrason uygulaması öncesi ve sonrasında istatistiksel olarak karşılaştırılması

Bölge	Grup	Önce	Sonra	<sup>b</sup> p-değeri
		Ort $\pm$ SS	Ort $\pm$ SS	
Palmar	1	17,2210 $\pm$ 3,1318	18,3140 $\pm$ 3,3416	$t_{(0,05;9)} = -1,353$ $p = 0,209$
	2	20,3240 $\pm$ 1,7037	18,9250 $\pm$ 3,9341	$t_{(0,05;9)} = 1,160$ $p = 0,276$
	3	17,7660 $\pm$ 6,1974	17,3150 $\pm$ 6,1103	$t_{(0,05;9)} = 2,186$ $p = 0,057$
<sup>a</sup> p-değeri		$\chi^2_{(0,05;2)} = 2,883$ $p = 0,237$		
Bilek	1	15,3240 $\pm$ 3,0577	15,5650 $\pm$ 3,1429	$t_{(0,05;9)} = -0,442$ $p = 0,669$
	2	18,2340 $\pm$ 3,0519	18,1800 $\pm$ 3,3719	$t_{(0,05;9)} = 0,055$ $p = 0,957$
	3	16,9010 $\pm$ 5,8760	16,3540 $\pm$ 5,6434	$t_{(0,05;9)} = 1,574$ $p = 0,150$
<sup>a</sup> p-değeri		$\chi^2_{(0,05;2)} = 3,120$ $p = 0,210$		
Dirsek	1	13,8940 $\pm$ 2,4818	14,2190 $\pm$ 0,9939	$t_{(0,05;9)} = -0,388$ $p = 0,707$
	2	16,3270 $\pm$ 3,2394	17,1590 $\pm$ 2,9289	$t_{(0,05;9)} = -0,989$ $p = 0,349$
	3	15,9170 $\pm$ 5,5214	15,9200 $\pm$ 5,3521	$t_{(0,05;9)} = -0,007$ $p = 0,994$
<sup>a</sup> p-değeri		$\chi^2_{(0,05;2)} = 2,996$ $p = 0,224$		

<sup>a</sup>p- Kruskal-Wallis test

<sup>b</sup>p- Eşleştirilmiş örneklem t-testi

Terapötik US uygulaması öncesinde her üç gruptaki ellerde palmar, bilek ve dirsek motor amplitüd ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir (Kruskal-Wallis test  $p>0,05$ ) (Tablo 4).

Birinci, 2. ve 3. gruptaki ellerde palmar, bilek ve dirsek motor amplitüd ölçüm ortalamalarının terapötik US uygulaması öncesi ve sonrasında istatistiksel olarak anlamlı bir değişim göstermediği saptanmıştır (Eşleştirilmiş örneklem t-testi  $p>0,05$ ) (Tablo 4).

**Tablo 5.** Grup içi ve gruplar arası motor sinir iletim hızı ölçüm ortalamalarının terapötik ultrason uygulaması öncesi ve sonrasında istatistiksel olarak karşılaştırılması

Bölge	Grup	Önce	Sonra	c p-değeri
		Ort ± SS	Ort ± SS	
NCV 1	1	34,260 ± 9,334	36,290 ± 9,031	$t_{(0,05;9)} = -1,078$ $p=0,309$
	2	37,070 ± 2,622	39,920 ± 4,205	$t_{(0,05;9)} = -2,015$ $p=0,075$
	3	33,350 ± 9,334	33,870 ± 8,907	$t_{(0,05;9)} = -0,496$ $p=0,632$
a p-değeri		$\chi^2_{(0,05;2)} = 0,767$ $p=0,682$		
NCV 2	1	54,720 ± 3,117	54,230 ± 4,257	$t_{(0,05;9)} = 0,370$ $p=0,729$
	2	56,350 ± 2,931	56,430 ± 4,588	$t_{(0,05;9)} = -0,101$ $p=0,922$
	3	57,120 ± 6,648	55,400 ± 5,927	$t_{(0,05;9)} = 1,576$ $p=0,150$
b p-değeri		$F_{(2;27)} = 0,721$ $p=0,495$		

a p- Kruskal-Wallis test

b p- Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA)

c p- Eşleştirilmiş örneklem t-testi

Terapötik US uygulaması öncesinde her üç gruptaki ellerde motor sinir iletim hızı ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir (Kruskal-Wallis test ve Tek Yönlü Varyans Analizi  $p>0,05$ ) (Tablo 5). Birinci, 2. ve 3. gruptaki ellerde motor sinir iletim hızı ölçüm ortalamalarının terapötik US

uygulaması öncesi ve sonrasında istatistiksel olarak anlamlı bir değişim göstermediği saptanmıştır (Eşleştirilmiş örneklem t-testi  $p>0,05$ ) (Tablo 5).

**Tablo 6.** Grup içi ve gruplar arası duysal distal latans ölçüm ortalamalarının terapötik ultrason uygulaması öncesi ve sonrasında istatistiksel olarak karşılaştırılması

Bölge	Grup	Önce	Sonra	<sup>b</sup> p-değeri
		Ort $\pm$ SS	Ort $\pm$ SS	
Medyan 3.parmak	1	3,3640 $\pm$ 0,6873	3,3100 $\pm$ 0,7898	$t_{(0,05;9)}=0,930$ $p=0,376$
	2	3,0280 $\pm$ 0,4806	2,9460 $\pm$ 0,3882	$t_{(0,05;9)}=1,808$ $p=0,104$
	3	3,3720 $\pm$ 0,8159	3,3830 $\pm$ 0,8152	$t_{(0,05;9)}=-1,190$ $p=0,264$
<sup>a</sup> p-değeri		$F_{(2;24)}=0,442$ $p=0,648$		
Medyan 4.parmak	1	3,2840 $\pm$ 0,8449	3,3270 $\pm$ 0,8513	$t_{(0,05;9)}=-0,664$ $p=0,523$
	2	2,9610 $\pm$ 0,3307	2,8600 $\pm$ 0,3248	$t_{(0,05;9)}=2,497$ <b><math>p=0,034</math></b>
	3	3,6380 $\pm$ 1,1793	3,6390 $\pm$ 1,1304	$t_{(0,05;9)}=-0,024$ $p=0,982$
<sup>a</sup> p-değeri		$F_{(2;24)}=0,217$ $p=0,807$		
Ulnar 4.parmak	1	2,4450 $\pm$ 0,2177	2,5480 $\pm$ 0,1764	$t_{(0,05;9)}=-1,337$ $p=0,214$
	2	2,4470 $\pm$ 0,1760	2,3220 $\pm$ 0,1543	$t_{(0,05;9)}=3,896$ <b><math>p=0,004</math></b>
	3	2,3620 $\pm$ 0,1820	2,3620 $\pm$ 0,1182	$t_{(0,05;9)}=0,000$ $p=1,000$
<sup>a</sup> p-değeri		$F_{(2;24)}=2,498$ $p=0,103$		

<sup>a</sup>p- Kovaryans analizi (ANCOVA)

<sup>b</sup>p- Eşleştirilmiş örneklem t-testi

Terapötik US uygulaması öncesinde her üç gruptaki ellerde medyan 3. ve 4. parmak, ulnar 4. parmak duysal latans ölçüm ortalamaları arasında, mesafe ölçümlerindeki değişkenliğin kontrolü altında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir (Kovaryans analizi  $p>0,05$ ) (Tablo 6).

Birinci ve 3. gruptaki ellerde medyan 3. ve 4. parmak, ulnar 4. parmak duysal latans ortalamalarının terapötik US uygulaması öncesi ve sonrasında istatistiksel olarak

anlamli bir değişim göstermediği saptanmıştır (Eşleştirilmiş örneklem t-testi  $p>0,05$ ) (Tablo 6). Ancak 2. gruptaki ellerin medyan 4. parmak ve ulnar 4. parmak duysal latans ölçüm ortalamalarının terapötik US uygulaması sonrasında öncesine göre istatistiksel olarak anlamli bir azalma gösterdiği saptanmıştır (sırasıyla ortalama farkı ve %95 güven aralığı - 0,1010 [-0,19250 - -0095] ve -0,1250 [-0,1976 - 0,0524] (Eşleştirilmiş örneklem t-testi  $p<0,05$ ) (Tablo 6).

**Tablo 7.** Grup içi ve gruplar arası duysal amplitüd ölçüm ortalamalarının terapötik ultrason uygulaması öncesi ve sonrasında istatistiksel olarak karşılaştırılması

Bölge	Grup	Önce	Sonra	<sup>b</sup> p-değeri
		Ort $\pm$ SS	Ort $\pm$ SS	
Medyan 3.parmak	1	16,6300 $\pm$ 7,0876	16,8280 $\pm$ 6,9858	$t_{(0,05;9)} = -0,179$ $p=0,862$
	2	20,4000 $\pm$ 5,2947	21,8110 $\pm$ 5,5112	$t_{(0,05;9)} = -2,720$ $p=0,024$
	3	16,0010 $\pm$ 8,1980	15,7820 $\pm$ 7,3477	$t_{(0,05;9)} = 0,393$ $p=0,703$
<sup>a</sup> p-değeri		$F_{(2;27)}=1,167$ $p=0,326$		
Medyan 4.parmak	1	13,2810 $\pm$ 5,8887	12,6510 $\pm$ 5,4413	$t_{(0,05;9)} = 1,096$ $p=0,301$
	2	17,4300 $\pm$ 3,4731	17,0100 $\pm$ 4,0651	$t_{(0,05;9)} = 0,573$ $p=0,581$
	3	12,6700 $\pm$ 6,4934	12,4910 $\pm$ 6,5756	$t_{(0,05;9)} = 0,555$ $p=0,592$
<sup>a</sup> p-değeri		$F_{(2;27)}=2,263$ $p=0,123$		
Ulnar 4.parmak	1	20,8810 $\pm$ 5,4271	18,6430 $\pm$ 4,4081	$t_{(0,05;9)} = 1,241$ $p=0,246$
	2	19,1100 $\pm$ 5,6392	18,7700 $\pm$ 6,4135	$t_{(0,05;9)} = 0,423$ $p=0,682$
	3	17,9600 $\pm$ 6,0145	17,2700 $\pm$ 3,6083	$t_{(0,05;9)} = 0,676$ $p=0,516$
<sup>a</sup> p-değeri		$F_{(2;27)}=0,667$ $p=0,552$		

<sup>a</sup>p- Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA)

<sup>b</sup>p- Eşleştirilmiş örneklem t-testi

Terapötik US uygulaması öncesinde her üç gruptaki ellerde medyan 3. ve 4. parmak, ulnar 4. parmak duysal amplitüd ölçüm ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamli bir fark gözlenmemiştir (Tek Yönlü Varyans Analizi  $p>0,05$ ) (Tablo 7).

Birinci ve 3. gruplarındaki ellerde medyan 3. ve 4. parmak, ulnar 4. parmak duysal latans ortalamalarının terapötik US uygulaması öncesi ve sonrasında istatistiksel olarak anlamlı bir değişim göstermediği saptanmıştır (Eşleştirilmiş örneklem t-testi  $p>0,05$ ) (Tablo 7). Ancak 2. gruptaki ellerin medyan 3. parmak duysal amplitüd ölçüm ortalamalarının terapötik US uygulaması sonrasında, öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış gösterdiği saptanmıştır (ortalama farkı ve %95 güven aralığı 1,4110 [0,2374 - 2,5846] (Eşleştirilmiş örneklem t-testi  $p<0,05$ ) (Tablo 7).

**Tablo 8.** Grup içi ve gruplar arası duysal sinir iletim hızı ortalamalarının terapötik ultrason uygulaması öncesi ve sonrasında istatistiksel olarak karşılaştırılması

Bölge	Grup	Önce	Sonra	<sup>b</sup> p-değeri
		Ort ± SS	Ort ± SS	
Medyan 3.parmak	1	46,250 ± 6,925	47,620 ± 8,536	$t_{(0,05;9)} = -1,546$ $p=0,157$
	2	50,770 ± 5,476	51,960 ± 4,951	$t_{(0,05;9)} = -1,848$ $p=0,098$
	3	47,220 ± 9,669	47,100 ± 9,649	$t_{(0,05;9)} = 1,059$ $p=0,317$
<sup>a</sup> p-değeri		$\chi^2_{(0,05;2)} = 3,080$ $p=0,214$		
Medyan 4.parmak	1	45,300 ± 9,712	44,700 ± 9,574	$t_{(0,05;9)} = 0,664$ $p=0,523$
	2	48,850 ± 4,483	50,910 ± 4,527	$t_{(0,05;9)} = -2,578$ $p=0,030$
	3	42,380 ± 11,159	42,000 ± 10,694	$t_{(0,05;9)} = 0,572$ $p=0,581$
<sup>a</sup> p-değeri		$\chi^2_{(0,05;2)} = 1,196$ $p=0,550$		
Ulnar 4.parmak	1	58,170 ± 3,839	55,760 ± 3,530	$t_{(0,05;9)} = 1,306$ $p=0,224$
	2	58,870 ± 4,720	62,420 ± 3,572	$t_{(0,05;9)} = -4,389$ $p=0,002$
	3	60,590 ± 4,172	60,410 ± 3,111	$t_{(0,05;9)} = 0,180$ $p=0,861$
<sup>a</sup> p-değeri		$\chi^2_{(0,05;2)} = 0,855$ $p=0,437$		

<sup>a</sup>p- Kruskal-Wallis test

<sup>b</sup>p- Eşleştirilmiş örneklem t-testi

Terapötik US uygulaması öncesinde her üç gruptaki ellerde medyan 3. ve 4. parmak, ulnar 4. parmak duysal sinir iletim hızı ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir (Kruskal-Wallis test  $p>0,05$ ) (Tablo 8).

Birinci ve 3. gruptaki ellerde medyan 3. ve 4. parmak, ulnar 4. parmak duysal sinir iletim hızı ölçüm ortalamalarının terapötik US uygulaması öncesi ve sonrasında istatistiksel olarak anlamlı bir değişim göstermediği saptanmıştır (Eşleştirilmiş örneklem t-testi  $p>0,05$ ) (Tablo 8).

Bununla beraber 2. gruptaki ellerin medyan 4. parmak ve ulnar 4. parmak duysal sinir iletim hızı ölçüm ortalamalarının terapötik US uygulaması sonrasında, öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış gösterdiği saptanmıştır (sırasıyla ortalama farkı ve %95 güven aralığı 2,0600 [0,252 - 3,868] ve 3,550 [1,720 - 5,380]) (Eşleştirilmiş örneklem t-testi  $p<0,05$ ) (Tablo 8).

Elektrofizyolojik iletim parametrelerinin terapötik US uygulaması öncesi ve sonrasındaki değişimlerini gruplar arasında karşılaştırabilmek için, yüzde değişimleri (YD) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$YD = \left( \frac{\text{Tedavisonrası} - \text{Tedaviöncesi}}{\text{Tedaviöncesi}} \right) \times 100$$

Elektrofizyolojik iletim parametrelerinin yüzde değişimlerinin üç grup için karşılaştırmaları sonucunda yalnızca ulnar 4. parmak duysal latans ve duysal sinir iletim hızı için istatistiksel anlamlılık saptanmıştır (Tablo 9).

**Tablo 9.** Ulnar 4. parmak duysal latans ve duysal sinir iletim hızı için yüzde değişimlerin dağılımı

Grup	Tanımlayıcı istatistikler	Ulnar 4. parmak	
		Duysal latans	Duysal sinir iletim hızı
1	Ort.±SS min.-maks. Medyan [25.-75. persentil]	4,8550 ± 10,8511 -7,26 – 26,67 3,3059 [-5,1948 – 13,2069]	-3,6967 ± 9,4946 -21,0 – 7,79 -3,1219 [-11,6315 – 5,7983]
2	Ort.±SS min.-maks. Medyan [25.-75. persentil]	-4,9965 ± 3,8997 -11,72 – 0,79 -3,6578 [-8,4662 - -2,0658]	6,2830 ± 4,7738 -0,17 – 13,31 5,2875 [2,5147 – 11,1276]
3	Ort.±SS min.-maks. Medyan [25.-75. persentil]	0,2645 ± 5,2988 -7,91 – 7,24 2,1558 [-4,4469 – 4,1876]	0,0564 ± 5,4121 -6,76 – 8,53 -2,0935 [-4,1205 – 4,7090]
<b>p-değeri</b>		$\chi^2_{(0,05;2)} = 6,630$ <sup>a</sup> p=0,036  Z=-2,192 <sup>x</sup> p=0,029 Z= -0,832 <sup>y</sup> p=0,436 Z=-2,342 <sup>z</sup> p=0,019	$\chi^2_{(0,05;2)} = 7,339$ <sup>a</sup> p=0,025  Z=-2,117 <sup>x</sup> p=0,035 Z= -0,832 <sup>y</sup> p=0,436 Z=-2,192 <sup>z</sup> p=0,029

<sup>a</sup>p- Kruskal-Wallis test

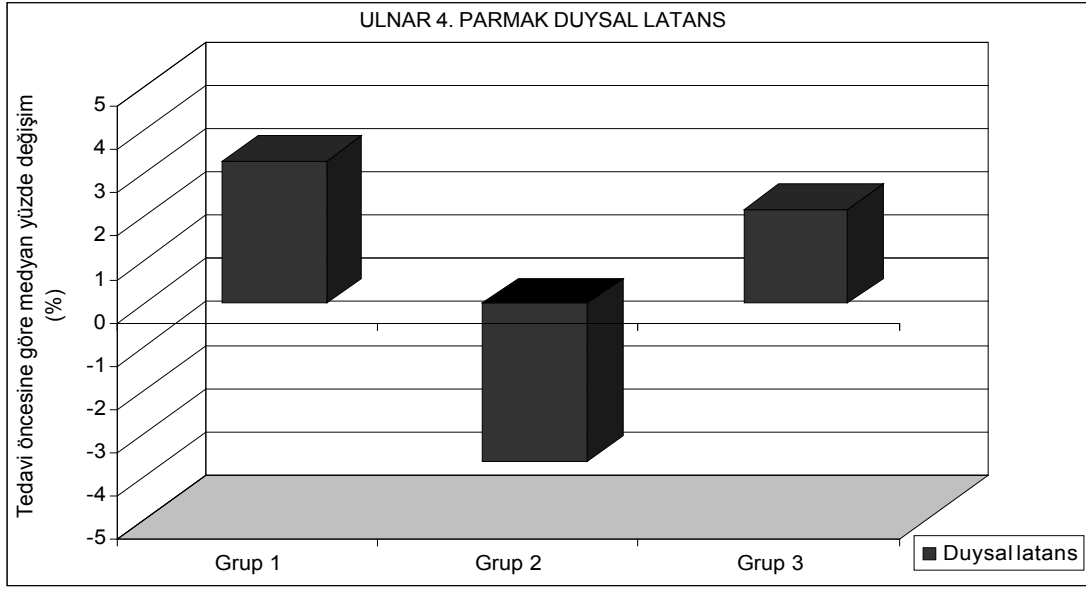
<sup>x</sup>p- Grup 1 ve 2 karşılaştırması, Mann-Whitney U test

<sup>y</sup>p- Grup 1 ve 3 karşılaştırması, Mann-Whitney U test

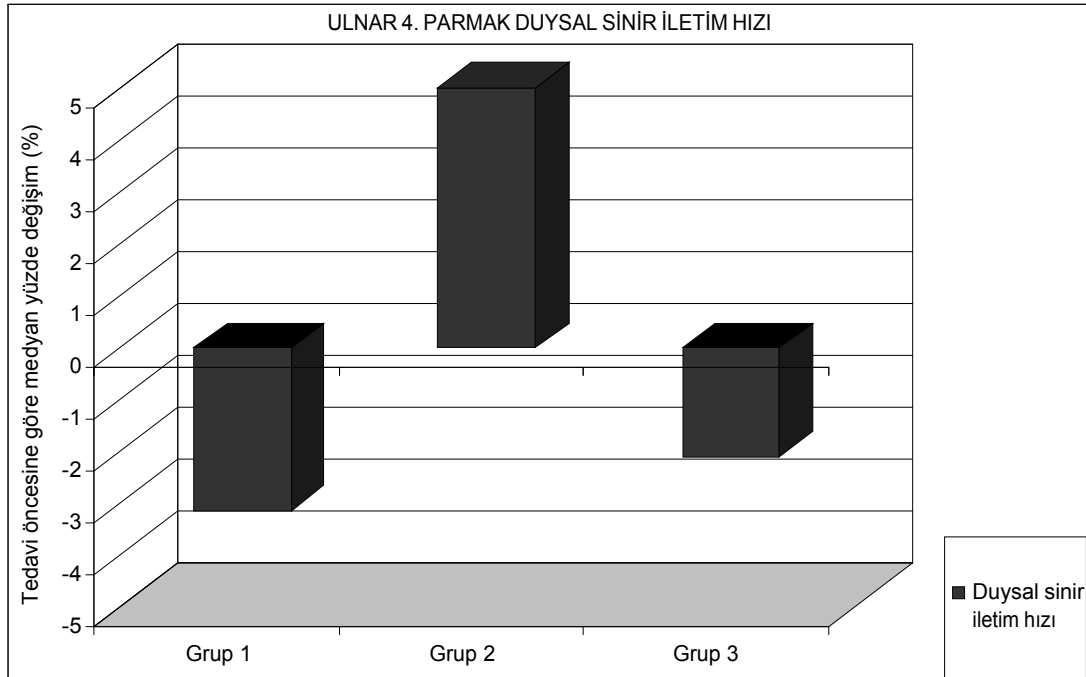
<sup>z</sup>p- Grup 2 ve 3 karşılaştırması, Mann-Whitney U test

Ulnar 4. parmak duysal latans ve duysal sinir iletim hızı için terapötik US uygulama öncesine göre yüzde değişimlerin üç grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde farklı olduğu bulunmuştur (Kruskal-Wallis test p<0,05). Grupların ikişerli karşılaştırmasında anlamlı farklılığı yaratan grubun, 2. grup olduğu görülmüştür (Mann-Whitney U test p<0,05) (Tablo 9).

Ulnar 4. parmak duysal latans ölçümlerinde terapötik US uygulama öncesine göre sonrasında 2. grupta azalma, 1. ve 3. gruplarda ise artış gerçekleşmiştir (Grafik 1). Ulnar 4. parmak duysal sinir iletim hızlarında ise, terapötik US uygulama öncesine göre sonrasında 2. grupta artma, 1. ve 3. gruplarda ise azalma gerçekleşmiştir (Grafik 2).

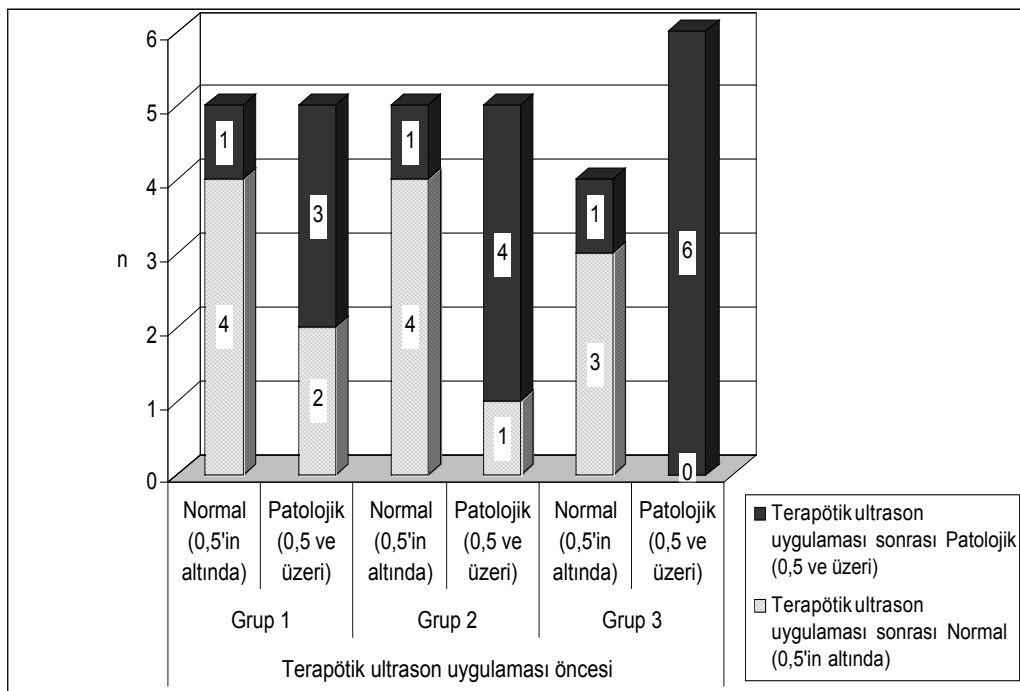


**Grafik 1:** Gruplarına göre ulnar 4. parmak duysal latans için terapötik ultrason uygulama öncesine göre medyan yüzde değişimler.



**Grafik 2:** Gruplara göre ulnar 4. parmak duysal sinir iletim hızları için terapötik ultrason uygulama öncesine göre medyan yüzde değişimler.

Medyan 4. parmak ve ulnar 4. parmak duysal latans farklarını alıp 0,5 kesim noktasına göre (0,5'in altında / 0,5 ve üzeri) normal ve patolojik olarak gruplandırıp incelediğimizde; 1. grupta terapötik US uygulaması öncesi patolojik olan 5 elin 3'ünün, 2. grupta patolojik olan 5 elin 4'ünün ve 3. grupta patolojik olan 6 elin 6'sının terapötik US uygulaması sonrasında da halen patolojik olmaya devam ettiği gözlenmiştir (Mc-Nemar test  $p>0,05$ ) (Grafik 3).



**Grafik 3:** Gruplar için medyan 4. parmak ve ulnar 4. parmak duysal latans fark gruplarının terapötik ultrason uygulaması öncesi ve sonrası karşılaştırması (tüm gruplar için Mc-Nemar test  $p>0,05$ ).

## TARTIŞMA

KTS tuzak nöropatileri içinde toplumda en sık görülendir. Medyan sinirin karpal tünel içerisinde fleksör retinakulum altında idiyopatik ve çeşitli etyopatojenik nedenler ile sıkışması sonucu meydana gelir. KTS'nun oluşumunda medyan sinirin basıya duyarlılığını arttıran nedenler kadar, karpal kanal içinde alanı azaltan nedenler de rol oynar. KTS'nda tanı hastanın tipik yakınmaları, fizik muayene bulguları ile başlayıp, elektrofizyolojik değerlendirme ile kesinleşir. Erken dönem KTS olgularında konservatif tedavi yöntemleri ile başarı sağlanırken, orta derecede ve ilerlemiş olgularda tedavide cerrahi olarak fleksör retinakulumun gevşetilmesi ön plana çıkar(13).

KTS'da uygulanan konservatif tedavi yöntemleri arasında steroid olmayan antienflamatuar ilaçlar, el bileği istirahat splintleri, karpal tünel içine yapılan steroid enjeksiyonları, fizik tedavi uygulamaları ve egzersiz sayılabilir(13,14,21,29,38). Fizik tedavi uygulamalarında genellikle derin ve yüzeysel ısıtıcılar, TENS, çeşitli masaj ve mobilizasyon teknikleri kullanılır. Terapötik US'un derin dokularda sıcaklık artışına yol açtığı bilinmektedir. Ayrıca fibrolizan ve kollajen doku esnekliğini de artırıcı etkisi nedeni ile fibrozise bağlı yapışıklık oluşumunun ortadan kaldırılmasında da etkilidir(27). Pek çok farklı kas iskelet probleminde US uygulamasının yeri vardır. Dokularda sıcaklığı arttıran diğer yöntemlerde olduğu gibi US'un da ağrı eşiğini arttırdığı gösterilmiştir(23,27).

US'un sinir dokusu üzerindeki etkilerini şöyle sıralanabilir: periferik sinirleri selektif olarak ısıtır, sinir iletimini değiştirebilir veya bloke edebilir, membran permeabilitesi ve doku metabolizmasını artırabilir. US'un bu termal etkilerinden herhangi birinin ağrı giderici etkiyi sağlayabilir. Sinir lifi çapı ile US'a duyarlılık açısından bakıldığında ters ilişki ortaya çıkar. En ince C lifleri daha duyarlı iken, kalın A lifleri daha az etkilenir. US bu ince lifleri selektif bloke ederek ağrı transmisyonunda azalmaya neden olabilir(23,27).

Sıcaklık sinir iletim çalışmalarını etkileyen en önemli faktörlerden biridir (11,34). Normal sinirlerde sıcaklık düştükçe duysal ve motor latanslar uzar ve iletim hızı yavaşlar. Ek olarak duysal sinir aksiyon potansiyeli ve bileşik kas aksiyon potansiyeli amplitüd, süre ve alanda artış olur. Sıcaklığın artması da ters etkilere neden

olur (11,34). Normal işleyen sinirlerde gözlenen bu durum, hastalıklara aynı şekilde uygulanamayabilir (11,34).

Sinir dokusundaki rejenerasyon oranı ısı değişikliklerinden etkilenir. Terapötik US klinik olarak sık kullanılmasına karşın nöropatik sinir üzerindeki etkileri ve bunların mekanizmaları henüz yeterince bilinmemektedir (2,6,15,17,37). KTS olgularında 10-15 seans tekrarlanan US tedavisi sonuçları çeşitli çalışmalarda elektrofizyolojik incelemede farklılık göstermekle birlikte, klinik olarak yakınmalarda belirgin azalma gözlenmiştir (14,29,31). İzlenen semptomatik düzelme US'un yukarıda bahsedilen etkilerinden olabileceği gibi aynı zamanda otonomik liflerde oluşan bir değişikliğe de bağlı olabilir. KTS tanısında kullanılan standart elektrofizyolojik testlerin yalnız en kalın ve en hızlı myelinli sinir lifleri hakkında bilgi vermesi nedeni ile küçük myelinsiz liflerdeki değişiklikleri saptamak mümkün olmamaktadır.

Çalışmamızda KTS'da terapötik US tedavisinin elektrofizyolojik etkilerini görmek ve hafif derecedeki KTS olgularında olduğu gibi demiyelinizasyonun eşlik ettiği nöral disfonksiyonlarda US'un termal ve termal olmayan etkilerinin sinir iletimine etkilerini elektrofizyolojik yöntemler ile değerlendirerek, nöropatik sinirdaki patofizyolojik mekanizmalara açıklık getirerek nöropatik sinirlerde tedavi seçenek ve zeminlerine ışık tutmayı amaçladık.

Çalışmaya yaşları 26-54 arasında değişen (Ort.±SS: 43.65± 8.12), 2 erkek 18 kadın olmak üzere toplam 20 hastada 30 el alındı. Üç gruba ayrılan olgulardan 1. gruba 1.5 W/cm<sup>2</sup>, 2. gruba 0.5 W/cm<sup>2</sup> ve 3. gruba da 0.0 W/cm<sup>2</sup> (plasebo) terapötik US uygulaması yapıldı. US uygulaması öncesi ve sonrası karşılaştırıldığında 1.ve 3. gruplarda hiçbir parametrede istatistiksel olarak anlamlı değişiklik saptanmazken, 2. grupta medyan sinir bilek ve dirsek motor distal latansta azalma, 2.grup medyan ve ulnar 4. parmak duysal iletim latanslarında azalma, 2. grup 3. parmak medyan duysal sinir amplitüdde artma, 2.grup medyan ve ulnar 4. parmak duysal iletim hızında artma saptanmıştır. Gruplar arasında US uygulama önce ve sonrası farklar karşılaştırıldığında grup 2'de diğer iki gruba göre ulnar sinir 4. parmak duysal latansında azalma ve beraberinde sinir iletim hızında artış saptandı.

Önceki çalışmalar 0.5-2.0W/cm<sup>2</sup> arasındaki dozlarda US uygulamasının termal etkisine bağlı olarak sinir iletim hızında artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Özellikle sıcaklık artışına paralel olarak duysal sinir iletim hızındaki artış çalışmalarda

gösterilmiştir (7,17). Çalışmamızda terapötik US'nun  $0.5W/cm^2$  dozunda uygulandığı 2. grupta, nöropatik medyan ve normal ulnar duysal sinir iletim hızlarını benzer şekilde artmasına neden olmuştur. Aschworth ve ark.(1), KTS olanlarda ısı değişikliğine anormal medyan sinirin duysal liflerinin daha az, motor liflerinin ise daha fazla reaksiyon gösterdiğini belirlemişlerdir.

US'un motor sinir iletim hızı üzerindeki etkisinin US dozuna bağlı olduğu ve bunun insonasyonun termal ve mekanik etkileri ile ilişkili olabileceği ileri sürülmüştür (23). Motor sinir iletim hızının US'un dozu, doku ısısındaki yükselme derecesi ve süresine bağlı olarak artıp azalabileceğini belirtilmiştir (30). Motor sinir iletim hızındaki azalmanın US'un termal değil mekanik etkisine bağlanmıştır. Çalışmamızda KTS'nda  $1.5 W/cm^2$  dozunda US uygulanan grup ile plasebo US grubunda medyan motor elektrofizyolojik parametrelerde olumlu bir değişiklik izlenmemiştir. Düşük doz US uygulanan 2. grupta ise yalnız bilek ve dirsek motor latanslarda azalma izlenmiştir.

Periferik sinirlerde iletim reversibl veya irreveribl olarak US ile bloke edilebilir. Multipl sklerozlu hastalarda ve deneysel demiyelinizan sinirlerde sıcaklık artışının iletim bloğu yapabildiği bilinmektedir. Hasarlanmış sinirde aksonal koruma faktöründeki azalma nedeni ile termal iletim bloğuna duyarlılık daha fazla olabilir. Hong (20), düşük doz US'un kompresyon nöropatisinde iyileşmeyi kolaylaştırdığını göstermiştir. Sıcaklık artışına bağlı artan lokal kan akımının sinir rejenerasyonuna veya tuzak nöropatisinde sinir iletiminin düzelmesine katkıda bulunabileceği belirtilmiştir. Yüksek doz US ile iyileşmenin durdurulmasının ise mekanik hasar veya aşırı ısınmaya bağlı olabileceği düşünülmüştür (20). Bizim çalışmamızda da düşük doz terapötik US uygulaması ile sinir iletim parametrelerinde olumlu sonuçlar elde edilmesine karşın, yüksek doz US ile olumlu bir farklılık elde edilmedi.

Plasebo US uygulamasında görülebilen sinir iletim hızındaki yavaşlama transmisyon jelinin soğutucu etkisi ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir(25). Çalışmamızda ise plasebo grupta bunu destekleyecek bir farklılık saptanmadı.

KTS'da alta yatan patoloji kompresyona sekonder oluşan fokal demiyelinizasyon olduğundan, sinirin demiyelinize bölgesinin US uygulanmasına daha duyarlı olması muhtemeldir(1,8). Davis&Jacobson (8), deneysel çalışmalarında hasarlı, demiyelinize sinirlerde termal iletim bloğuna hassasiyetin fazla olduğunu bildirmiştir. Bir başka çalışmada ağırlı periferik nöropatisi olanlarda akut US uygulaması sonucu

reversibl iletim bloğu saptanırken, ağrısız polinöropatilerde bu gözlenmemiştir (19). Rasminsky(32), hafif etkilenmiş internodlarda sıcaklık artışının internodal iletim zamanında normal sinirlerde olduğu gibi bir azalmaya yol açtığını ileri sürmüştür.

Çalışmamızda gruplar arasında terapötik US uygulama önce ve sonrası farklar karşılaştırıldığında düşük doz US grubunda ( $0.5 \text{ W/cm}^2$ ) diğer iki gruba göre normal olan ulnar sinir 4. parmak duysal latansında azalma ve ulnar 4. parmak duysal sinir iletim hızında artış saptandı. Nöropatik olan medyan sinirde ise gruplar arasında böyle bir fark saptanmadı.

Bu çalışmada anormal medyan sinire kontrol olarak aynı koldan ulnar siniri seçtik. Ulnar ve medyan sinir kompozisyon ve seyir olarak anatomik benzerlik gösterir. Fizyolojik olarak ulnar ve medyan sinirler ısı değişikliklerine benzer yanıt verirler(28). Cinsiyet, yaş, boy, anatomik yapı gibi farklılıkları ortadan kaldırarak US'un nöropatik medyan sinir ve normal ulnar sinir üzerine etkisini karşılaştırmak mümkün oldu. Çalışmamızda ulnar sinir motor iletimi çalışması planlanmadığı için bu karşılaştırmayı yalnız duysal liflerde yapabildik. Buna göre düşük doz terapötik US uygulanan 2.grupta tedavi sonrasında 4. parmak medyan ve ulnar duysal sinirlerin latanslarında azalma ve iletim hızlarında artış izlendi. Üç grup arasında karşılaştırma yapıldığında ise normal olan ulnar sinir elektrofizyolojik parametreleri yine 2. grupta olumlu değişiklik gösterirken, nöropatik medyan sinirde gruplar arasında fark gözlenmedi. Bu da termal etkinin normal sinir ile nöropatik sinir üzerindeki etkilerinin farklı olabileceği görüşünü destekler niteliktedir(1,8).

### **Sonuç**

Bu sonuçlar düşük doz terapötik US ( $0.5 \text{ W/cm}^2$ ) uygulamasının hem sağlıklı hem de nöropatik sinir üzerinde olumlu etkileri olduğu ve KTS tedavisinde kullanılabileceğini göstermektedir. Yüksek doz terapötik US ( $1.5 \text{ W/cm}^2$ ) uygulamasında ise bu değişikliğin gözlenmediği, bu nedenle olası olumsuz etkilerinin göz önünde bulundurulması gerektiği düşüncesindeyiz.

Nöropatik sinirde terapötik US'nun etkileri ve güvenilirliği konusunda ek bilgiler sağlayabilecek, olgu ve elektrofizyolojik tetkik sayısının daha fazla olduğu ayrıntılı çalışmalara gereksinim vardır.

## KAYNAKLAR

1. Aschworth NL, Marshall SC, Satkunam LE: The effect of temperature on nerve conduction parameters in carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 21:1089-91, 1998.
2. Baldes EJ, Herrick JF, Stroebel CF: Biological effects of ultrasound. *Am J Phys Med* 37:111-20, 1958.
3. Britz BW, Haynor Kuntz C, et al: Carpal tunnel syndrome: Correlation of magnetic resonance imaging, clinical, electrodiagnostic, and intraoperative findings. *Neurosurgery* 37:1097-1103, 1995.
4. Chaudry V, Crawford TO, DeRossett SE. Thermal sensitivity in demyelinating neuropathy. *Muscle Nerve* 16:301-306, 1993.
5. Cosentino AB, Cross DL, Harrington RJ, Soderberg GL: Ultrasound effects on electroneuromyographic measures in sensory fibers of the median nerve. *Phys Ther.* 63(11), 1788-92,1983.
6. Currier DP, Greathouse D, Swift T: Sensory nerve conduction: effect of ultrasound *Arch Phys Med Rehabil* 59:181-5, 1978.
7. Currier DP, Kramer JF: Sensory nerve conduction: heating effects of ultrasound and infrared. *Physiother Can* 34(5);241-6, 1982.
8. Davis FA, Jacobson S: Altered thermal sensitivity in injured and demyelinated nerve. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 34;551-61,1971.
9. De Krom MCTFM, Knipschild PG, Kester ADM: Carpal tunnel syndrome. Prevalance in the general population. *J Clin Epidemiol* 45;373-376, 1992.
10. Denys EH: M wave changes with temperature im amyotrophic lateral sclerosis and disorders of neuromuscular transmission. *Muscle Nerve* 13;613-617,1990.
11. Denys EH: AAEM Minimonograph # 14: The influence of temperature in clinical neurophysiology. *Muscle Nerve* 14: 795-811, 1991.
12. Dioszeghy P, Stalberg E: Changes in motor and sensory nerve conduction parameters with temperature in normal and diseased nerve. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 85.29-235, 1992.

13. Dumitru D, Zwarts MJ: Focal peripheral neuropathies. Eds: Dumitru D, Amato AA, Zwarts MJ. *Electrodiagnostic Medicine.*, Hanley & Belfus, Inc., Philadelphia, 1043-1126, 2002.
14. Ebenbichler GR, Resch KL, Nicolais P, et al: Ultrasound treatment for treating the carpal tunnel syndrome: randomised “sham” controlled trial. *BMJ* 316(7);731-5,1998.
15. Farmer WC: Effect of intensity of ultrasound on conduction of motor axons. *Phys Ther* 61;345-50, 1981.
16. Gündüz OH, Borman P, Bodur H, Uçan H: Karpal tünel sendromlu hastalarda el bilek boyutları, klinik ve elektrodiagnostik özellikler. *Türk Fiz. Tıp Rehab Derg.* 49(1);22-26, 2003.
17. Halle JS, Scoville CR, Greathouse DG: Ultrasound’s effect on the conduction latency of the superficial radial nerve in man. *Phys Ther* 61;345-50, 1981.
18. Hennessey WJ, Kuhlman KA: The anatomy, symptoms, and signs of carpal tunnel syndrome. *Phys Med Rehab Clin North Am* 8:3;439-457, 1997.
19. Hong C-Z: Reversible nerve conduction block in patients with polyneuropathy after ultrasound thermotherapy at therapeutic dosage. *Arch Phys Med Rehabil* 72;132-7, 1991.
20. Hong C-Z, Liu HH, Yu J. Ultrasound thermotherapy effect on the recovery of nerve conduction in experimental compression neuropathy. *Arch Phys Med Rehabil* 69;410-4, 1988.
21. Kimura J: Mononeuropathies and entrapment syndromes. Ed: Kimura J. *Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle: principles and practice.* 2nd ed. F.A. Davis Company, Philadelphia, 616-648,1989.
22. Kopell HP, Goodgold J: Clinical and electrodiagnostic features of carpal tunnel syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 49;371-375,1968.
23. Kramer JF: Ultrasound: evaluation of its mechanical and thermal effects. *Arch Phys Med Rehabil* 65;223-7,1984.
24. Kramer JF: Sensory and motor nerve conduction velocities following therapeutic ultrasound. *Aust J Physiother* 33;235-43,1987.
25. Levine JD, Gordon NC, Fields HL: The mechanism of placebo analgesia. *Lancet* 23;654-7, 1978.

26. Nakamichi K, Tachibana S. Restricted motion of the median nerve in carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg (Br)* 20:460-464,1995.
27. Nussbaum EL, Behrens BJ: Therapeutic ultrasound. Eds: Behrens BJ, Michlovitz LS. *Physical agents: theory and practice*. 2nd ed. F.A. Davis Company, Philadelphia, 56-79, 1996.
28. Oh SJ: Nerve conduction in focal neuropathies. Ed:Oh SJ. *Clinical electromyography: Nerve conduction studies*. Williams & Wilkins, Maryland, 302-303, 496-574, 1993.
29. Öztaş Ö, Turan B, Bora İ, Karakaya MK: Ultrasound therapy effect in carpal tunnel syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 79;1540-44,1998.
30. Phalen GS: Reflections on 21 years experience with the Carpal-Tunnel Syndrome. *JAMA* 212(8);1365-1367, 1970.
31. Piravej, Boonhog J: Effect of ultrasound thermotherapy in mild to moderate carpal tunnel syndrome. *J Med Assoc Thai* 87(2);S100-6,2004.
32. Rasminsky M: The effects of temperature on conduction in demyelinated single nerve fibers. *Arch Neurol* 28;287-9,1973.
33. Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. Practice parameter for carpal tunnel syndrome. *Neurology* 43;2406-9, 1993.
34. Rutkove SB: AAEM Minimonograph # 14: Effects of temperature on neuromuscular electrophysiology. *Muscle Nerve*24: 867-882, 2001.
35. Rutkove SB, Kothari MJ, Schefner JM. Nerve, muscle and neuromuscular junction electrophysiology at high temperature. *Muscle Nerve* 20:431-436,1997.
36. Stevens JC: Median neuropathy. Eds: Dyck PJ, Thomas PK. *Peripheral Neuropathy*. 4th ed. Elsevier Saunders, Philadelphia, 1435-61, 2005.
37. Tilki HE, Stalberg E, Coşkun M, Güngör L: Effect of heating on nerve conduction in carpal tunnel syndrome. *J Clin Neurophysiol* 21(6);451-6,2004.
38. Topuz O, Demirel G, Parlar D, Boneval F: Karpal tünel sendromunun tedavisinde istirahat, istirahat+fizik tedavi ve istirahat+lokal steroid enjeksiyonunun etkinliği. *Türk Fiz. Tıp Rehab Derg.* 44(3);32-34, 1998.

39. Tsui PH, Wang SH, Huang CC: In vitro effects of ultrasound with different energies on the conduction properties of neural tissue. *Ultrasonics* 43(7);560-565, 2005.
40. Wang AK, Raynor EM, Blum AS, Rutkove SB: Heat sensitivity of sensory fibers in carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 22:37-42,1999.
41. Young RR, Henneman E: Reversibl block of nerve conduction by ultrasound. *Arch Neurol* 4;83-9, 1961.

## ÖZGEÇMİŞ

### Dr. Betül Turan

Doğum tarihi : 04.10.1964

Doğum yeri : Eğirdir/ISPARTA

#### Eğitim

İlköğretim	: İstiklal İlkokulu	Zonguldak	1972-1977
Ortaöğretim	: Bursa Anadolu Lisesi	Bursa	1977-1983
Yükseköğretim	: İ.Ü. İstanbul Tıp Fakültesi	İstanbul	1983-1990
Uzmanlık	: Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon ABD	Bursa	1990-1994
Yüksek lisans	: Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Elektrodiagnostik Nöroloji	İstanbul	1995-2006

#### Mesleki özgeçmiş:

- U.Ü.T.F. Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon ABD	Uzman Doktor	1994-1997
- UIC PM&R Depart./Rehabilitation Institute of Chicago	Gözlemci Doktor	1997 (9 ay)
- SSK Bursa Bölge Hastanesi FTR Kliniği	Uzman Doktor	1999-2004
- Bekamed kemik kas eklem sağlığı merkezi	Uzman Doktor	1999-

#### Bilimsel özgeçmiş:

- 6 adet A grubu yabancı dergide makale
- 5 adet A grubu yerli dergide makale
- 1 adet Kitap editörlüğü
- 4 adet Kitap bölüm yazarlığı
- 5 adet Yurtdışı kongrede poster
- 15 adet Yurtiçi kongrede poster

#### Kişisel bilgi:

Yabancı dil: İngilizce, Almanca

Akademik ilgi alanları: Elektrofizyoloji, ortopedik rehabilitasyon

Medeni durum: Evli, 2 çocuk annesi