



T.C
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
RADYOLOJİ ANA BİLİM DALI

KARPAL TÜNEL SENDROMUNUN TANISINDA VE
TEDAVİ BAŞARISININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE
ULTRASONOGRAFİ VE 'STRAIN' (GERİNİM)
ELASTOGRAFİNİN ROLÜ

Uzmanlık Tezi

Dr. Ruslan ASADOV

İSTANBUL-2014



T.C
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
RADYOLOJİ ANA BİLİM DALI

KARPAL TÜNEL SENDROMUNUN TANISINDA VE
TEDAVİ BAŞARISININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE
ULTRASONOGRAFİ VE 'STRAIN' (GERİNİM)
ELASTOGRAFİNİN ROLÜ

Dr. Ruslan ASADOV
Uzmanlık Tezi

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Gazanfer EKİNCİ

İSTANBUL-2014

TEŞEKKÜR

Her biri kendi alanlarının en iyisi olan, uzmanlık eğitimim boyunca engin bilgileri ve deneyimleri ile yetişmemi sağlayan, bu süre zarfında hoşgörü ve sabırla beni yönlendiren, bilimsel bilgileriyle birlikte insani, ahlaki ve adalet değerleri ile de örnek aldığım, bu günlere gelebilmemi sağlayan, birlikte çalışmış olmaktan dolayı kendimi şanslı hissettiğim başta anabilim dalı başkanımız sayın Prof. Dr. Feyyaz BALTACIOĞLU olmak üzere, değerli hocalarım Prof. Dr. Davut TÜNEY'e, Prof. Erkin ARIBAL'a, Prof. Dr. Gazanfer EKİNCİ'ye, Prof. Dr. İhsan Nuri AKPINAR'a, Doç. Dr. Nuri Çagatay ÇİMSİT'e , Yrd. Doç. Dr. Rabia ERGELEN'e ve Yrd. Doç. Dr. Onur BUĞDAYCI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Uzmanlık eğitimim ve tez çalışmam süresince bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, yakın ilgi ve desteklerini gördüğüm ve tezimin hazırlanması esnasında yaptığı aktif girişimler ile beni destekleyen, mütevazı kişiliğini benden esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Gazanfer EKİNCİ' ye en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tez sürecinde tüm iyi niyet ve samimiyetiyle bana yardımcı olmaya çalışan, bilgi ve deneyimiyle bana yol gösteren Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon ABD öğretim üyesi Prof. Dr. Osman Hakan GÜNDÜZ ve Uzm. Dr. Ayşe ERDAL'a çok teşekkür ederim.

Uzmanlık eğitimim süresi boyunca beraber çalışmaktan büyük onur duyduğum bir birinden değerli asistan arkadaşlarıma, sevgili uzmanlarımıza, kıymetli tekniker arkadaşlarıma ve tüm radyoloji personeline gösterdikleri özveriden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın unutulmaz ve en değerli parçalarından biri olan bu eğitim sürecinde iyi veya kötü anılarla hatırladığım ve hatırlayacağım herkese yaşananlardan ve yaşattıklarından dolayı teşekkür ederim.

Ruslan ASADOV

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
TABLO LİSTESİ.....	iii
RESİMLER ve GRAFİKLER LİSTESİ	iv
KISALTMALAR.....	v
ÖZET ve ANAHTAR SÖZCÜKLER.....	vi
ABSTRACT-KEYWORDS.....	viii
1. GİRİŞ ve AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Anatomi.....	3
2.2. Fokal Periferik Nöropatiler.....	9
2.3. Karpal Tünel Sendromu	10
2.3.1. Epidemiyoloji	10
2.3.2. Etyopatogenez	10
2.3.3. Semptomatoloji.....	12
2.3.4. Tanı	13
2.3.4.1. Hikaye	14
2.3.4.2. Fizik Muayene.....	14
2.3.4.3. Özel Testler.....	14
2.3.4.4. Duyu ve Motor Testleri.....	15
2.3.4.5. Elektronörofizyolojik Tanı	16
2.3.4.6. Radyolojik yöntemler.....	17
2.3.5. Tedavi.....	23
3. GEREÇ VE YÖNTEM	26
3.1. Hastalar	26
3.2. Uygulanan Tedavi	27
3.3. Tedavi Öncesi ve Sonrası Değerlendirme	27
3.3.1. Fizik muayene ve Elektronörofizyolojik incelemeler	27
3.3.2. Ultrasonografi ve Ultrasonografik Elastografi	28
4. BULGULAR.....	33
5. TARTIŞMA.....	45
EKLER.....	52
KAYNAKLAR.....	55

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Çalışma ve kontrol grubunun cinsiyete göre dağılımı.

Tablo 2. Çalışma ve kontrol grubunun yaş dağılımı.

Tablo 3. Çalışmaya alınan el bileklerinin sağ ve sol dağılımı.

Tablo 2. Median sinir alanlarına göre karşılaştırma bulguları.

Tablo 3. İntrakarpal içerik alanının kontrol ve çalışma grubunda karşılaştırılması.

Tablo 6. Median sinir ve Karpal tünel içeriğinin strain indekslerinin oranları .

Tablo 7. Tedavi öncesi ve sonrası bulguların değişimi.

Tablo 8. Tedavi öncesi ve sonrası hastalık derecesindeki değişim.

Tablo 9. Tedaviden fayda görenlerde strain indeksindeki değişim.

RESİMLER ve GRAFİKLER LİSTESİ

Resimler:

Resim 1. Brakiyal pleksusun anatomisi.

Resim 2. Median sinir ve dallarının anatomisi .

Resim 3. El bileği düzeyinde palmar yüzeyden tendon ve sinirlerin görünümü.

Resim 4. Karpal tünelin anatomik görünümü.

Resim 5. Dokulardan dönen ekoların kompresyonundan önce ve sonra şematik görünümü.

Resim 6. Kompresyon zamanı eko boylarındaki değişim.

Resim 7. Strain elastografi uygulanarak elde olunan elastogram.

Resim 8. Her hastada referans olarak kullanılan jel yastığının görüntüsü.

Resim 9. Kapal tünelin transvers Ultrasonografik görünümü.

Resim 10. KTS'li olguda MS ve KTİ strain değerlerinin elastogramdan ölçümü.

Grafikler:

Grafik 1. Median sinir alanı (MSA) için ROC eğrisi.

Grafik 2. Proksimal median sinir alanı (pMSA) için ROC eğrisi.

Grafik 3. Median sinir alan farkı (fMSA) için ROC eğrisi.

Grafik 4. İntrakarpal içerik alanı (İKA) için ROC eğrisi.

Grafik 5. Tedavi başarısının grafik görünümü.

Grafik 6. Tedavi öncesi ve sonrasında median sinir alan (MSA) değerlerinin grafiği.

Grafik 7. Tedavi öncesi ve sonrasında median sinir alan farkı (fMSA) değerlerinin grafik görünümü.

Grafik 8. Tedavi öncesi ve sonrasında jel yastığının gerinim değerinin karpal tünel içeriğinin gerinimine (JY/KTİ) oranının grafiği.

KISALTMALAR

BKAP Birleşik Kas Aksiyon Potansiyeli

DSAP Duysal Sinir Aksiyon Potansiyeli

fMSA Median Sinir Alan Farkı

FTR Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon

İKA İntrakarpal İçerik Alanı

JY Jel Yastığı

KT Karpal Tünel

KTİ Karpal Tünel İçeriği

KTS Karpal Tünel Sendromu

MRG Manyetik Rezonans Görüntüleme

MS Median Sinir

MSA Median Sinir Alanı

pMSA Proksimal Median Sinir Alanı

ROC Receiver Operating Characteristic

SD Strain Değeri

SE Strain Elastografi

Sİ Strain İndeksi

UE Ultrasonografik Elastografi

USG Ultrasonografi

VAS Vizüel Analog Skala

ÖZET ve ANAHTAR SÖZCÜKLER

AMAÇ: En sık rastlanan tuzak nöropati sendromu olan Karpal tünel sendromunun (KTS) tanısında ve steroid enjeksiyonu ile tedavi başarısının saptanmasında prospektif olarak Ultrasonografi (USG) ve Ultrasonografik Elastografi'nin (UE) etkinliğini araştırmayı amaçladık.

GEREÇ ve YÖNTEM: Çalışma Ağustos - Ekim 2014 tarihleri arasında Radyoloji ve Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon (FTR) kliniklerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma grubuna dahil olan 25 hastanın 2'si (% 8.0) erkek, 23'ü (%92.0) kadındı ve yaşları 29-68 arasında (ortalama yaş 45.68 ± 10.156) değişmekteydi. Sağlıklı bireylerden oluşan kontrol grubunu 32-58 yaşları arasında değişen (yaş ortalaması 40.820 ± 7.667) 15 kadın (%88.2) ve 2 erkek (%11.8) oluşmaktaydı. Kontrol ve çalışma gruplarına USG ve UE kriterleri olan Median sinir alan ölçümleri (MSA, pMSA, fMSA), İntrakarpal içerik alanı (İKA), Karpal tünel içeriği (KTİ) ve Median sinirin (MS) strain değerlerinin ölçümleri yapılarak kaydedildi. Çalışma grubu aynı zamanda Boston anketi, VAS ve Sinir ileti çalışmalarlarıyla da değerlendirildi. Çalışma grubunda olan 9'u bilateral olmak üzere 23 hasta toplam 33 el bileğine değerlendirmelerinin hemen sonrasında aynı gün içinde steroid enjeksiyonu yapıldı. Enjeksiyondan 6 hafta sonra Boston anketi, VAS, Sinir ileti çalışmaları, USG ve UE ölçümleri tekrarlandı.

Parametrelerin gruplar arası karşılaştırmalarında Mann Whitney U testi, Median sinir alanı açısından eşik değeri belirlemek için Roc Curve (ROC Eğrisi) analizi ve parametrelerin grup içi tedavi öncesi ve sonrası karşılaştırmalarında ise Wilcoxon işaret testi kullanıldı. $p < 0.01$ değeri anlamlı olarak kabul edildi.

BULGULAR: Kontrol grubunda MSA ortalaması (7.33 ± 1.31) çalışma grubuna göre (15.44 ± 5.10); anlamlı olarak düşüktü ($p = .00 < .05$). KTS'li grupta fMSA ortalaması (8.91 ± 4.93) asemptomatik bireylere oranla (1.58 ± 0.75) anlamlı yüksekti (Mann Whitney $U = 24$; $p = .00 < .05$). İKA ölçümleri KTS tanısında anlamlı bulundu (Mann Whitney $U = 373.5$; $p = .00 < .05$). Elastografik değerlendirmede semptomatik olgularda MS ve KTİ'nin strain indeksleri kontrol grubuna oranla anlamlı yüksekti ($p = .00 < .00$ ve $P = .036 < .05$). Tedavi sonrası değerlendirmelerde MSA ve fMSA değerlerinde azalma anlamlıydı ($p = .000 < .01$). MS elastisitesinde anlamlı değişiklik bulunmazken, steroid

enjeksiyonu sonrasında KTİ'nin strain indeksinin ortalaması (3.621 ± 1.054) tedavi öncesine (4.680 ± 1.664) oranla anlamlı olarak azalmıştı ($p=.002 < .01$). Tedaviden fayda görenlerde KTİ'nin strain indeksindeki düşüş istatistiksel olarak daha anlamlıydı ($p=.001 < .01$).

SONUÇ: KTS tanısında ve tedaviye cevabın değerlendirilmesinde klinik ve elektronörofizyolojik testlere ek olarak gri skala Ultrasonografi ve Ultrasonografik Elastografi yapılmasının yararlı bilgiler sağladığı ve yapılan bu testlerin tamamlayıcı inceleme yöntemleri olduğu kanısındayız.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Karpal tünel sendromu, Ultrasonografi, Ultrasonografik Elastografi, Steroid enjeksiyonu

ABSTRACT-KEYWORDS

ABSTRACT: The aim was to evaluate the added effectiveness of Ultrasonography (US) and Ultrasonographic Elastography (UE) in diagnosis and response to treatment of Carpal Tunnel Syndrome (The most common entrapment neuropathic syndrome) after steroid injection.

MEHTODS & MATERIALS: The study was performed from August 2014 until October 2014 in Radiology and Physical Medicine & Rehabilaitaion clinnics. Two of patients included in case group were male (% 8) and 23 were female (%92). Study group was aged between 29 and 68 years (mean 45.68 ± 10). Control group was consisted of healthy volunteers aged between 32-58 years (mean 40.820 ± 7.667) whom 2 were male (% 11.8) and 15 were female (%88.2). US and UE criteriae, Median nerve measurements (median nerve area (MNA), proximal median nerve area (pMNA), difference between MNA and pMNA (dMNA)), intracarpal content area (ICA), Carpal tunnel content (CTC) and median nerve strain (MN) values were measured and recorded in both case and control groups. Study group patients were also evalutaed through Boston quetionaire, VAS, nerve conduction studies. Steroid injection was adminstered in 23 patiens (9 of them bilateral wrists, totaly 33 wirsts underwent steroid injection.) at the same day just after ultrasonographic evaluation. VAS, nerve conduction studies US and UE measurements were repeated 6 weeks after steroid injection.

Parameters were compared between study and control groups with Mann Whitney U test. In order to set a cut off value for Median Nerve Area, Roc Curve analysis was used. To compare parameters before and after treatment in each group seperately, Wilcoxon test was used.

FINDINGS: Mean MNA value in control group (7.33 ± 1.31) was significantly ($p < .05$) lower then that of case group (15.44 ± 5.10). Mean dMNA in CTS group (8.91 ± 4.93) was significantly (Mann Whitney $U=24$; $p = .00 < .05$) higher comparative to healthy volunteers group (1.58 ± 0.75). MN and CTC strain indices was significantly higher in control group ($p = .00 < .00$ ve $P = .036 < .05$). Decrease in MNA and dMSA values after treatment was meaningful ($p = .000 < .01$).

While there was not significant change in MN elasticity, mean CTC strain index (3.621 ± 1.054) was significantly decreased (4.680 ± 1.664) after steroid treatment ($p = .002 < .01$). Decrease in CTC index of patients who took the advantage of treatment was more significant ($p = .001 < .01$).

RESULT: We believe that Gray scale Ultrasonography and Ultrasonographic Elastography can provide helpful data if used in addition to clinical and electroneurophysiological tests in diagnosis and response to treatment evaluation of CTS patients.

KEYWORDS: Carpal tunnel syndrome, Ultrasonography, Ultrasonographic Elastography, Steroid injection

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Median sinirin karpal tünelden geçerken basıya uğraması sonucu oluşan Karpal Tünel Sendromu (KTS), en sık görülen tuzak nöropatisidir (1,2,3). En fazla üçüncü ve beşinci dekadlar arasında görülmekle birlikte kadınlarda erkeklere göre 3 kat daha sıktır. Literatürde genel popülasyonun % 0.1–0.5’inde KTS’ye rastlandığı bildirilmiştir (4,5,6).

KTS etyolojisi çok farklı olup, endokrinolojik bozukluklar, romatolojik hastalıklar, amiloidoz, tümöral oluşumlar, travmatik hasarlar, anatomik varyasyonlar ve enfeksiyonlar gibi etkenler sorumlu tutulmaktadır. Ancak genellikle en sık rastlanan tipi herhangi bir etyolojik etkenin saptanmadığı idiopatik KTS’dir.

KTS kliniğinde ilk belirtiler nokturnal ağrı ve parestezilerdir. Daha ileri dönemlerde tenar kaslarda güçsüzlük ve atrofi, az sayıda olguda Raynaud fenomeni ve diğer otonomik sempatik sinir tutuluşuna ait bulgular olabilir. Vazomotor belirtiler ve büllöz ülserasyonlar görülebilir (7,8).

KTS’de tanı anamnez, klinik semptomlar, fizik muayene bulguları ile bu bulguların elektronörofizyolojik olarak desteklenmesine dayanır (9). KTS tanısını koymak için kullanabileceğimiz altın standart yöntem bulunmamaktadır. Yapılan çalışmalarda klinik olarak KTS bulguları olan olguların %16 ila %34’ünde elektronörofizyolojik testlerin normal olduğu bildirilmiştir (10). KTS tanısında elektronörofizyolojik tanı yöntemleri ile sadece sinirlerin fonksiyonu değerlendirilebilmektedir. Sinirlerin morfolojik yapısı ve etraf dokular hakkında ise bilgi vermemektedir. Bu nedenle konvansiyonel radyolojik görüntüleme yöntemlerinden biri olan Ultrasonografinin (USG) KTS tanısı için kullanımı son 20 yılda yaygınlaşmıştır (11,12,13,14,15). KTS tanılı hastalarda USG bulgularını ilk kez Buchberger ve arkadaşları tanımlamış olup bunlar pisiform kemik düzeyinde Median sinir (MS) çapında belirgin artış, hamatum çentiği düzeyinde sinirde belirgin yassılaşma, fleksör retinakulumda belirgin palmar yaylanmadır (16). Median sinir alan (MSA) ölçümünün tanı değerini araştırmak için yapılan çalışmalarda, MSA ortalama eşik değerlerinin sağlıklı ve KTS’li olgularda sırasıyla 6.1-10.4 mm² ve 9-14 mm² gibi

geniş aralıkta dağılım gösterdiği bulunmuştur (13,14,17,18,19). Bulgular tanıyı desteklemekle birlikte, sağlıklı ve hasta olgularda MSA ortalama değerlerinin belli aralıklarda örtüşmesi nedeniyle yeni ve daha güvenilir bir kritere ihtiyaç duyulmuştur. Sinirin sıkışmış bölgedeki alanının arttığını bilerek diğer seviyelerde bu alanının normal olduğu kabul edildiğinde bu iki alan arasında olan farkın tanıya yeni kriter olarak kullanılabileceği düşünülmüştür (9).

USG günümüzde KTS tanısında destekleyici yöntem olarak kullanılmakta ve literatürde yapılan çalışmalar sonucunda duyarlılığı %57-97.9, özgüllüğü ise %51-100 gibi geniş bir aralıkta değişmektedir (13,14,20,21,22,23). USG dokuların morfolojik bulgularını yansıtmakla birlikte Ultrasonografik Elastografi (UE) kullanılarak dokuların yapısal özellikleri de değerlendirilebilir. Dokunun elastisitesi dış kuvvetler karşısında kendi boyut ve şeklini koruyabilme özelliğidir. Yapılan çalışmalarda UE ile periferik sinirlerin bu özelliği değerlendirilmiştir (24). Ayrıca KTS'li olgularda MS ve KT içeriğinin elastisitesi hesaplanmış ve bulguların KTS tanısındaki değeri araştırılmıştır (24,25,26,27,). USG ve UE'nin KTS olgularında kullanılan tedaviye cevabını değerlendirmedeki önemini araştıran çalışmalar da mevcuttur (27).

Bu bilgiler ışığında çalışmamızın amacını kısaca özetlersek: KTS'li olgularda gri skala Ultrasonografik incelemede yapılan, median sinir alan ölçümünün ve median sinirin iki seviyesi arasındaki alan farkının KTS tanısındaki ve tedaviye cevabın değerlendirilmesindeki etkinliğini araştırmayı ve bulguları literatür eşliğinde tartışmayı planladık. Bunun yanısıra literatür gözden geçirildiğinde daha önce hiç yapılmadığı görülen intrakarpal alan ölçümü yaparak KTS tanısında sağladığı katkıyı araştırmak istedik. Ayrıca son zamanlarda her alanda uygulanmaya başlanan nispeten daha yeni bir inceleme yöntemi olan ultrasonografik elastografinin KTS tanısındaki ve tedaviye cevabın değerlendirilmesindeki katkısını araştırmayı amaç edindik.

2. GENEL BİLGİLER

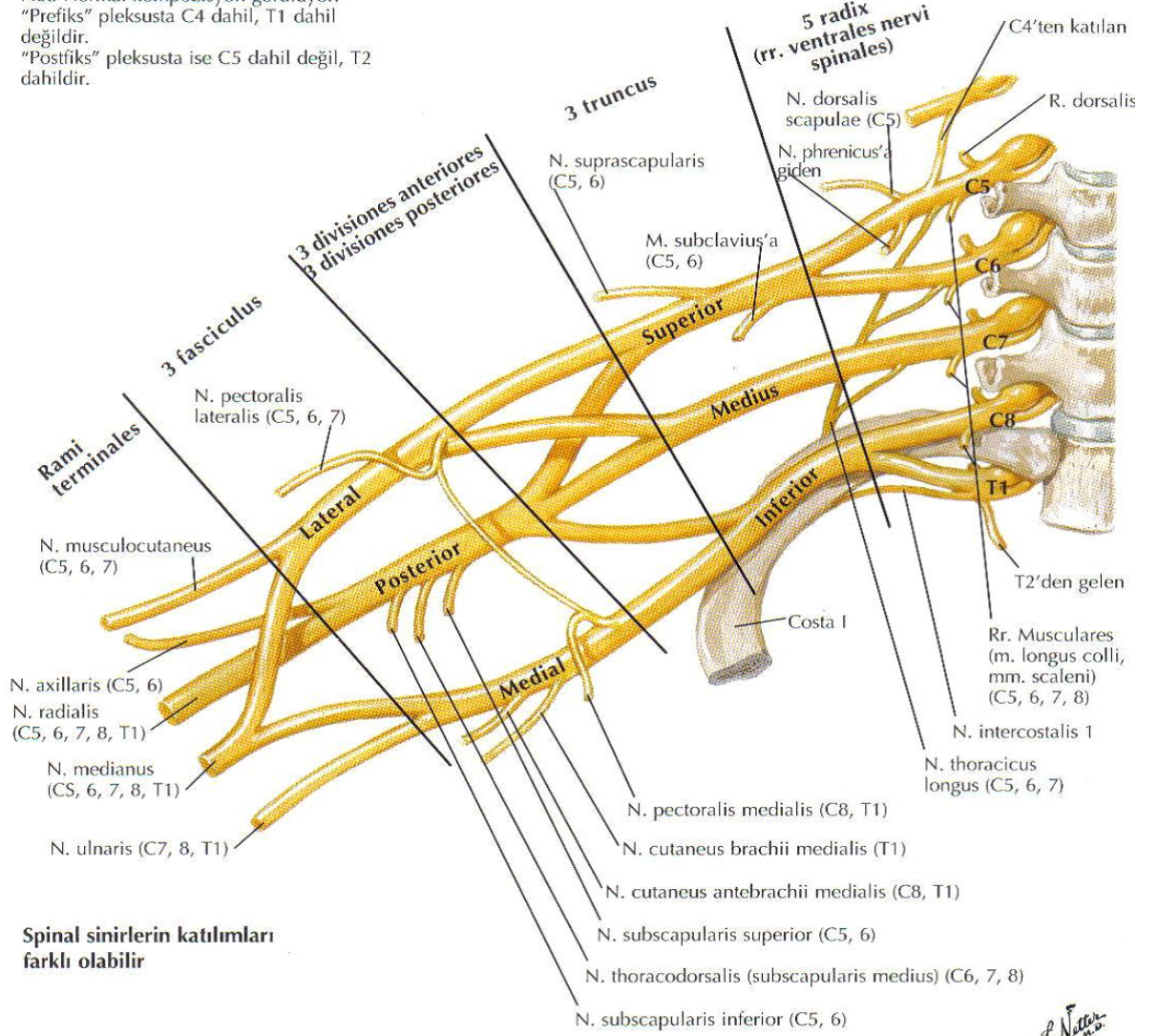
Karpal Tünel Sendromu (KTS), MS'nin en sık rastlanan patolojisi olup, sinirin karpal tünelde sıkışmasına bağlı oluşur (1,2,3). Pierre Marie ve Foix, 1913'te MS basısının fleksor retinakulumun altında sıkışmaya bağlı olduğunu bulan ve tanıtan kişilerdir.

2.1. Anatomi

Brakiyal pleksusun (C5-T1) medial ve lateral fasiküllerinden gelen kökleri aksiller arterin önünde birleşerek MS'ni oluşturur. MS brakiyal pleksusun bütün segmentlerinden fasikül alır. Vasküler yapılar ile birlikte sulkus bisipitalis medialiste seyreder ve dirsek eklemi düzeyinde brakiyal arterin medialine doğru geçer (Resim 1).

MS brakiyal arterin medialinde uzanır ve bisipital kas aponevrozunun (*lacertus fibrosus*) altından geçerek periferik doğru ilerler. *Lacertus fibrosus*'un altında median sinirden önkol kaslarını (*m. pronator teres*, *m. flexor carpi radialis*, *m. palmaris longus*, *m. flexor digitorum superficialis*) innerve eden dallar ayrılır. MS dirsekte pronator teres kasının distalinde *N. interosseus anterior* dalmı verir (28) (Resim 2).

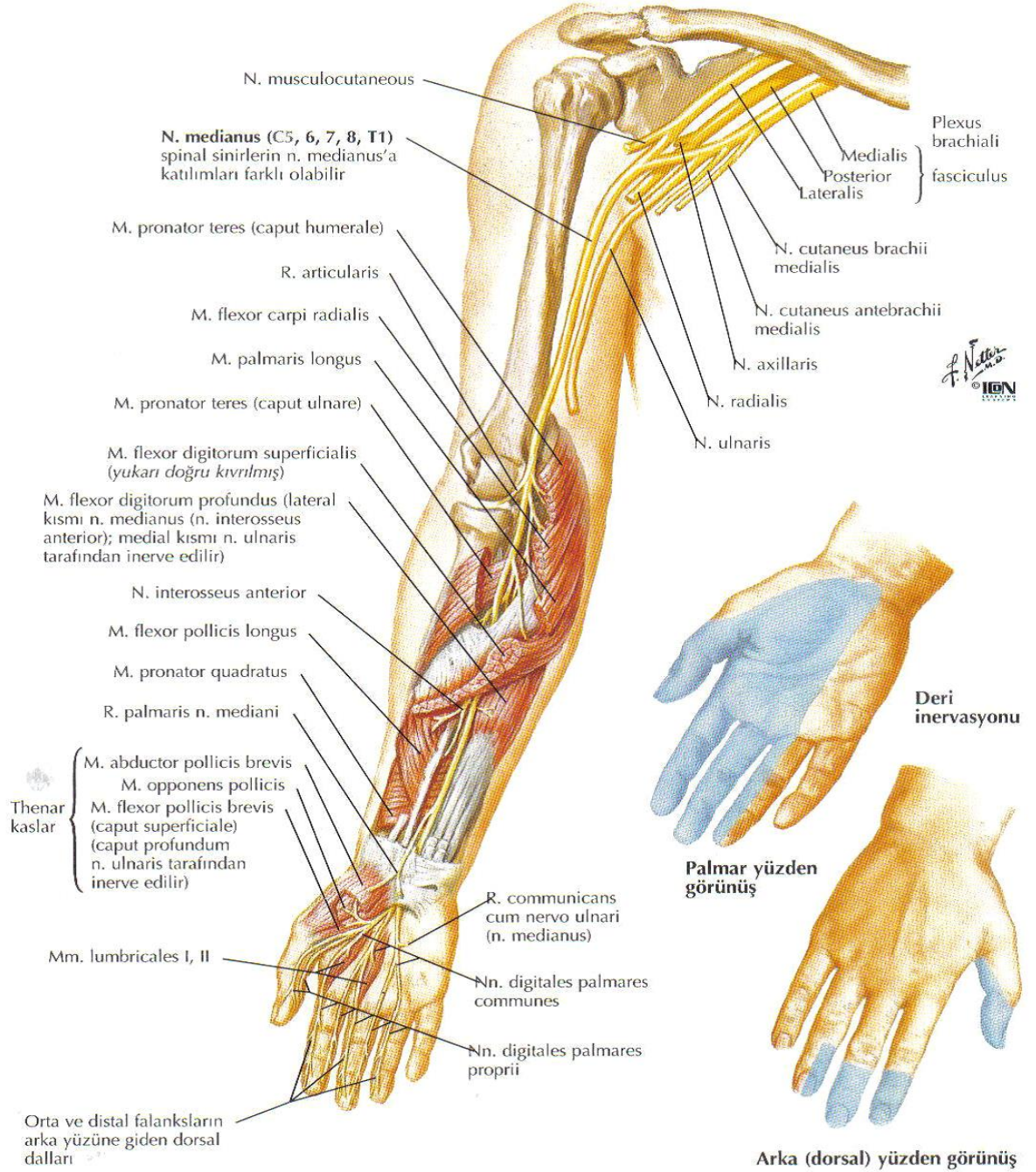
Not: Normal kompozisyon görülüyor.
 "Prefiks" pleksusta C4 dahil, T1 dahil değildir.
 "Postfiks" pleksusta ise C5 dahil değil, T2 dahildir.



Resim 1. Brakiyal pleksusun anatomisi (28).

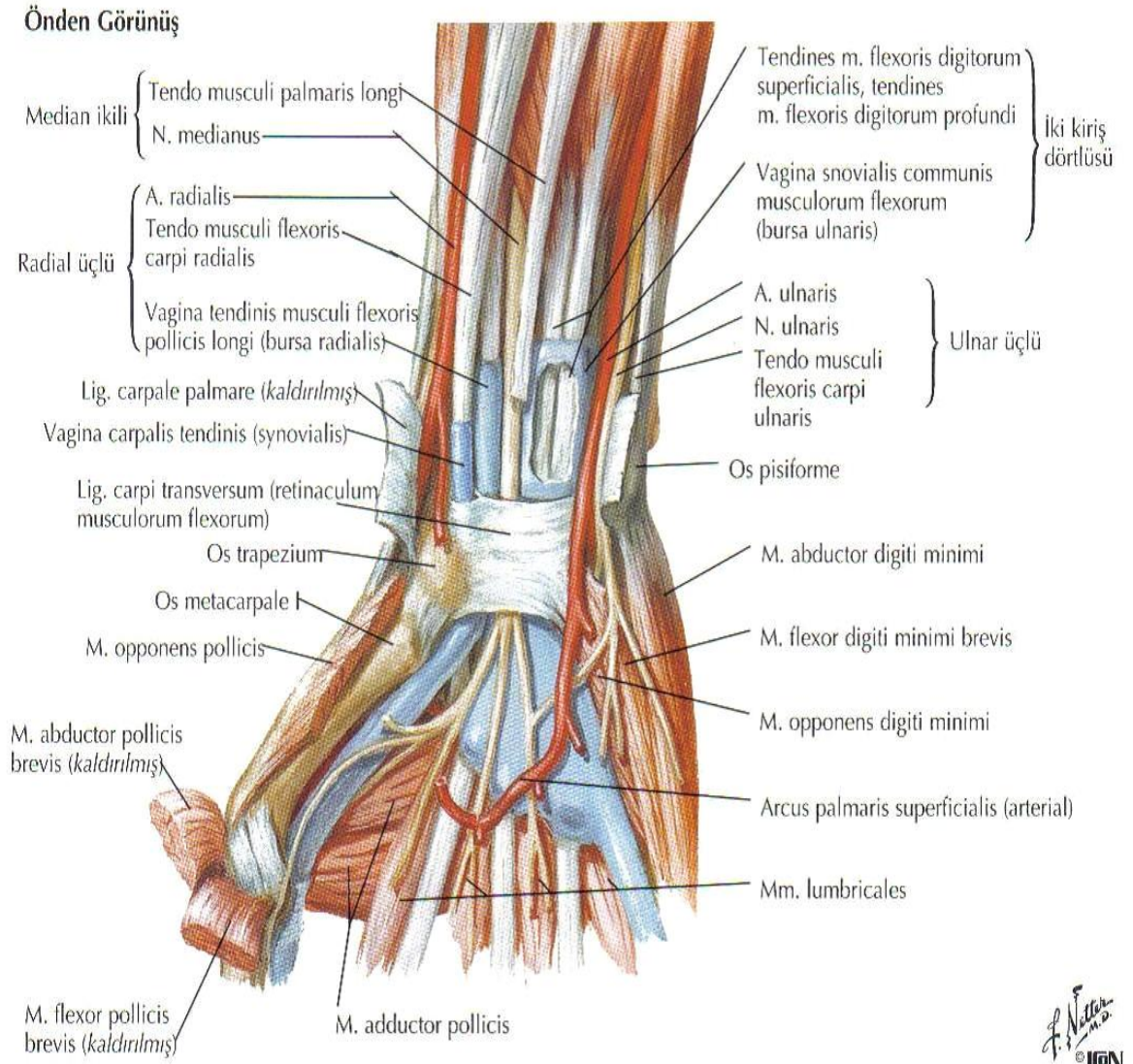
Önden görünüş

Not: Sadece n. medianus tarafından inerve edilen kaslar gösterilmiştir



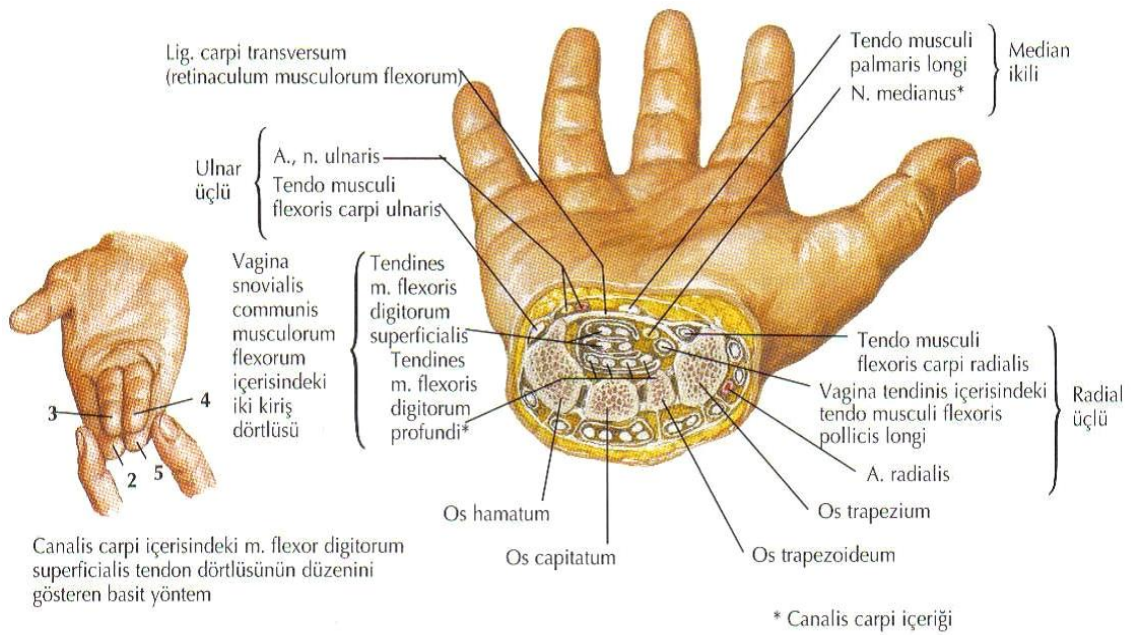
Resim 2. Median sinir ve dallarının anatomisi (28).

Sinir proksimalde derin ve yüzeysel parmak fleksörleri arasından yüzeye çıkar. El bileği düzeyinde KT içinden geçerek periferik dallarına ayrılır. *Flexor carpi radialis* tendonunun ulnar tarafında hemen fasyanın altında seyrederek. Sinirin altında superfisiyal parmak kaslarının işaret parmağına giden tendonu bulunur. Bu tendonun ulnar tarafında da *palmaris longus* kasının tendonu uzanır (Resim 3).



Resim 3. El bileği düzeyinde palmar yüzeyden tendon ve sinirlerin görünümü (28).

KT'nin sınırı proksimalde el bileğindeki fleksiyon çizgisinden başlar ve distalde 3. metakarpın proksimalinde sonlanır. Karpal tünelin lateral, medial ve alt duvarlarını karpal kemikler, üst duvarını ise fleksor retinakulum yapar. Fleksor retinakulum ulnar tarafta hamat kemiğin çengeli ve pisiform kemik ile, radial tarafta da skafoid ve trapezium kemikleri arasında uzanır. Fleksor retinakulum proksimalde önkolun derin fasyası, el bileğinin üstünde transvers karpal ligaman ve daha distalde tenar ve hipotenar kasların arasındaki aponevrozdan oluşmuştur. Tünelin kemik duvarları ise karpal kemikler ve onları çevreleyen eklem kapsülü tarafından oluşturulur. Karpal tünelin proksimal ve distal uçları açıktır. İçinden median sinirle birlikte fleksor pollicis longus ve 2–5. parmakların yüzeysel ve derin tendonları olmak üzere toplam dokuz tendon geçer (29).



Resim 4. Karpal tünelin anatomik görünümü (28).

KT'nin enine kesitlerinde çapı distale doğru değişir ve en dar yeri proksimal girişten 2–2,5 cm distaldedir. Burası karpal tünelin orta bölümüdür (30,31). Bu düzeyde karpal kemikler ince fakat oluk derin, fleksor retinakulum da oldukça kalındır. MS'nin tendonlarla oluşan ilişkisi de proksimalden distale doğru değişir. Fakat sinir her zaman radial taraftan distale doğru uzanır.

KT'nin patolojik daralmaları dışında sinirin durumu el hareketleri ile değişir. El bileği fleksiyonunda ve ekstansiyonunda kanalın çapı değişir ve buna bağlı tünel içi basınç artar. Ekstansiyonda nötral pozisyona göre basınç üç kat daha fazladır. Tünel içi basınç ayrıca tüneli oluşturan fleksor retinakulumun kalınlaşmasında, yer kaplayan lezyonlarda ve şekil değişikliklerinde de artar (32).

MS tüneli terk ettikten sonra palmar aponevrozun orta katmanlarına girerek tenar dallarını tünelin çıkışında verir. Çoğu kez fleksor retinakulumu delerek radyale çıkar. *Abduktor pollicis brevis* kasını, *opponens* kasını ve *fleksor pollicis brevis* kasının yüzeysel başını innerve eden rekürren motor dalını verir.

MS'nin son dalları I, II ve III. digital palmar dallardır. Bu dallar yani, *Digitales palmaris proprii* sinirleri başparmak, işaret parmağı, orta parmak ve yüzük parmağının yarısını innerve eder. Bu sinirler ikinciden dördüncüye kadar olan parmakların orta ve son falanksların ekstensör yüzleri üzerindeki deriyi de innerve ederler. I. ve II. *digitales palmaris communis* sinirleri, birinci ve ikinci lumbrikal kaslara motor dallar da gönderir.

MS brakial arter ve dalları tarafından beslenir. Sinir önkol düzeyinde anterior interosseal arterden çıkan median arter tarafından vaskularizasyonu yapılır. Median arter siniri besleyen tek damardır. Literatürde olguların yaklaşık % 1'inde MS ile birlikte KT'ye girer ve *arcus palmaris superficialis* 'e katılır. Bu olgularda radial arter atrofiye uğrar ve ince bir dal olarak uzanır.

MS yoluna sensoriyel bir dal olarak devam eder. Dirsek sinovyasına, el bileğine, ulnanın ve radiusun kemik ve periostuna, metakarpal ve falangeal kemiklere dal verir.

KT'si yapısal olarak dar olan kişilerde klinik belirtilerin ortaya çıkmasına yatkınlık oluşur. Tünelin çapı kesitsel görüntüleme yöntemleri ile ölçülebilir.

Elini kullanarak çalışan ve klinik belirtileri olan insanlarda tünelin kesitsel alanı $1.75 \pm 0.21 \text{cm}^2$ iken, şikayeti olmayan kontrollerde $2.53 \pm 0.15 \text{cm}^2$ olarak bulunmuştur. El bileği çevresinin ölçümü ile tünelin çapı belirlenemez (32).

2.2. Fokal Periferik Nöropatiler

İlk defa sinirlerin kompresyonu sonrasında ortaya çıkan motor, vasomotor ve duysal değişiklikleri 1862 yılında Waller kendi kolu üzerinde denemiş ve tanımlamıştır (33).

Periferik sinirlerin fokal tuzaklanması sebepleri çok değişik nedenlere bağlı olabilir. Bunlara örnek olarak tekrarlayan travmalar, aşırı kullanım ve siniri etkileyen diğer etyolojiler ile ilgili kompartmanda sinirin tuzaklanması gösterilebilir. Tuzak nöropatiler etkilenen periferik sinirlerin distal kısımlarında ortaya çıkar (34). Fokal periferik sinir lezyonları sinir üzerindeki hasara bağlı gelişen patolojik süreçler sonunda belirti verir. Sinirin tuzaklanması sonucunda gelişen Wallerian dejenerasyon; değişik derecelerde aksonal kayıp ve miyelin hasarı gibi patolojik süreçler gösterebilir. Bu süreçler elektrodiagnostik değerlendirme sırasında tipik elektrofizyolojik bulgulara neden olur (34).

Tuzak nöropatileri yavaş gelişen kronik hastalıklardır. Uzun süreli bası altında kalan büyük çaplı liflerde sinirin tüm elementlerini etkileyen yapısal değişiklikler oluşur. İlk oluşan değişiklik miyelin kılıfında gelişen asimetridir ki, bunun da nedeni nodlarda miyelinin gerilmesi sonucu oluşur. Böylelikle paranodal segmenterde demiyelinizasyon gelişir. Basının devam etmesi durumunda ikinci adım olan akson tutulumu eklenir. Mekanik etki, bası altında kalan liflere farklı yansır. Bu periferik sinirlerin karmaşık fasiküler yapıları nedeniyledir. Bunları rejenerasyon ve remiyelinizasyon izler. Tuzak nöropatileri gibi kronik olaylarda, akson transportu ile peri ve endonöral bağ dokularındaki değişimler patolojik süreci negatif yönde etkiler (35).

2.3. Karpal Tünel Sendromu

Karpal Tünel Sendromu (KTS), MS'nin KT'den geçerken oluşan basılara bağlı gelişir. KTS, MS tuzak nöropatilerinin en sık görülenidir (36,37). Bunun yanısıra en iyi bilinen, en çok çalışılan ve tedavisi en başarılı olan tuzak nöropatisidir (2).

İlk defa Paget tarafından 1854 yılında distal radius fraktürü olan bir hastada tanımlanmıştır (38). 1913 yılında Marie ve Foix uzun süreli MS basısının bulgularını tariflemişler. Moersh, 1938 yılında ilk tanımlamalarını yapmış ve KTS ismini vermiştir. Bu sendromun tanınmasında ve tedavi metodlarının tespitinde Phalen'de 1950'den itibaren yayınladığı bir seri makalelerle önemli rol oynamıştır (39). KTS tanı ve tedavisi 20. yüzyılın 2. yarısından sonra daha yaygın olmaya başlamıştır.

KTS genellikle kadınlarda daha fazla görülen , semptomların geceleri olduğu, el bileğinden proksimale veya distale yayılan parestezi, ağrı veya yanma ile karakterize, tenar kaslarda güçsüzlük ve atrofi oluşturabilen, daha fazla bilateral olarak görülen klinik tablodur.

2.3.1. Epidemiyoloji

Literatürde var olan çalışmalarda genel popülasyonun %0.1-0.5'inde KTS görüldüğü bildirilmiştir (40,41,42). Papanicolaou ve arkadaşları 2001 yılındaki prevalans çalışmasında bu oranın %3.72 olduğunu belirtmişlerdir (43). KTS, en sık üçüncü ve beşinci dekadlar arasında ve kadınlarda erkeklere göre 3 kat daha fazla görülür (40). Dominant el daha erken dönemlerde tutulur.

2.3.2. Etyopatogenez

En sık rastlanan KTS şekli etyolojik etkenin ortaya konulmadığı idiyomatik KTS'dir. İdiyomatik KTS'de fleksor retinakulumda olası inflamasyon varlığı açısından yapılan araştırmalarda: Schuind ve arkadaşları KTS tanılı hastalarda retinakulumdan

biyopsi almış ve histolojik olarak herhangi bir inflamasyon bulgusu saptayamamışlardır. Olgularının tamamında var olan sinovyal fibröz hipertrofiyi, tekrarlayan mekanik streslere karşı konnektif dokunun yanıtı olarak değerlendirmişlerdir (44).

Kerr ve arkadaşları daha geniş hasta grubuyla yaptığı çalışmada histopatolojik incelemeler sonucunda idiopatik KTS etiyolojisinde tenosinovitin olaydan sorumlu olmadığını kanısına varmış ve patoloji sonuçları % 96 inflamasyonsuz benign fibröz doku, % 4 kronik inflamasyon ve % 0.2 akut inflamasyonla uyumlu olarak bulunmuştur (45).

KTS etiyolojisini aşağıdaki gibi sınıflaya biliriz:

1. Karpal tünel içinde kitle etkisine bağlı tüneli daraltan nedenler :

- Romatoid artrit
- Ganglion kisti
- Kemik çıkıntıları
- Osteofitler, eski bilek kanalı kırıklarına bağlı değişmeler
- Gut tofusu, lipom, vasküler anomali
- Kas ve tendon anomalileri
- Konjenital karpal ligaman darlığı

2. Basiya yatkınlık oluşturan nedenler:

- Diyabetes mellitus
- Hipotiroidizm / hipertiroidizm
- Akromegali

- Amiloidoz
- Multiple miyelom
- Kronik renal yetmezlik
- Mukopolisakkaridoz ve mukolipidoz
- Familial Karpal Tünel Sendromu
- Gebelik

3. Polinöropatilerle beraber KTS:

- Diyabetes mellitus
- Diğer polinöropatiler
- Herediter kompresif nöropati
- Elin günlük olarak aşırı kullanımı
- Enfeksiyonlar
- İdiopatik

Travmaya bağlı el bileği fraktürleri nedeniyle KTS acil ve akut bir durum olarak karşımıza çıkabilir.

2.3.3. Semptomatoloji

KTS'de birçok hastada duyu bozuklukları erken ve önde gelen bir bulgu olmakla beraber bazı olgularda motor tutulum ön plana geçebilir. En önemli ve genellikle ilk belirtiler geceleri meydana gelen parestezi ve ağrılardır. “Brakiyaljia parestetika noktürna” denilen bu noktürnal ağrı başlangıçta tek subjektif belirti olarak karşımıza çıkar. Gece uykudan uyandıracak kadar şiddetli olan ağrı ve pareteziler ön

kol ve omuza kadar da yayılabilir (46). Hastalar bu durumda yataktan kalkıp ellerini sallamak ve ovalamakla kısa bir süre ağrıyı hafifletmeye çalışırlar.

Yapılan çalışmalarda geceleri olan bu bulgular, elin fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri ile ağrı ve paretezilerin kaybolması veya hafiflemesi %93 oranında tanıya yardımcı bulunmuştur (47).

Bulguların geceleri artmasının nedeni tam olarak bilinmemekle birlikte, gece ellerin uzun süre fleksiyonda kalması sonucunda KT'de bası artışı tetikleyici faktör olabilir. Fleksiyon pozisyonunda KT içinde ve civarında venöz staz artar, bunlar MS'nin geceleri sıkışmasının en önemli nedenlerindedir (47). Mevsimsel olarak hastalığın klinik seyirinde hastaların yazın rahatladığı, kışın ise yakınmalarının arttığı gözlenir. Bu dönem yıllar sürebilir (35). KTS ilerledikçe klinik bulgular yani parestezi ve ağrılar gündüzleri de olmaya başlar. Bilekte ekstansiyon ve fleksiyona yol açan uğraşlar ve meslekler paretezileri artırır. Bileğin fleksiyon halinde kalması, median sinirin fleksor retinakulumuna yaklaşmasına ve üzerindeki basının artmasına yol açtığı için, klinik yakınmalar artar ve daha sonra duysal yakınmalar objektif duysal bozukluklara dönüşür. Duyusal bozukluklar olarak el parmaklarında özellikle de 2. ve 3. parmakta belirgin olan zımpara kağıdı gibi duyum veya eldiven giymiş gibi dizestetik yakınmalar ortaya çıkar. Bu durum karpal tünel içinden geçerken duysal liflerin demiyelinizasyonuna bağlıdır. İlerleyen dönemlerde tenar kaslarda güçsüzlük ve atrofi gelir. Bu bulgulara ek olarak tenar bölgede çökme meydana gelir. Başparmakta abduksiyon ve oppozisyon yapılamaz ve çoğu kez parmak uçlarında belirgin olmak üzere ilk üç buçuk parmakta görülen hipoestezi oluşur. Tafiflenen bu bulgular ileri dönem hastalığı tanımlar ve bilekteki fokal demiyelinizasyonla birlikte, distalde motor ve duysal liflerde de aksonal dejenerasyon geliştiği varsayılır (3).

2.3.4. Tanı

KTS'de tanı; anamnez, klinik semptomlar, fizik muayene bulguları ile bu bulguların elektronörofizyolojik olarak desteklenmesine dayanır. Elektronörofizyolojik testler KTS tanısını koyma, sinir sıkışma seviyesini ve sinir basısının ciddiyetini belirlemede yararlı olur. Bunun yanı sıra %10–15 oranında yanlış negatif sonuç

verebilir. Bu nedenle elektromiyografi (EMG) ve sinir ileti incelemesi normal olan semptomatik olgularda radyolojik görüntüleme metodlarının da güçlü bir tamamlayıcı rolü vardır (2,48).

2.3.4.1. Hikaye

El, önkol ve kolda ağrı, elde parestezi, güçsüzlük, renk değişikliği, şişlik ve deride kuruluk olması ve bu semptomların MS'nin inerve ettiği alana uyması KTS'yi düşündürmelidir. Tekrarlayıcı hareketler sonrasında olan ağrı, paresteziler ve geceleri uyku sırasında bu şikayetlerin artması pozitif kabul edilmesi gereken bulgulardır. Elleri sallamakla (flick sign-sallama belirtisi) semptomlarda rahatlama görülür.

2.3.4.2. Fizik Muayene

Fizik muayenede MS dağılımına uyan bölgede hipoestezi, tenar kaslarda zayıflık veya atrofi ve ilk üç parmakta kuru cilt gibi bulgular pozitif bulgulardır. Fizik muayinenin normal olması tanıyı ekarte etmez. Bazı provokatif testlerle semptomlar ortaya çıkarılabilir. Provokatif testler intrakarpal tünel basıncını arttırarak MS dağılımına uyan parestezi, ağrı, uyuşukluk gibi semptomları ortaya çıkarmaya yöneliktir. Provokatif testlerin pozitifliği anlamlı olarak kabul edilir (49).

2.3.4.3. Özel Testler

Tinel Belirtisi:

El bileği düzeyinde KT'de uzanan MS üzerine hafif bir perküsyon yapılması sinirin inerve ettiği duyu alanında hiperestezi ve elektriklenme hissi yaratabilir. KTS'li olguların % 45'inde pozitif bulunmuştur. Bu test KTS için % 50 oranında sensitif, % 77 oranında spesifik bir testtir (49).

Phalen Testi (El bileği fleksiyon testi):

Bu test zamanı bilek fleksiyona getirilir ve 30–60 saniye süre boyunca fleksiyon halinde tutulur. “Ters Phalen testi” olarak bilinen test zamanı ise (el bileği

ekstansiyon testi) el bileği ekstansiyonda aynı süre tutulur. Her iki pozisyonda pareteziler ve ağrı ortaya çıkar veya mevcut parestezi artar. KTS'de Phalen testi ile % 80 oranında pozitif yanıt elde edildiği bildirilmiştir. Phalen testi, KTS tanısı için % 68 oranında sensitif, % 73 oranında spesifik bir testtir (49).

Karpal Kompresyon Testi (Durkan's):

Muayene eden kişi iki parmağı ile bilekte MS üzerine bastırır veya bunun için bir lastik bastırıcı kullanılabilir. MS alanında uyuşma, parestezi ve ağrı meydana gelmesi KTS tanısı açısından anlamlı kabul edilir. KTS tanısında % 64 oranında sensitif, % 83 oranında spesifik bir testtir (49).

Gerilmiş median sinir stres testi:

Test MS'de maksimum gerilme sağlayarak, lokal nöroiskemiye akselere eder. Kronik KTS, median sinirin fleksor tendonlara tutunması, psödonöroma varlığı gibi durumlarda bağlanmış olan median sinirin gerilmesi mantığına dayanır. Muayene eden kişi önkol supinasyon durumundayken ikinci parmağı distal ucundan tutarak hiperekstansiyona getirir. Kronik KTS'de semptomlar önkol proksimaline yayılır (49).

2.3.4.4. Duyu ve Motor Testleri

Vibrasyon: Diyapazon (256 cps) etkilenen tarafta ve karşı tarafta 1–3. parmak pulpasına uygulanır. Karşılaştırılan taraflar arasında hasta fark hissediyorsa test pozitif demektir (49).

İki nokta ayırımı: Hastanın cilt rengi soluklaşana kadar sivri uçlu aletle parmak pulpasına dokunulur, 5 mm'nin üzerindeki mesafelerde ayırım yapılması patolojik olarak yorumlanır (49).

Tenar güçsüzlük: Tenar kaslar MS tarafından uyarılır. Motor liflerdeki etkilenme bu kaslarda güçsüzlüğe neden olur. *M. abduktor pollisis brevis* kuvveti Oxford derecelendirmesine göre 5'in altında ise test pozitif olarak kabul edilir (32).

Tenar atrofi: MS'in etkilenmesi sonucunda tenar kaslarda atrofi gelişebilir. *M. abduktor pollicis brevis* inspeksiyonu sırasında kas hacminde kayıp gözlenir (32).

2.3.4.5. Elektronörofizyolojik Tanı

Elektronörofizyolojik inceleme, KTS'de en önemli tanı yöntemidir. KTS varlığını destekleme için MS motor sinir iletimi ve duysal sinir iletimi çalışmaları yapılır.

Motor sinir ileti incelemesinde amaç incelenecek motor veya mikst sinirin en hızlı ileten motor liflerinin ileti hızını ölçmek ve hedef kasa giden motor liflerin ne kadarının fonksiyon gördüğünü yaklaşık olarak belirlemektir. Bunun için kas üzerine kayıt elektrodu yerleştirilip kası innerve eden motor sinir yeterli şiddette elektrikle uyararak kastan aksiyon potansiyeli alınır ve kaydedilir. Bu potansiyele birleşik kas aksiyon potansiyeli (BKAP) adı verilir. İncelemeler tenar kas grubundan yapılır. Median sinir motor distal latansının (mMDL) uzaması önemli tanı kriterlerindedir. Ancak duysal iletide daha önce değişiklik meydana geldiğinden, elektronörofizyolojik incelemede duysal ileti anormallikleri daha önce saptanır.

Distal (terminal) Latans: Elektrik uyarımının verildiği andan potansiyelin başlangıcına kadar geçen süredir. Birimi milisaniyedir (msn).

Sinir İletim Hızı (*Nevre Conduction Velocity*, NCV): İki farklı uyarı yeri arası mesafenin, elektrik akımının bu mesafeyi geçme süresine bölünmesiyle elde edilir. $NCV = \text{Mesafe (m)} / \text{Zaman (sn)}$

Duysal ileti çalışmaları, KTS'de tanı koyduran en hassas elektronörofizyolojik yöntemdir. Duysal sinir ileti incelemelerinde amaç, incelenecek duysal veya mikst sinirin en hızlı ileten duysal liflerinin ileti hızını ölçmek ve hedef deri bölgesine giden duysal liflerin bütünlüğünün tamamen veya kısmen korunup korunmadığını anlamaktır. Duysal sinir aksiyon potansiyeli (DSAP) duysal sinir liflerinden kalın miyelinli hızlı iletenlerin aksiyon potansiyellerinin toplamını yansıtır. Ortodromik (distalden duysal reseptörlerden uyarıp proksimalden kaydetmek) veya antidromik (proksimalden uyarıp

duysal reseptörlerden kaydetmek) olarak kayıtlama yapılabilir. DSAP'ın parametreleri amplitüd, süre, ileti hızı ve distal latansdır (50).

2.3.4.6. Radyolojik yöntemler

Direkt grafi:

X ışını kullanılarak gerçekleştirilen incelemeler olup KT'yi oluşturan kemik yapılar ve kemik yapılar ile ilgili olan patolojileri değerlendirmek için kullanılabilir. Ancak MS ve yumuşak dokular hakkında detaylı bilgi sağlamaz.

Bilgisayarlı tomografi:

X ışını kullanılarak yapılan kesitsel görüntüleme yöntemi olup, karpal kemiklerin anatomisini yüksek çözünürlükle görüntüleme olanağı sağlar. Multi-planar görüntüleme olanağı nedeniyle travmalara bağlı fraktürleri ve diğer patolojileri saptamada hassasiyeti yüksektir. Ancak sinir ve yumuşak dokuları değerlendirmede rolü kısıtlıdır.

Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) :

MRG incelemesinin yumuşak dokuları gösterebilmedeki yüksek başarısı nedeniyle kas iskelet sistemi hastalıklarının ve yumuşak dokuların değerlendirilmesinde en sık tercih edilen yöntemdir. MRG yüksek kontrast rezolusyonu ve multi-planar kesitsel inceleme gücü ile lezyonların saptanmasında ve karakterize edilmesinde önemli rol oynar. MRG ile KT'nin sınırlarını, boyutlarını, retinakulumların yapışma yerlerini, MS'deki ödemi yüksek doğruluk ile saptamak mümkündür. MS'yi etkileyebilen intrinsik faktörlerin yanısıra MS'ye bası yaparak KTS'ye neden olabilecek yer kaplayıcı lezyonlar veya anatomik varyasyonlar gibi diğer durumları da belirleyerek etyolojik ayrımın sağlanmasında büyük rol oynar. Ancak incelemenin uzun sürmesi ve hareket artefaktlarına duyarlı olması dezavantajlarındandır. MRG'in güçlü manyetik alanı nedeniyle kontraendike olduğu hasta grupları ve kloströfobik hastalar için kullanılamaması da göz önünde bulundurulmalıdır.

Ultrasonografi (USG):

Ultrasonografi, yüksek frekanslı dalgalar oluşturan ve incelenen dokulardan yansıyan ekoları algılayarak transdüserler aracılığı ile görüntü elde edilen bir tanı yöntemidir . Her yerde bulunabilen, kolay uygulanabilen, ucuz, radyasyon içermeyen bir tetkiktir. USG'nin diğer avantajları tekrarlanabilir ve hasta başında uygulanabilir olmasıdır. Günümüzde 7-15 MHz'lik yüksek rezolüsyonlu probaların kullanılması ile yüzeysel dokularda çözünürlük anlamlı derecede artmıştır. Bu nedenle USG birçok kas iskelet sistemi patolojilerinde hızlı ve güvenilir tanı sağlar. USG tanının yanı sıra hastalığın tedavi sonucu ve olası komplikasyonlarının takibinde de önemli rol oynar.

USG yüzeysel dokular içinde periferik sinirleri görüntülemekte oldukça başarılı bir tetkiktir. Periferik sinir gövdesini en dıştan saran sinir kılıfı ve gövde içerisinde olan nöral fasikülleri de ile incelenebilir. Sinir kılıfları hiperekojen çizgiler şeklinde izlenirken sinir lifleri ise bu çizgiler içerisinde yerleşen hipoekoik alanlar şeklinde görülürler. Longitudünel kesitlerde iki kalın ekojen çizgi içerisinde yer alan daha ince ekojenik çizgiler halinde görülen periferik sinirler transvers kesitlerde adeta balpeteğini andıran, hiperekojenik çizgilerle çevrili yuvarlak hipoekoik alanlar şeklindeki retiküler görünüme neden olur (51).

MS'nin ekojenitesi komşu kas planlarından biraz yüksek tendon yapılarından ise biraz daha düşüktür. Sinir basıya uğramışsa meydana gelen intranöronal ödem nedeniyle öncelikle gövde içindeki ekojenik çizgilenmeler kaybolur ve çapı artmış tümüyle hipoekoik yapıda bir sinir segmenti izlenir. Aksiyel planda ise retiküler patern kaybolur ve sinir ekojenitesinde belirgin azalma izlenir.

USG incelemesinde KTS vakalarında aksiyel planda transvers karpal ligaman ile fleksor tendonlar arasında sıkışan median sinir elips şeklini kaybederek yassılaştır, sagittal kesitlerde ise diffüz incelmeye yada lokalize konstriksiyon izlenir. MS'nin KT girişi ile radiokarpal eklem düzeyinden ölçülen boyutları karşılaştırıldığında oluşan ödem nedeni ile tünel girişinde sinir çapında ve kesitsel alanında artış izlenmektedir. Normal kişilerde ise iki düzey arasında sinir boyutlarında belirgin değişiklik saptanmaz.

Ayrıca USG ile MS'de basıya bağlı KTS'ye neden olabilecek anatomik varyasyonlar (persistan median arter), yer kaplayıcı lezyonlar (ganglion kisti, nöroma), tenosinovit gibi spesifik nedenler saptanabilir ve tedavi planlamasında önemli katkı sağlar (52).

Ultrasonografik Elastografi (UE):

Elastografi en son gelişen USG tekniklerindedir. UE tekniklerindeki temel prensip dokuya uygulanan bir dış kuvvet ile birlikte dokuda yerdeğişimi ve deformasyon oluşturma sonrası dokunun bu kuvvete verdiği yanıtın ve dokunun çevresinde oluşan değişikliklerin ölçülmesidir. UE teknikleri, basıncın uygulanma biçimine, dokudaki yer değiştirme özelliklerine ve görüntü oluşturma yöntemine göre farklılıklar göstermektedir (53). UE'nin literatürde sıklıkla kullanılan kavramları 'Stiffness', 'Strain', 'Shear Wave (SW)', 'Acoustic Radiation Force Impulse Imaging (ARFI)' ve 'Transient Elastografi (TE)'dir. Bu kavramların her birinin anlamına ayrıca bakacak olursak:

'Stiffness' bir dokunun dışarıdan uygulanan kuvvete karşı kendi şeklini koruyabilme gücünü ve doku sertliğini gösterir.

'Strain' bir dokunun aksiyal planda dışarıdan uygulanan kuvvet sonucunda oluşan hareketini gösterir ve Türkçede 'gerinim' olarak ifade edilebilir (54).

'Shear wave' kelimesi ve anlayışı için 'kayma dalgası' ifadesi kullanılabilir. Kayma dalgası dokunun akustik radyasyon kuvveti ile uyarılmasından sonra bu kuvvete dik planda dokunun laterale doğru hareket eden dalgalarıdır (55).

'Acoustic Radiation Force Impulse Imaging (ARFI)' akustik radyasyon kuvveti impulsu ile dokuları uyarıp ortaya çıkan kayma dalgalarının hızını ölçen bir tekniktir.

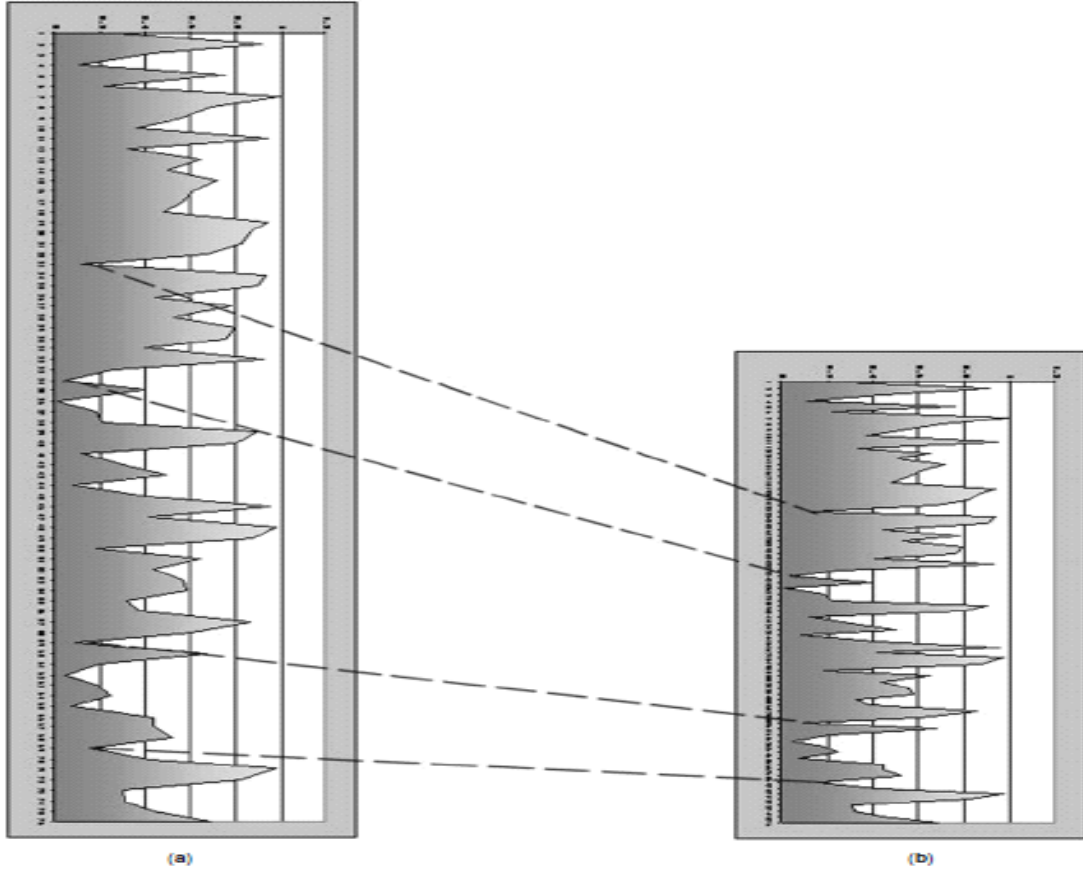
'Shear Wave Elastografi (SWE)' dokularda oluşan kayma dalgalarının hızını ölçerek dokuların elastitesini kantitatif olarak ortaya koyan bir yöntemdir.

'Transient Elastografi (TE)' ise daha çok karaciğer de kullanımı olan dokuları titreşimlerle uyararak oluşan kayma dalgalarının hızını ölçen bir tekniktir.

UE İngilizce literatürde varolan kavramları ile bilindiğinden dolayı çalışmamızın yazım aşamasında ‘Strain’, ‘ARFI’, ‘SWE’ ve ‘TE’ kavramlarını kullanıldık. Klinik uygulamada en sık olarak SE, SWE, TE ve ARFI elastografisi kullanılmaktadır (56). Bu yöntemlerden Strain Elastografi yarı statik, diğerleri ise dinamik yöntemlerdir (57).

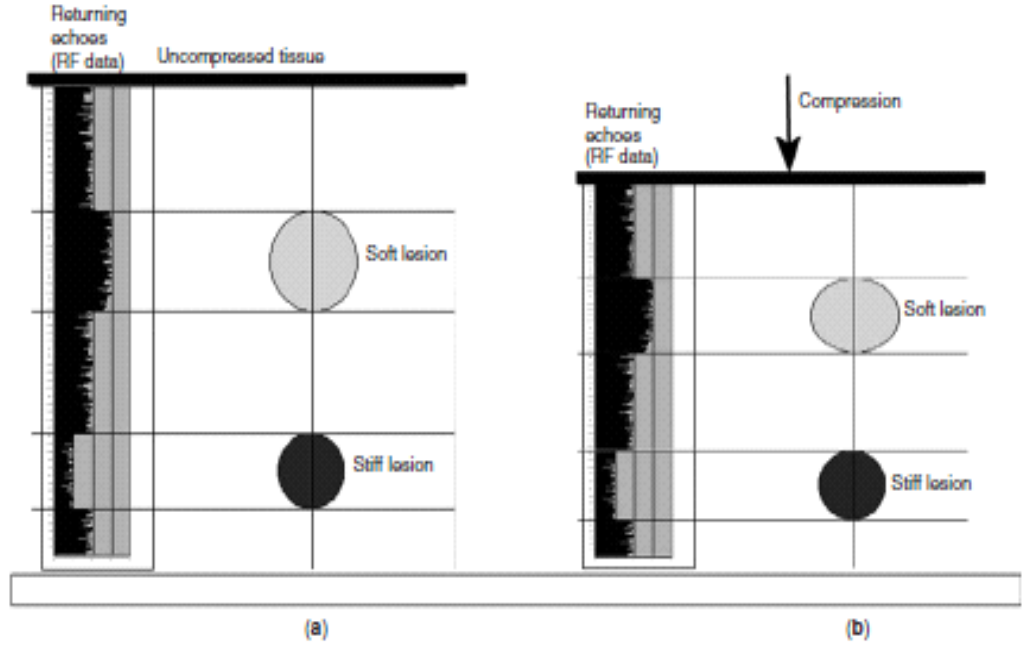
Strain (gerinim, kompresyon) Elastografi (SE):

En sık kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde ultrason probu ile incelenen dokuya ritmik hareketlerle kompresyon yapmak için kuvvet uygulanır ya da incelemede dokunun yeri uygunsa (tiroid gibi) damar atımı ve solunum gibi fizyolojik hareketler kullanılabilir. Uygulanılan kuvvet dokuda aksiyel yer değiştirmeye neden olur ve bu da bası öncesi ve sonrası oluşan ekolar karşılaştırılarak hesaplanır. Hooke kuralına göre geliştirilmiş Young’ın elastik modülü, doku sertlik ölçüm birimidir. Uygulanan basıncın ölçülen gerinime oranıdır ($E = \text{basınc} / \text{gerinim}$). Gerinim, kuvvetin neden olduğu boyut ya da şekil değişikliğidir. SE komşu dokularda esneklikteki farklılıkları saptamak için kompresyona bağlı deformatsiyondan önce ve deformatsiyon süresince ilgili doku bölgesinden dijitalleştirilmiş eko çizgilerindeki değişimleri kullanılmaktadır. Tek bir ses dalgasından geri dönen puls, yüksek frekanslı verilerin bir çizgisini vermekte ve bu ultrason verisindeki bilgilerin çoğu, gri tonlama görüntüsü üretmek için halihazırda kullanılmamaktadır. Eğer dönen eko veri çizgisi küçük segmentlere ayrılırsa, ki bunlara kerneller deniyor, çok küçük bir bölge veya doku derinlikleri için spesifik olan benzersiz dalga formlarını belirlemek olası olur. Dokular deforme olduğundan, bu kernellerin kendileri ile onlar arasındaki uzaklık boylarındaki değişimden daha fazla değişmeyecektir (Resim 5).



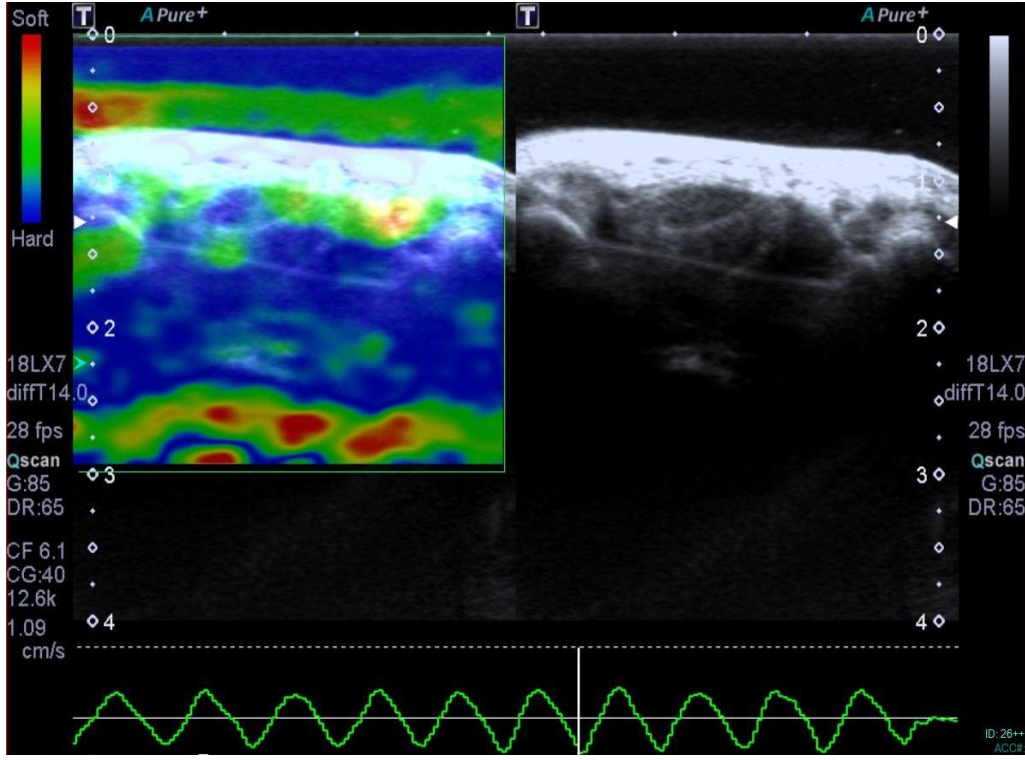
Resim 5. Dokulardan dönen ekoların kompresyonundan önce ve sonra şematik görünümü. Kompresyonundan önce (a) ve sonra (b) dokuların aynı küçük bölgesinden geri dönen eko verisinin kısa bir segmentteki etkisinin şematik bir görünümü.

Kerneller kendilerine has dalga formlarına sahip olduğu için, aynı dalga yolu veya ses yolunda kısa aralıklarla atılan iki darbe boyunca onlar belirlenebilmektedir. Dokuların deforme olmasından dolayı, mesafedeki değişim dokunun göreceli sertliğini belirlemek için kullanılabilir (Resim 6).



Resim 6. Kompresyon zamanı eko boyutlarındaki değişim. Kompresyon öncesi (a) ve sonrası (a) eko boylarındaki değişimi gösteren bir ekojen yumuşak lezyon ve daha az ekojen sert lezyonun şematik gösterimi.

Eğer bu dokuları sıkıştırmak için ne kadar kuvvetin kullanıldığı biliniirse, doku esnekliğinin mutlak bir ölçümü, kural olarak, hesaplanabilmektedir. Canlı organizmada kompresyon ile, dahil olan kuvvetleri tam olarak tahmin etmek için bu olası değildir; bu yüzden, komşu dokuların bir birine oranlanarak karşılaştırılmalı gerinim haritası üretilmektedir. SE ile bir dokudaki gerilim diğer dokudakine oranlanarak ekranda B-mod görüntünün yanında renk haritası, yani elastogram olarak gösterilir. Bu yöntemde elle uygulanan basınç farklılıkları, doku derinliği ve probun doğru uygulanımı gibi faktörler dokuda yer değiştirme oranlarında farklılıklara neden olmaktadır. Genellikle sert dokular; mavi, yumuşak dokular; kırmızı ve ara sertlikteki dokular; sarı/yeşil olarak kodlanır (Resim 7).



Resim 7. Strain elastografi uygulanarak elde olunan elastogram ve B mod görünümü.

Bu yöntemde elastisite ölçümü kalitatif ya da yarı kantitatifdir. Elde edilen gerinim haritası görsel olarak değerlendirilebileceği gibi yarı-kantitatif olarak incelenen alandaki gerinimin, referans alanına (yağ doku gibi) oranı değerlendirilebilir. Literatürde SE meme, prostat, karaciğer, pankreas, tiroid, serviks ve lenf nodlarında kanser alanını ve varlığını ortaya koymak için kullanılmıştır (58,59,60,61,62). Son zamanlarda kas iskelet sisteminde de kullanımı yaygınlaşmıştır (63).

UE'de KTS tanısında MS'nin ve etrafındaki dokunun elastisitesindeki değişiklikler anlamlı bulunmuştur (24,25,26).

2.3.5. Tedavi

KTS'de tedavi yöntemleri konservatif ve cerrahi olarak ikiye ayrılmaktadır. KTS'nin konservatif tedavisinde farklı seçenekler bildirilmiştir (64). Bu tedavi yöntemleri arasında aşağıdaki tedaviler vardır;

- Steroid enjeksiyonları
- El bileği splinti
- Aktivite modifikasyonu
- İş değiştirilmesi
- Non-steroidal anti-inflamatuvar ilaçlar
- Diüretikler
- B6 vitamini
- Fizik tedavi ajanları (ultrason, transkutanöz elektriksel sinir stimülasyonu (TENS), kontrast banyo)

Konservatif tedaviye iyi yanıtı daha çok hafif klinik semptomları olan hastalar göstermektedir (65). KTS'nin konservatif tedavisinde ilk olarak 1958 yılında Kapell, Richmand ve Vanderbrant tarafından semptomların rahatlatılması için steroid preparatlarının lokal enjeksiyonu tedavi yöntemi olarak tanımlanmıştır. Sonradan lokal steroid enjeksiyonları yaygın olarak kullanılmaktadır. MS'nin steroid enjeksiyonu sonucu yaralanması oldukça nadirdir. İşlem basit olup USG eşliğinde yapıldığında median sinir yaralanma riski minimuma indirilir. Sinir enjeksiyon yaralanmalarının karakteristik bir klinik görünümü vardır. Tedavinin etkisi ikinci haftadan sonra başlar ve tam etkisini 6 hafta sonra gösterir.

Cerrahi tedavi zamanı sık kullanılan yöntemler ise;

- Transvers karpal ligaman serbestleştirilmesi
- Fleksör tenosinovyektomi
- İnternal nöroliz
- Endoskopik serbestleştirme

Son zamanlarda endoskopik median sinir dekompresyonu kullanılmaya başlanmış ve açık teknikle transvers karpal ligaman serbestleştirilmesi ile arasında subjektif ve objektif bulgular yönünden istatistiksel anlamlı fark gözlenmemiştir (66).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Hastalar

Ağustos - Ekim 2014 tarihleri arasında hastanemiz Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon polikliniklerinden KTS ön tanısı ile gönderilen 25 hasta çalışma kapsamına alındı. Çalışmamız Üniversitemizin etik kurulu komisyonundan onay ve çalışmaya alınan her hastadan aydınlatılmış onam formu alınarak gerçekleştirildi.

Çalışma grubu:

Çalışma grubunda 25 hastaya ait 50 el bileği incelendi. El bileğinde geçirilmiş travma, operasyon, steroid enjeksiyonu gibi öyküsü olan olgular ve kontrolsüz diabet, gut hastalığı, böbrek yetmezliği gibi sistemik hastalık bildiren hastalar çalışma dışında tutuldu. Ayrıca anatomik varyasyon olarak rastladığımız bifid median sinir olan olgular çalışmaya dahil edilmedi. Çalışmamıza dahil edilen 25 hastanın 2' i (% 8.0) erkek, 23'ü (%92.0) kadındı, yaşları 29-68 yaşları arasında (ortalama yaş 45.68 ± 10.156) arasında değişmekteydi.

Çalışmaya alınan 25 hastanın bilateral olarak 50 el bileği değerlendirildi. Sadece sağ el bileğinde KTS tanısı olan sol el bileği normal olan 4 el bileği çalışma dışında bırakıldı. Ayrıca iki hastada sağ el bileğinde geçirilmiş operasyon öyküsü bulunan iki hastanın sağ el bileği çalışmadan çıkarıldı. Son olarak yapılan USG incelemesinde sağda bifid median sinir izlenen bir olguya ait sağ el bileği çalışma kapsamına alınmadı. Hasta grubunda çalışmaya dahil edilen 43 el bileğinin 22'si (%51.2) sağ, 21'i (%48.8) sol el bileğiydi.

Hasta grubunda olan olgulardan 9'u bilateral olmak üzere 23 hasta toplam 33 el bileğine USG ve UE incelemesinin hemen sonrasında aynı gün içinde tedavi yapıldı. Tedaviden 6 hafta sonra yapılan değerlendirmede bilateral tedavi yapılan bir hasta KTS'ye yönelik ameliyat olduğundan tedavi değerlendirilmesi için yapılan çalışmadan çıkarıldı. Tedaviye yanıt, 8'i bilateral olmak üzere 22 hastada ve toplam 31 el bileğinde değerlendirildi.

Kontrol grubu:

Çalışmamızda kontrol grubu olarak 32-58 yaşları arasında değişen (yaş ortalaması 40.820 ± 7.667) 15 kadın (%88.2) ve 2 erkek (%11.8) gönüllüden oluşan asemptomatik 17 olgu incelendi. Kontrol grubu bilinen sitemik hastalığı veya el bileği travması olmayan ve el bileği ile ilgili semptom tanımlamayan sağlıklı bireylerden oluşturuldu. USG incelemesinde bir olduga solda bifid median sinir varyasyonu izlendiğinden bir sol el bileği çalışma dışı tutuldu. Böylelikle sağlıklı kişilerden oluşan kontrol grubunda incelenen toplam 33 el bileğinin 17'si (%51.5) sağ, 16'sı (%48.5) sol elbileğiydi.

3.2. Uygulanan Tedavi

Hasta grubunda olan olgulardan 8'i bilateral olmak üzere 22 hastada toplam 31 el bileğine USG ve UE incelemesinin hemen sonrasında aynı gün içinde tedavi olarak steroid enjeksiyonu yapıldı. Tedavi öncesinde 31 el bileği elektronörofizyolojik bulgularına göre hafif ve orta derecede KTS olmak üzere sınıflandırıldı. Bunlardan 14'ü (%45.2) hafif, 17'si (%54.8) ise orta dereceliydi. Enjeksiyon hastanemizin Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon (FTR) kliniğinde uygulandı. Lokal anestezinin ardından karpal tünel düzeyinde medain sinir etrafına 40 mg Metilprednisolon enjeksiyonu 4 yıl tecrübesi bulunan doktor tarafından uygulandı ve tedaviden 6 hafta sonrasında hastalar tedaviye yanıtın değerlendirilmesi için çağırıldı.

3.3. Tedavi Öncesi ve Sonrası Değerlendirme

3.3.1. Fizik muayene ve Elektronörofizyolojik incelemeler

Tüm hastaların fizik muayeneleri ve elektronörofizyolojik incelemeleri Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon kliniğinde gerçekleştirildi. Elektronörofizyolojik inceleme yöntemi olarak median sinir distal motor latansı ve duysal iletim hızı kullanıldı. Tüm hastaların ağrı düzeyleri vizüel analog skala (VAS, 0-100mm) olarak sorgulandı. Semptomatik ve fonksiyonel değerlendirmeleri Boston anketi kullanılarak yapıldı. Tedavi öncesi yapılan değerlendirmeler tedaviden 6 hafta sonra tedaviye yanıtın değerlendirilmesi için tekrarlandı.

VAS

0-100 mm uzunluğunda görsel bir skala kullanılarak hastaların tedavi öncesi ve tedavi sonrası ağrı düzeyleri sorgulandı. "0" ağrının hiç olmaması "100" ise dayanılmayacak kadar şiddetli ağrı olması olarak kabul edildi.

Boston Anketi

1993 yılında geliştirilen Boston KT sorgulama anketi hasta tarafında doldurulan semptom şiddet skalası ve fonksiyonel kapasite skalası olmak üzere iki bölümden oluşur. Levine ve arkadaşları (1993) tarafından geliştirilen sakala literatürde "Boston Karpal Tünel Anketi" olarak bilinmektedir (67).

Boston Semptom şiddeti skalası (Ek 1)

Bu anket 11 sorudan oluşmaktadır. Her soruya 1-5 aralığında puanlanan 5 ayrı cevap bulunmaktadır. Ortalama skor puanı, toplam puanları soru sayısına bölerek elde edilir ve yüksek skor şiddetli semptom göstericisidir.

Boston Fonksiyonel Kapasite Skalası (Ek 2)

Bu anket ise 8 sorudan oluşan ve her soruya 1 ila 5 arasında puan alan 5 yanıtta oluşmaktadır. Ortalama skor puanı, toplam puanları soru sayısına bölerek elde edilir ve yüksek skor fonksiyonel kapasitenin azalmasını gösterir.

3.3.2. Ultrasonografi ve Ultrasonografik Elastografi

USG incelemesi çalışmaya dahil olan bütün olgulara 4 yıl tecrübesi olan aynı araştırmacı tarafından yapıldı. İncelemeler 12 MHz'lik yüksek frekanslı lineer dizilimli transdüserle Toshiba Aplio 500 cihazında da gerçekleştirildi. İncelenecek kişiye yüzü operatöre doğru oturur şekilde, incelenecek tarafta kol dirsekten 90° açıyla fleksiyonda, el bileği nötral (supin) pozisyonda ve parmaklar yarı fleksiyonda olacak şekilde pozisyon verildi. Her incelemede yüzeysel yapıların daha iyi değerlendirilebilmesi ve

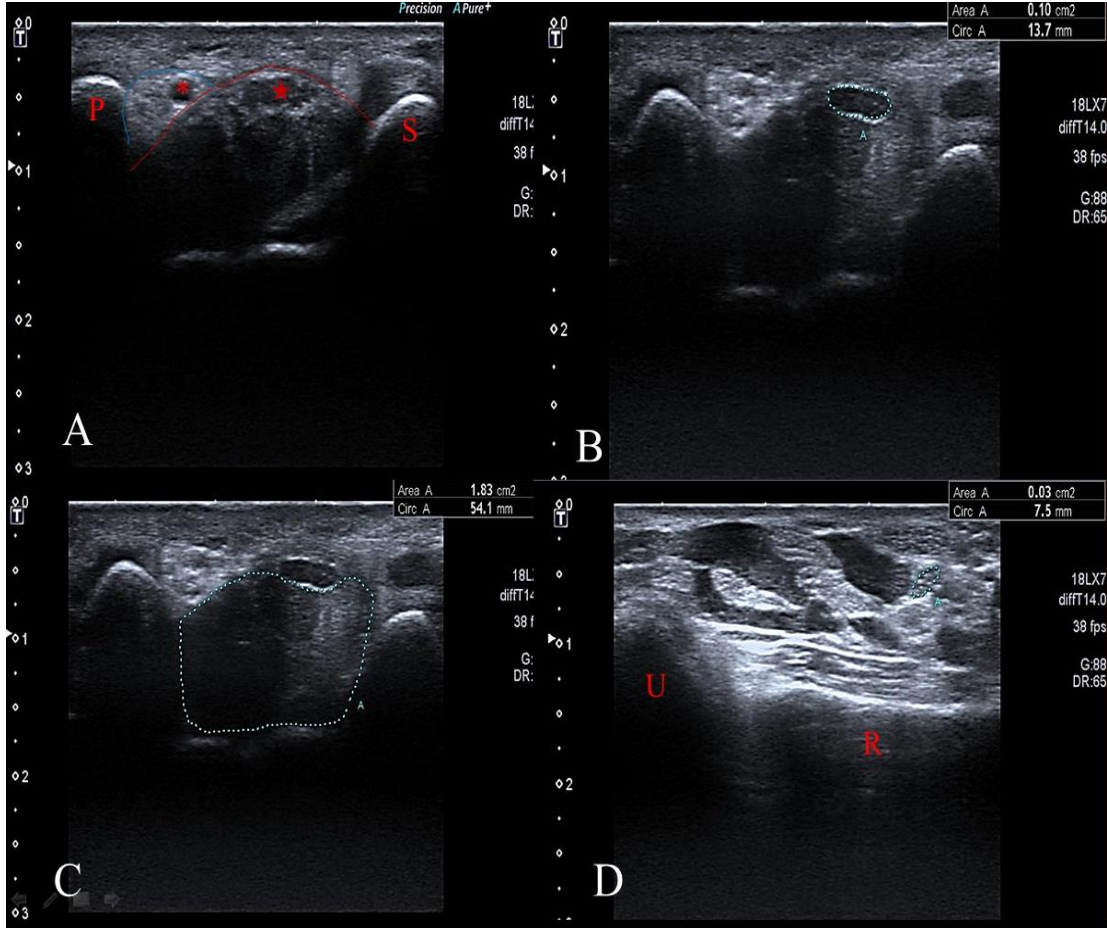
elastografi ölçümlerinde her hasta için anı gerinim değerine sahip olması için jel yastığı kullanıldı (Resim 8).



Resim 8. Her hastada referans olarak kullanılan jel yastığının görüntüsü.

Gerçekleştirilen incelemede ölçümlerin doğru alınabilmesi için transdüserin el bileğine perpendiküler olmasına dikkat edildi. Transvers görüntüler elde edilerek el bileği değerlendirilmesi yapıldı. El bileğinde transvers ve longitudinal düzlemde MS görüntülendi ve olguyu çalışma dışında bırakabilecek patolojiler (bifid median sinir, ganglion kisti v.s.) ekarte edildi.

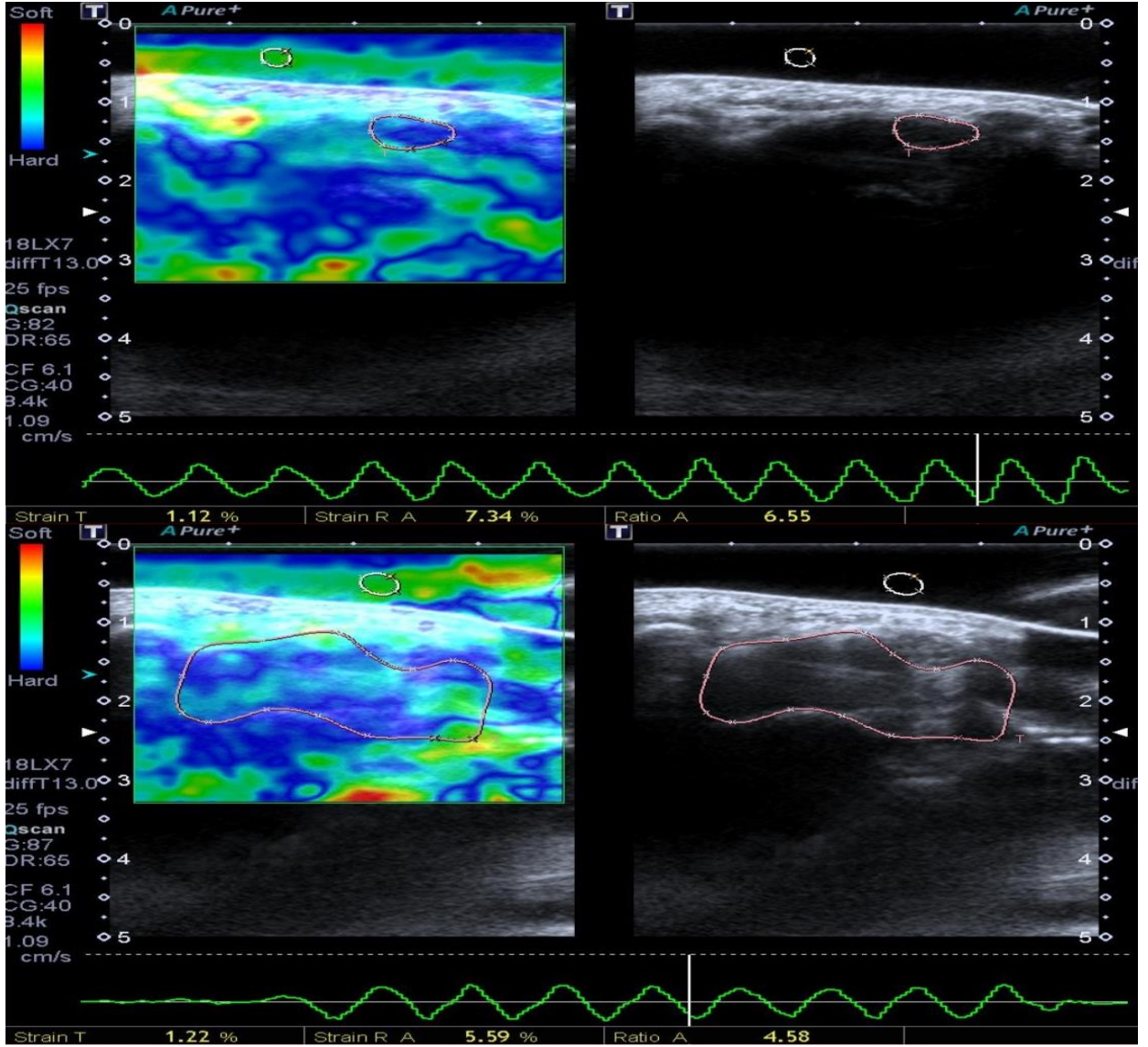
B mod gri-skala görüntülerde MS tünel girişinde, skafoid-pisiform kemikler düzeyinde transvers olarak görüntülendi. Bu görüntülerden median sinir alanı (MSA) ve bu düzeydeki intrakarpal içerik alanı (İKA) ölçümü yapıldı. MS'nin proksimal kesimindeki alan (pMSA) radiokarpal eklemden elde edilen transvers görüntülerden ölçüldü (Resim 9). İKA ölçümü yaparken MS alanı ölçüm alanı dışında tutuldu. Her ölçüm üç defa tekrarlanarak ortak değer bulunarak kaydedildi. KT düzeyinde ölçülen MSA değerinden radiokarpal eklemden elde edilen alan değeri çıkartılarak alan farkı hesaplandı (fMSA) ve kaydedildi (fMSA = MSA - pMSA).



Resim 9. A. Karpal tünelin transvers Ultrasonografik görünümü: pisiform kemik (P), skafoid kemik (S), median sinir (yıldız), ulnar arter (asteriks), fleksor retinakulum (kırmızı çizgi) ve Guyon kanal sınırı (mavi çizgi) izlemektedir. B. Transvers US görüntüsünde MSA ölçümü izlenmektedir. C. Aynı görünümde İKA ölçümü gösterilmektedir. D. Radiokarpal eklem düzeyinde pMSA ölçümü izlenmektedir.

USG cihazının elastografi özelliği aktive edilerek skafoid-pisiform kemikler düzeyinde transvers planda el bileği görüntüleri elde edildi ve proba yaklaşık aynı şiddet ve aynı zaman aralıkları ile kompresyon-dekompresyon uygulandı. Kompresyon-dekompresyon şiddeti ve zaman aralığı USG monitöründe sinusoidal dalgalar olarak takip edildi. USG ekranı ikiye bölünerek B mod görüntüsünün yanında elastografinin renkli haritası izlendi. Kompresyon-dekompresyon sonrası bezir özelliklerde birkaç adet sinuzoidal dalgadan sonra görüntü durduruldu. Ölçümler dekompresyon fazına

uygun dönemde yapıldı. Elastografi incelemesinde referans değer her olguda aynı olması için jel yastığının (JY) elastisitesi referans değer olarak seçildi. Hedef değerler olan MS'nin ve KT içeriğinin tüm alanları sırasıyla seçilerek strain değeri (SD) ölçüldü. Her ölçümde referans değer olan JY'nin strain değeri bulunduğundan sonra cihaz bu değerlerin üzerinden JY/MS ve JY/KTİ oranlarını, yani strain indekslerini (Sİ) otomatik



olarak hesapladı. Ölçümler üç kere tekrarlandı ve kaydedildi.

Resim.10 KTS'li olguda MS ve KTİ strain değerlerinin elastogramdan ölçümü.

Ölçümler sonrasında çalışma grubunda bulunan ve tedavisi planlanan hastalar steroid enjeksiyonu yapılmaları için FTR kliniğine yönlendirildi. Bütün hastalara tedavi işlemi aynı doktor tarafından uygulandı.

Tedaviden 6 hafta sonra hastalar çağırılarak USG ve UE incelemeleri tekrar yapıldı. Tedavi öncesi yapılan ölçümler sırayla yapılarak kaydedildi. Sonra hastalar tedavi sonrası değerlendirilmesi için FTR kliniğine tedavi uygulayan aynı doktora yönlendirildi. Tedavi sonra USG ve UE ölçümlerini yapan araştırmacının hastaların tedaviye yanıtı hakkında bilgisi yoktu.

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için SPSS 21.0 ve MedCalc 12 İstatistik paket programı kullanıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metotların (Frekans, Yüzde, Ortalama, Standart sapma) yanı sıra normal dağılımın incelenmesi için Kolmogorov - Smirnov dağılım testi kullanıldı.

Kategorik verilerin karşılaştırılmasında ise Pearson Ki-Kare testi ve Fisher Exact test kullanıldı. Parametrelerin gruplar arası karşılaştırmalarında Mann Whitney U testi kullanıldı.

Median sinir alanı açısından eşik değeri belirlemek için Roc Curve (ROC Eğrisi) analizi kullanılmıştır. Eşik değerlerine göre duyarlılık özgüllük, pozitif prediktif değeri ve negatif prediktif değeri hesaplandı.

Parametrelerin grup içi tedavi öncesi ve sonrası karşılaştırmalarında ise Wilcoxon işaret testi kullanıldı.

Sonuçlar % 95 güven aralığında, $p < 0.05$ anlamlılık düzeyinde ve $p < 0.01$ $p < 0.001$ ileri anlamlılık düzeyinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

Değerlendirmeler tanı ve tedavi sonrası olmak üzere iki aşamada yapıldı.

Tanı için değerlendirme:

Gruplar arasında cinsiyet dağılımı açısından anlamlı fark görülmedi. ($p>0.05$). Sağlam olanların 15'i (%88.2) kadın, 2'si (%11.8) erkek; hasta olanların 23'ünün (%92.0) kadın, 2'si (%8.0) erkekti (Tablo 1).

Tablo 4. Çalışma ve kontrol grubunun cinsiyete göre dağılımı.

		Kontrol		Çalışma		p
		n	%	n	%	
Cinsiyet	Kadın	15	%88.2	23	%92.0	$X^2=0.166$ $p=0.538$
	Erkek	2	%11.8	2	%8.0	

Gruplar arasında yaş dağılımı açısından da anlamlı fark görülmedi ($p>0.05$) (Tablo 2).

Tablo 2. Çalışma ve kontrol grubunun yaş dağılımı.

	Kontrol		Çalışma		MW	p
	Ort	Ss	Ort	Ss		
Yaş	40.820	7.667	45.680	10.156	153.000	0.127

Yaş ve cinsiyet hasta sayısı üzerinden değerlendirildi. Bu aşamadan sonraki analizler el bileği sayısı üzerinden değerlendirildi.

Gruplar arasında sağ-sol el bileği dağılımı açısından anlamlı fark görülmedi ($p>0.05$) (Tablo 3).

Tablo 3. Çalışmaya alınan el bileklerinin sağ ve sol dağılımı.

		Kontrol		Çalışma		P
		n	%	n	%	
El	Sağ	17	%51.5	22	%51.2	$X^2=0.001$ $p=0.580$
	Sol	16	%48.5	21	%48.8	

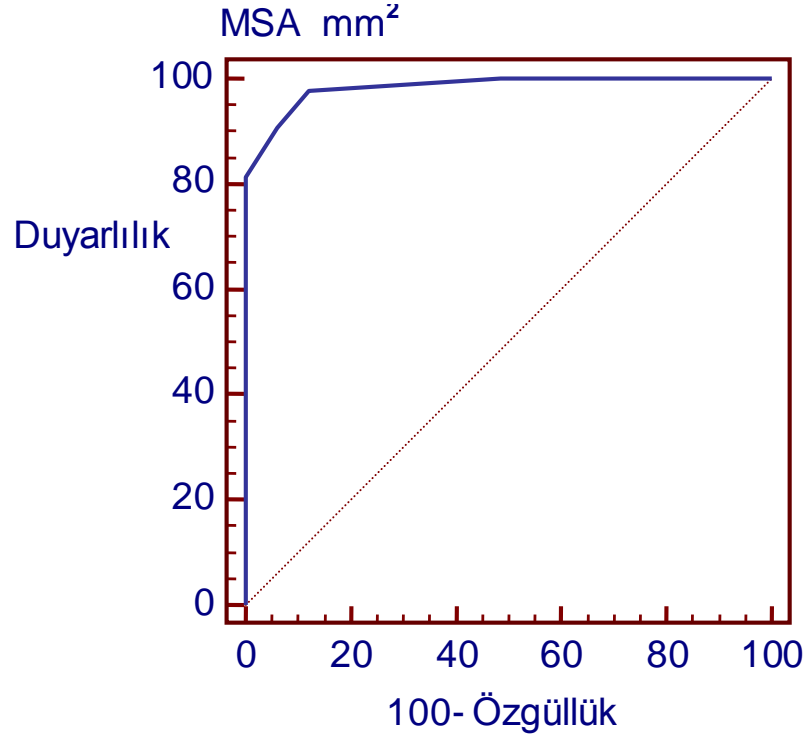
Çalışma grubunda olan olguların karpal tünel düzeyindeki median sinir alanı (MSA) ölçümü ortalaması (15.44 ± 5.10); sağlam olan olguların median sinir alanı (MSA) ölçümü ortalamasından (7.33 ± 1.31) anlamlı olarak yüksekti (Mann Whitney $U=23$; $p=0.00<0.05$).

Çalışma grubunda olan olguların alan farkı (fMSA) ölçümü ortalaması (8.91 ± 4.93); kontrol grubunda olan olguların alan farkının (fMSA) ortalamasından (1.58 ± 0.75) anlamlı olarak yüksekti (Mann Whitney $U=24$; $p=0.00<0.05$).

Proksimalden ölçülen median sinir alanı (pMSA) açısından hasta ve sağlam grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0.05$) (Tablo 4).

Tablo 5. Median sinir alanlarına göre karşılaştırma bulguları.

	Kontrol		Çalışma		MW	p
	Ort	Ss	Ort	Ss		
MSA mm ²	7.33	1.31	15.44	5.10	23	0.000
pMSA mm ²	5.76	1.25	6.58	2.04	573	0.140
fMSA mm ²	1.58	0.75	8.91	4.93	24	0.000

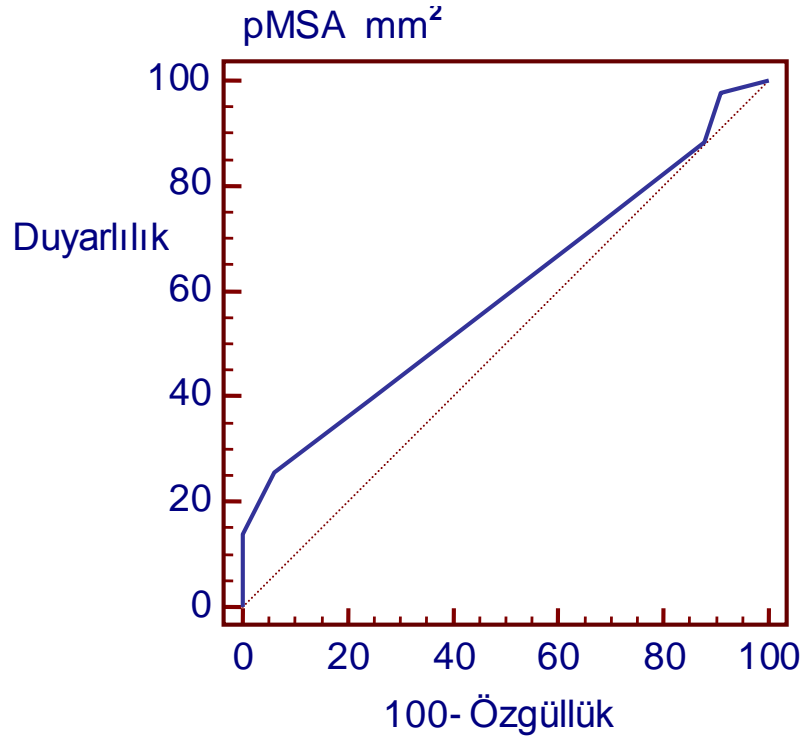


Grafik 1. Karpal tünel düzeyinde ölçülen median sinir alanı (MSA) için ROC eğrisi.

MSA ölçümleri için çizilen ROC eğrisinde, eğri altında kalan alan (AUC=0.984) istatistiksel olarak anlamlıydı ($p<0.001$) (Grafik 1).

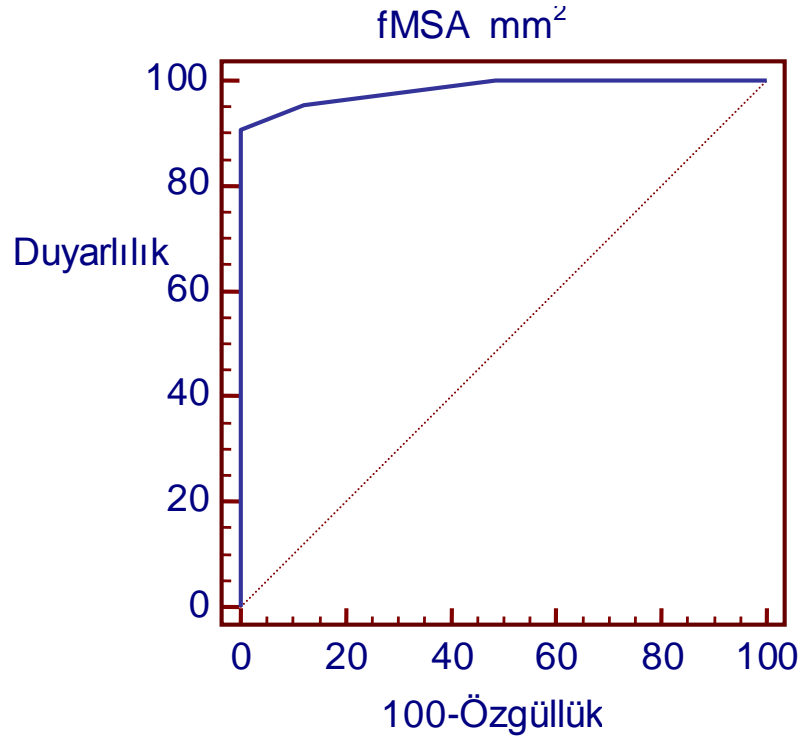
MSA ölçümleri için youden indeksi 0.8555 olarak bulundu. ROC eğrisinden elde edilen eşik değer değeri 8 mm² olarak bulundu. MSA için eşik değeri 8 mm² olarak kabul edilirse: MSA ölçümleri için KTS tanısındaki duyarlılık 97.67; Özgüllük 87.88; Pozitif prediktif değer 91.3; Negatif prediktif değer 96.7 olarak bulundu.

pMSA ölçümleri için çizilen ROC eğrisinde, eğri altında kalan alan istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p=0.1257>0.05$) (Grafik 2). Eşik değeri hesaplanamadı.



Grafik 2. Proksimal median sinir alanı (pMSA) için ROC eğrisi.

fMSA ölçümleri için çizilen ROC eğrisinde, eğri altında kalan alan (AUC=0.983) istatistiksel olarak anlamlıydı ($p < 0.001$) (Grafik 3). Alan farkı ölçümleri için Youden indeksi 0.907 olarak bulundu. ROC eğrisinden elde edilen eşik değeri 2 ve 3 olarak bulundu.



Grafik 3. Median sinir alan farkı (fMSA) için ROC eğrisi.

Median sinir alan farkı için eşik değerini 2 mm² olularak kabul edersek Duyarlılık 95.35; Özgüllük 87.88; Pozitif prediktif değer 91.1; Negatif prediktif değer 93.5 olarak bulundu.

Median sinir alan farkı için eşik değerini 3 mm² olursa Duyarlılık 90.7; Özgüllük 100; Pozitif prediktif değer 100; Negatif prediktif değer 89.2 olarak bulundu.

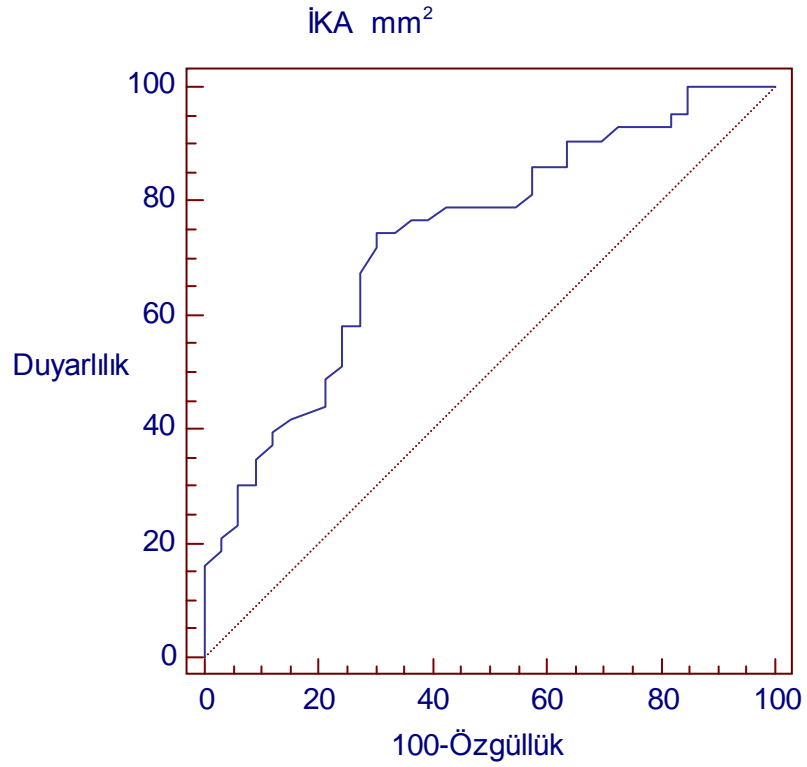
Çalışma grubunda olan olguların intrakarpal içerik alanı (İKA) ölçümü ortalaması (20.32±3.39); kontrol grubunda olan olguların ortalamasından (17.40±2.93) anlamlı olarak yüksekti (Mann Whitney U=373.5; p=0.00<0.05) (Tablo 5).

Tablo 6. İntrakarpal içerik alanının kontrol ve çalışma grubunda karşılaştırılması

	Kontrol		Çalışma		MW	p
	Ort	Ss	Ort	Ss		
İKA mm ²	17.40	2.93	20.32	3.39	373.5	0.000

İnterkarpal içerik alanı için çizilen ROC eğrisinde, eğri altında kalan alan (AUC=0.737) istatistiksel olarak anlamlıydı ($p<0.0001$) (Grafik 4).

Özgüllük



Grafik 4. İntrakarpal içerik alanı (İKA) için ROC eğrisi.

İnterkarpal içerik alanı ölçümleri için Youden indeksi 0.4412 olarak bulunmuştur. ROC eğrisinden elde edilen eşik değer 18.4 mm² tavsiye edilmektedir.

İKA için eşik değeri 18.4 mm² kabul edildiğinde Duyarlılık 74.42; Özgüllük 69.7; Pozitif prediktif değer 76.2; Negatif prediktif değer 67.6 olarak bulundu.

Çalışma ve kontrol grubunda bulunan olguların yapılan elastografi sonrası jel yastığının geriniminin median sinir gerinimine (JY/MS) olan oranı ve jel yastığının gerinim değerinin karpal tünel içeriğinin gerinimine oranı (JY/KTİ) aşağıdaki gibi bulunmuştur. Çalışma grubunda olan olguların JY/MS oranının ortalaması (2.67 ± 0.93); kontrol grubunda olan olguların JY/MS ortalamasından (1.69 ± 0.41) anlamlı olarak yüksekti (Mann Whitney $U=107.5$; $p=0.000 < 0.05$). Çalışma grubunda olan olguların JY/KTİ oranının ortalaması (4.57 ± 1.65); kontrol grupta olan olguların JY/KTİ ortalamasından (3.78 ± 1.18) anlamlı olarak yüksekti (Mann Whitney $U=509.5$; $p=0.036 < 0.05$) (Tablo 6).

JY/MS ve JY/KTİ oranları açısından çalışma ve kontrol grubu arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p > 0.05$).

Tablo 6. Median sinir ve Karpal tünel içeriğinin strain indekslerinin oranları

	Kontrol		Çalışma		MW	p
	Ort	Ss	Ort	Ss		
JY/MS	1.69	0.41	2.76	0.93	107.5	0.000
JY/KTİ	3.78	1.18	4.57	1.65	509.5	0.036

Tedavi sonrası değerlendirme:

Median sinir alanı (MSA), alan farkı (fMSA), JY/MS, JY/KTİ oranları ve elektronörofizyolojik bulgulardan VAS, Boston semptom şiddeti skalası, Boston fonksiyonel kapasite skalası, Motor Latans, Duyu Latans değerlerinde tedavi sonrası meydana gelen düşüş istatistiksel olarak anlamlıydı ($p<0.01$). Duyu iletim hızı değerinde tedavi sonrası meydana gelen artış istatistiksel olarak anlamlıydı ($p<0.01$). Diğer ölçümlerdeki tedavi sonrası değişimler istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0.05$) (Tablo 7).

Tablo 7. Tedavi öncesi ve sonrası bulguların değişimi

	Tedavi öncesi		Tedavi sonrası		Wilcoxon Z	P
	Ort	Ss	Ort	Ss		
MSA mm ²	15.387	4.209	12.581	4.193	-4.490	0.000
pMSA mm ²	6.226	1.746	6.419	2.187	-0.461	0.645
fMSA mm ²	9.032	4.301	6.129	3.819	-3.626	0.000
İKA mm ²	20.642	3.545	20.745	2.952	-0.029	0.977
JY/MS	2.615	0.867	2.578	0.963	-0.755	0.451
JY/KTİ	4.680	1.664	3.621	1.054	-3.116	0.002
VAS	57.419	15.539	27.742	22.834	-4.012	0.000
Boston semptom şiddeti skalası	3.194	0.564	2.281	0.741	-4.578	0.000
Boston fonksiyonel kapasite skalası	2.841	0.637	2.431	0.854	-2.637	0.008
Motor Latans (ms)	4.187	0.732	3.894	0.585	-3.613	0.000
Motor Amplitud (mV)	8.297	1.861	7.913	2.081	-1.588	0.112
Motor iletim hızı (m/sn)	56.242	3.949	56.507	3.979	-0.510	0.610
Duyu Latans (ms)	4.294	0.569	3.994	0.695	-3.743	0.000
Duyu Amplitud (mV)	18.755	10.256	21.045	11.354	-1.786	0.074
Duyu İletim hızı (m/sn)	40.748	4.807	44.103	6.393	-4.344	0.000

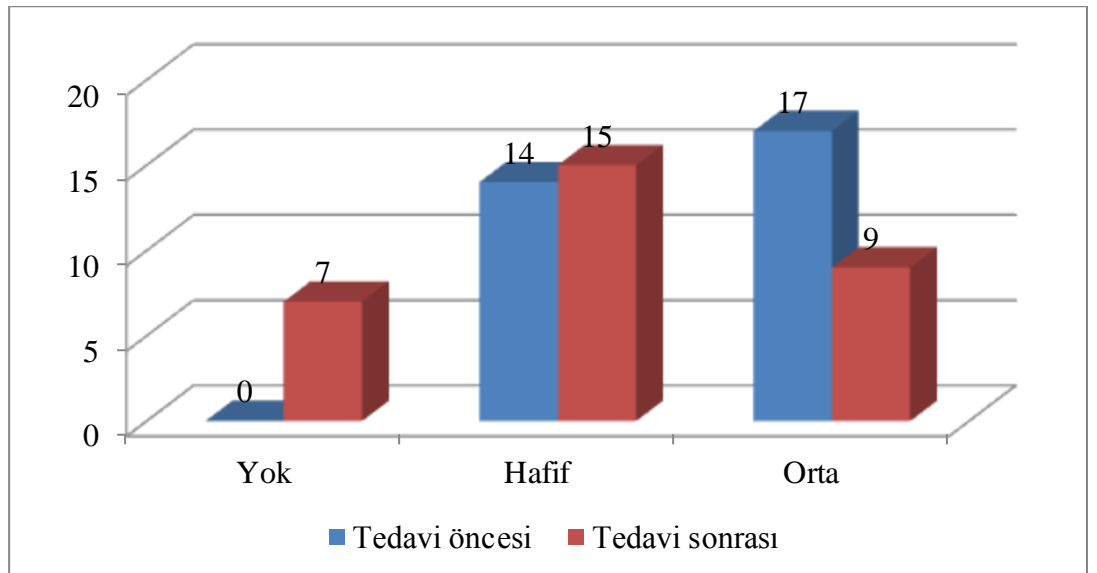
Tedavi yapılan tüm el bileklerinde nörofizyolojik testlerin sonucuna göre hafif ve orta olarak sınıflandırılmıştı. Tedavi sonrası bulgular Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Tedavi öncesi ve sonrası hastalık derecesindeki değişim

	Tedavi öncesi		Tedavi sonrası	
	N	%	n	%
Yok	0	0	7	22,6
Hafif	14	45,2	15	48,4
Orta	17	54,8	9	29,0

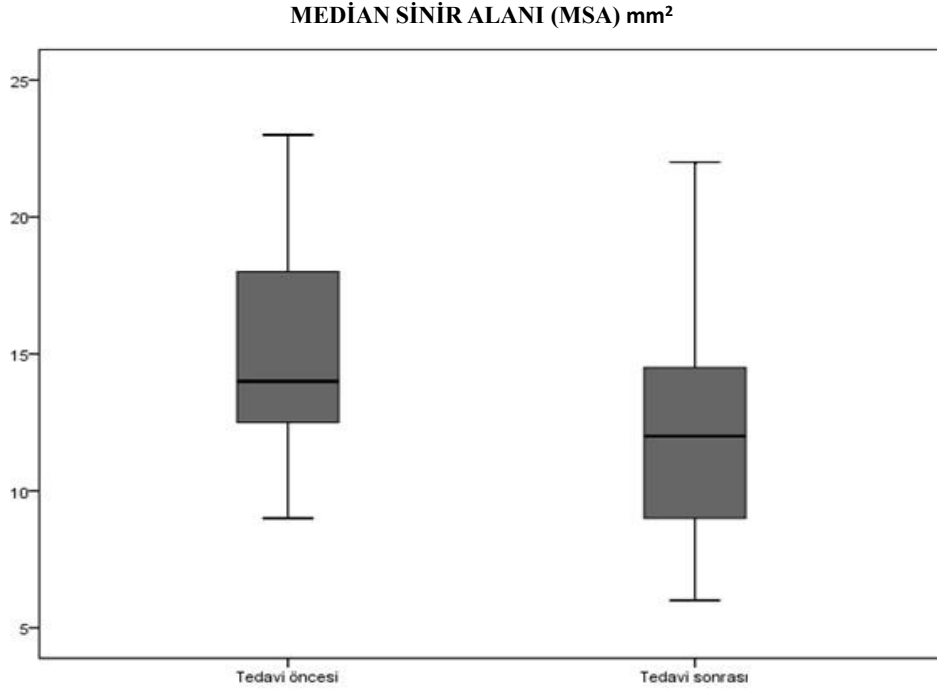
KTS düzeylerinde tedavi sonrası meydana gelen düşüş istatistiksel olarak anlamlıydı (Wilcoxon $Z = -3,8$; $p=0,000<0,001$).

KTS sonucu tedavi öncesi orta olup, tedavi sonrası hafif olanlar ve tedavi öncesi hafif olup, tedavi sonrası KTS olmayanlar ($n=21$ el bileği) tedavi olmuş olarak kabul edildi (Grafik 5).



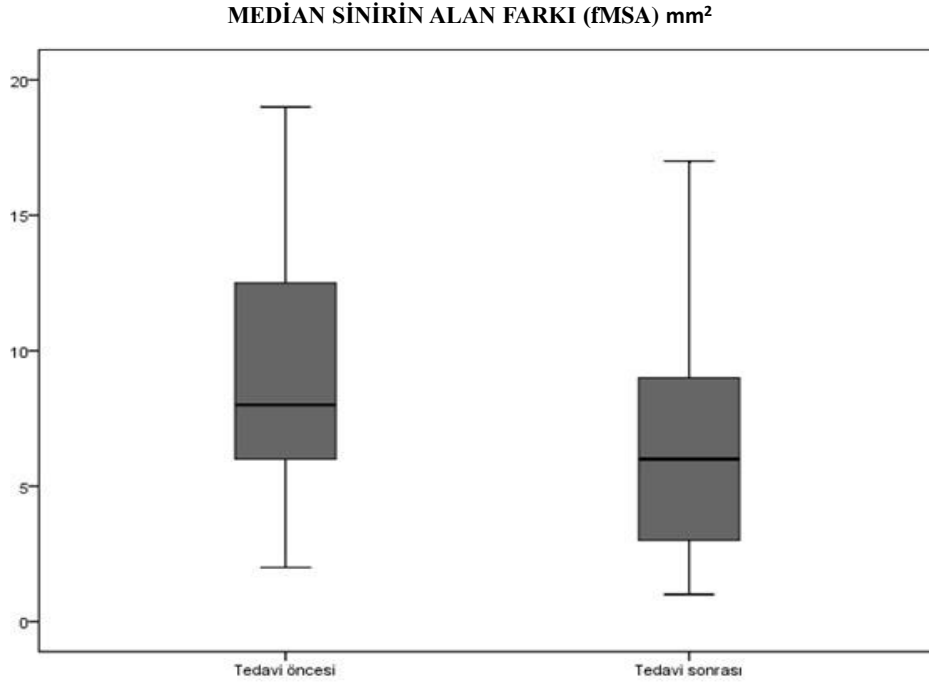
Grafik 5. Tedavi başarısının grafik görünümü.

Median sinir alanının (MSA) tedavi öncesi (15.387 ± 4.209); tedavi sonrası (12.581 ± 4.193) ortalamaları karşılaştırıldığında izlenen düşüş istatistiksel olarak anlamlı bulundu (Wilcoxon $Z = -4.490$; $p=0.000 < 0.01$) (Grafik 6).



Grafik 6. Tedavi öncesi ve sonrasında median sinir alan (MSA) değerlerinin grafiği.

Median sinir alan farkının (f MSA) tedavi öncesi (9.032 ± 4.301); tedavi sonrası (6.129 ± 3.819) ortalamaları karşılaştırıldığında izlenen düşüş istatistiksel olarak anlamlı bulundu (Wilcoxon $Z = -3.626$; $p=0.000 < 0.01$) (Grafik 7).

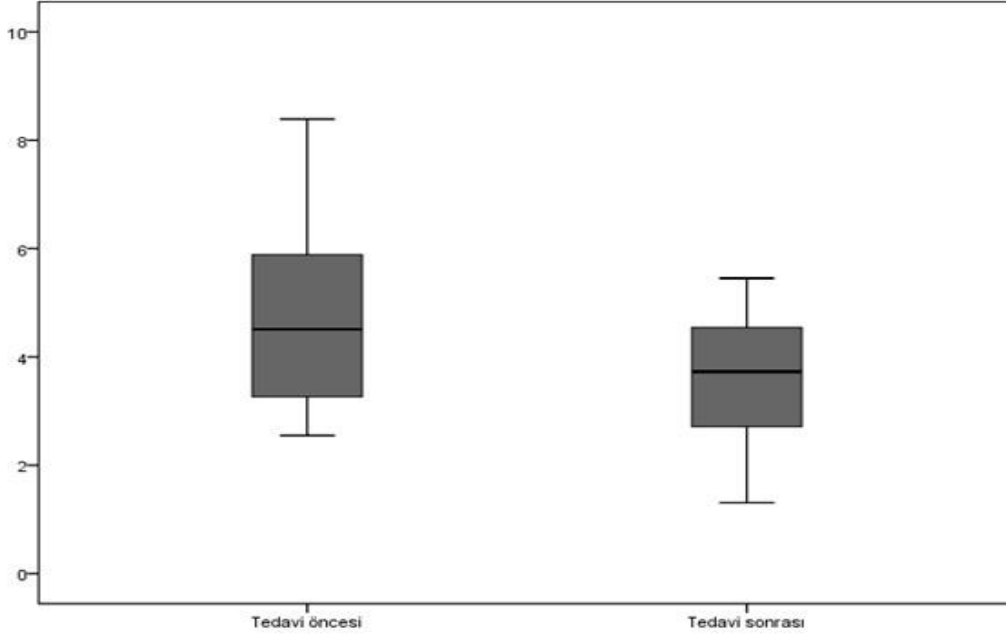


Grafik 7. Tedavi öncesi ve sonrasında median sinir alan farkı (fMSA) değerlerinin grafik görüntüsü.

Jel yastığının geriniminin median sinir gerinimine (JY/MS) oranının tedavi öncesi (2.615 ± 0.867); tedavi sonrası (2.578 ± 0.963) ortalamaları karşılaştırıldığında izlenen düşüş istatistiksel olarak anlamlı değildi (Wilcoxon $Z = -0.755$; $p=0.451 > 0.01$).

Ancak jel yastığının gerinim değerinin karpal tünel içeriğinin gerinimine (JY/KTİ) oranının tedavi öncesi (4.680 ± 1.664); tedavi sonrası (3.621 ± 1.054) ortalamaları karşılaştırıldığında izlenen düşüş istatistiksel olarak anlamlı bulundu (Wilcoxon $Z = -3.116$; $p=0.002 < 0.01$) (Grafik 8).

**KARPAL TÜNEL İÇERİĞİNİN STRAIN İNDEKSİ
(JY/KTİ)**



Grafik 8. Tedavi öncesi ve sonrasında jel yastığının gerinim değerinin karpal tünel içeriğinin gerinimine (JY/KTİ) oranının grafiği.

JY/MS ve JY/KTİ değişimleri tedavi sonrası elektronörofizyolojik bulgularına göre tedavi olmuş olarak kabul edilen toplam 21 el bileği için tekrar değerlendirildi. Bulgular Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Tedaviden fayda görenlerde strain indeksindeki değişim

	Tedavi öncesi		Tedavi sonrası		Wilcoxon Z	P
	Ort	Ss	Ort	Ss		
JY/MS	2.631	1.017	2.760	1.039	-0.365	0.715
JY/KTİ	4.590	1.577	3.334	1.017	-3.181	0.001

JY/MS değerlerinde tedavi sonrası meydana gelen artış istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p>0.05$). JY/KTİ değerlerinde tedavi sonrası meydana gelen düşüş istatistiksel olarak anlamlıydı ($p<0.01$).

5. TARTIŞMA

Tuzak nöropatilerine neden olan sinir sıkışmalarının en sık rastlanma yerleri osteofibroz tünelleridir. Çünkü bu tüneller anatomik yapı itibarı ile kemik ve fibröz parçaları bulunan anatomik darlıklardır. Osteofibroz tünellerin içinden sinir damar paketleri, tendonlar ve sinovyal yapılar geçer. Bu tünellere örnek olarak üst ekstremitelerde median sinirin geçtiği Karpal tünel, ulnar sinirin geçtiği kubital ve Guyon tünelleri gösterilebilir. Alt ekstremitelerde ise peroneal sinirin geçtiği fibular tünel ve posterior tibial sinirin geçtiği tarsal tünellerdir. Bu tüneller içinde her hangi bir nedenle basınç artışına, kitle etkisine neden olan patolojiler sonucunda bu tünele ve ordan geçen sinire özgün tuzak nöropati sendromları gelişir. Bunların yanı sıra bu tünellerde aşırı kullanım sonucunda tekrarlayan mikrotravmalara bağlı olarak geliştiği düşünülen idiopatik tuzak nöropatileri de gelişebilir. En sık rastlanan tuzak nöropatisi KTS'dir. KTS tanısında tek bir altın standart yöntem olmayıp, tanı genellikle klinik bulgular, semptomlar ve elektronörofizyolojik testler sonucunda konulmaktadır (49,67). KTS tanısında son yıllarda USG önemli rol oynamaktadır (11,12,13,14,15). Elektronörofizyolojik tanı yöntemleri sadece sinirlerin fonksiyonunu değerlendirmektedir. Oysa ki, USG kullanımı ile KT'nin yapısal anormalliklerini ve MS'nin morfolojik bulguları olan ödeme bağlı alan artışını değerlendirmek mümkündür (68). UE yardımıyla hem intrakarpal içeriğin, hemde median sinirin gerinim özelliklerini değerlendirebiliyor olmak USG kullanımını daha da avantajlı hale getirmektedir.

KTS'li hastalarda USG bulguları ilk kez Buchberger ve arkadaşları tarafından tanımlanmıştır (16). Pisiform kemik düzeyinde sinir çapında belirgin artış, pisiform kemik düzeyinde yapılan sinirin kesitsel alan ölçümlerinin distal radial düzeyde yapılan ölçümlerle karşılaştırıldığında belirgin farklı olması, hamatum çentiği düzeyinde sinirde belirgin yassılaşma, fleksor retinakulumda belirgin palmar yaylanma KTS'nin gri skala USG bulgularını oluşturmaktadır (16).

Amerikan Nöromusküler ve Elektrodagnostik Tıp Derneği tarafından yapılan 2012 yılında yayımlanan Guideline’da KTS’de USG’nin tanı değerini araştıran çalışmalar içinde birinci sınıf olarak değerlendirilen 4 farklı çalışmayı gözden geçirdiğimizde: Altınok ve arkadaşları (2004) tarafından 40 KTS’li hasta ile yapılan çalışmada median sinir alanı (MSA) için eşik değer 9mm^2 olarak bulunmuş ve bu değer duyarlılığı ve özgüllüğü sırasıyla % 65 ve % 92.5 olarak hesaplanmıştır (69). Diğer iki çalışma Wong ve arkadaşları (2004) tarafından 64 KTS’li hasta ve Ziswiler ve arkadaşları tarafından 78 KTS’li hasta ile (2005) yapılmış olup, her iki çalışmada da MSA için eşik değer 10mm^2 olarak bulunmuştur. Bu çalışmaların duyarlılık ve özgüllükleri de benzer olarak bulunmuştur. Wong ve arkadaşları çalışmalarında bu eşik değerinin tanıdaki duyarlılığını %82.8, özgüllüğünü ise %72.7 olarak hesaplamışlar (14). Ziswiler ve arkadaşlarının çalışmasında ise duyarlılık ve özgüllük sırasıyla %82.0 ve %82.7 olarak bulunmuştur (15). Birinci sınıf olarak değerlendirilen son çalışma ise 2010 yılında Mohammadi ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilmiştir. Onlar kendi çalışmalarını 132 KTS’li hastayla yapmış ve eşik değerini 8.5mm^2 olarak bulmuş olup, bu değere göre duyarlılık % 97.0, özgüllük % 98.0 olarak hesaplanmıştır (70).

Bugüne kadar yapılan diğer benzer çalışmalarda da MS’nin pisiform kemik düzeyindeki alanı ölçülmüş ve eşik değerleri bulunarak tanıya katkısı araştırılmıştır (13,14,17,18,19). Bulunan MSA ölçümlerinin ortalama değerleri normal populasyondan oluşan kontrol gruplarında 6.1 ve 10.4mm^2 gibi geniş bir aralıkta dağılım göstermektedir. Hasta gruplarında ise MSA 9 ve 14mm^2 aralığında değişiklik göstermektedir.

Klauser ve arkadaşları 2009 yılında yaptıkları araştırmada daha önceki çalışmalarda bulunan normal ve hasta olgularda MSA ölçümlerinin belli aralıklarda çakışması nedeniyle daha doğru sonuçlar verebilecek yeni ölçümler yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada iki noktadan birincisi pisiform-skafoid düzeyinde ve ikincisi ise KT proksimal kesiminde olmak üzere median sinir alanını ölçmüşler ve iki noktada ölçülen alanların farkını hesaplayarak tanıya katkısını araştırmışlardır (9). Çalışmada kontrol grubunda bulunan 9mm^2 MSA ortalaması, çalışma hastalarında bulunan 16.8mm^2 MSA ortalama değerlerinden anlamlı küçük bulunmuştur ($p<.01$). Ayrıca median

sinirin iki seviyesinden yaptıkları ölçümlerden hesapladıkları alan farkını kontrol ve çalışma gruplarında istatistiksel olarak anlamlı farklı bulmuşlardır.

Bizim çalışmamızda KT düzeyinden ölçülen MSA ortalaması kontrol grubunda 7.33 mm^2 iken hasta grubunda 15.44 mm^2 ile anlamlı farklı bulundu ($p < .00$). Bu alan için çizilen ROC eğrisinde eşik değer 8 mm^2 olarak hesaplandı. Radiokarpal eklem düzeyinden ölçülen pMSA ortalamaları hasta ve sağlıklı gruplar arasında anlamlı değildi ($p = 0.1257 > 0.05$). fMSA asemptomatik (1.58 mm^2) grupla karşılaştırıldığında hasta olgularda (8.91 mm^2) belirgin yüksek olarak bulundu. Veri istatistiksel olarak anlamlıydı. fMSA için eşik değer 3 kabul edildiğinde duyarlılık %90,7; Özgüllük %100; Pozitif prediktif değer %100; negatif prediktif değer %89,2 olarak bulundu (Tablo 4). Bulgularımız literatürdeki bulgular ile uyumluydu.

Çalışmamızda KTS'li hastalarda ve kontrol grubunda İKA ölçümü yapıldı ve ortalamasını hesapladıktan sonra her iki grubun sonuçları birbirleriyle karşılaştırıldı. Literatür gözden geçirildiğinde İKA ölçümü ile ilgili bir çalışmanın bulunmadığı görülmüştür. Yaptığımız İKA ölçümlerinde hasta grupta İKA ortalaması normal gruba göre anlamlı olarak farklı bulundu. Sağlıklı bireyler için İKA ortalaması 17.4 mm^2 iken, hasta grupta 20.32 mm^2 olarak bulundu ($p < .00$) (Tablo 5). Tünel içeriğinde bulunan tendon ve sinovyal yapılarda fazla kullanıma bağlı gelişen hipertrofi ve ödemin varlığı, İKA'nın KTS'li hastalarda yüksek çıkmasının sebebi olduğu düşünülmüştür.

KTS'nin patofizyolojisi tam olarak bilinmemekle birlikte, KT içinde basınç artışı ve MS'nin iskemik hasarının kombinasyonu ön planda tutulmaktadır. Bunların sonucunda da sinirde fibrotik değişikliklerle birlikte fokal demiyenilizasyon ve aksonal dejenerasyon oluşmaktadır (69,72). Uchiyama ve arkadaşları (2005) tarafından yapılan çalışmada uzun süren kompresyona bağlı gelişen ödem sonrasında sinirlerde fibroblast invazyonu ve devamında sinir içinde skar dokusu gelişmesi sonucunda sinirlerin sertliğinde artış olduğu gösterilmiştir (73). Kronik kompresyona bağlı sinirde epinöral fibrozis ve kalınlık artışı histopatolojik olarak da Mackinnon ve arkadaşları 1986 yılında yaptıkları çalışmada göstermişlerdir (74). MS değişikliklerin yanı sıra KT içerisindeki basınç artışından tendonlar ve sinovyal yapılar da etkilenmektedir. KTS'li hastalarda tenosinovyal yapılarda kollajen dansitesinde ve lif boyutlarında artış,

vasküler skleroz varlığı literatürde bildirilmiştir (75,76). Tüm bu bilgiler ışığında KTS'li hastalarda MS ve İKA sertliğinin sağlıklı bireylere oranla arttığı çıkarımı yapılabilir.

UE, dokuların elastisitesi hakkında bilgi edinmekte yararlı bir yöntem olup, literatürde KTS'li hastalarda kullanımına yönelik birçok çalışma bulunmaktadır (24,25,26,27).

Orman ve arkadaşlarının (2013) SE kullanarak yaptıkları çalışmada sadece strain değerine bakarak MS elastisitesinin KTS'li olgularda normal sağlıklı gruba göre arttığını göstermişlerdir. Çalışmalarında strain değerini esas aldıklarından strain indeksi hesaplanmamıştır (24).

Diğer bir çalışmada Fatih ve arkadaşları (2014) Shear Wave elastografi yöntemini kullanarak MS'nin elastisitesini kantitatif olarak hesaplamışlar ve KTS'li hastalarda sağlıklı bireylere oranla istatistiksel olarak anlamlı olduğunu bulmuşlardır (25).

Miyamoto ve arkadaşlarının (2014) strain elastografi kullanarak yaptığı benzer çalışmada MS strain değerlerinin KTS tanısı koymada duyarlılık ve özgüllüğünü sırasıyla %82 ve %68 olarak bulmuşlardır (26).

Çalışmamızda KTS tanılı olgularda MS ve KTİ elastisitesini, referans dokuların strain değerini ölçerek oranlarını hesaplama yöntemi olan SE tekniği kullanarak hesapladık ve sağlıklı bireylerle karşılaştırdık. Çalışmamızda bulduğumuz değerler de literatür ile uyumluydu. Bizim çalışmamızda ise JY/MS strain değeri oranına göre duyarlılık ve özgüllük sırasıyla %93.02 ve %81.82 idi.

Miyamoto ve arkadaşları (2014) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise bezer elastografi yöntemi kullanarak MS'yi çevreleyen tünel içeriğinin sertliğinin sağlıklı bireylere oranla KTS'li hastalarda arttığı bulunmuştur. KTS'li grupta strain indeksi 12.6 ± 4.7 iken sağlıklı bireylerde 8.2 ± 3.5 olarak bulunmuş olup, bulgular istatistiksel olarak anlamlıydı (27). Bizim çalışmamızda sağlıklı ve çalışma grubunda karşılaştırdığımız JY/KTİ oranı bu çalışma ile uyumlu olarak bulundu. Çalışma

grubunda olan olguların JY/KTİ oranının ortalaması 4.57 ± 1.65 iken kontrol grupta olan olguların JY/KTİ ortalaması 3.78 ± 1.18 idi ve istatistiksel anlamlı olarak yüksekti. Çalışma grubunda bulduğumuz hem JY/MS, hemde JY/KTİ oranları kontrol grubuna göre anlamlı olarak yüksek bulundu.

Çalışmamızda KTS'li olgulara tedaviden 6 hafta sonra tedaviye cevabı değerlendirmek için yaptığımız ölçümlerden elde ettiğimiz bulgular literatür ile uyumlu olarak bulundu.

Gri skala USG değerlendirmesinde; tedavi öncesi ile karşılaştığımızda MSA ve fMSA değerlerinin ortalamalarında steroid enjeksiyonundan 6 hafta sonra her iki değerde gözlenen düşüş istatistiksel olarak anlamlıydı. Bulgularımız literatür ile uyumluydu. Miyamoto ve arkadaşları (2014) tarafından yapılan çalışmada MSA'nın steroid enjeksiyonu ile tedavisi sonrasında ölçümleri yapılmış ve bulunan değişiklikler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p=.015$) (27). Çalışmamızda MSA düşüşü literatüre göre istatistiksel olarak daha anlamlıydı ($p<.00$). Bunların yanısıra fMSA ortalamasındaki düşüşün de istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p<.00$) ve literatür gözden geçirildiğinde bu değerdeki düşüşün daha önce hiç araştırılmadığı görüldü.

Elastografi değerlendirmesinde; tedavi öncesi çalışma grubumuzda MS ve KTİ'nin sertliği artmış olan olgularda steroid enjeksiyonu ile tedavi sonrası MS sertliğinde istatistiksel anlamlı farklılık bulmadık. Bunun nedenini de sinirde geriye dönüşümü olmayan değişiklikler olarak ifade edilen sinir kılıfında ve aksonlarda oluşan internal fibrozis olarak düşündük (77).

Tedavi sonrası KTİ'ye yönelik değerlendirmede tünel içindeki alanın sertliği azalmış olup, elde edilen bulgular literatür ile uyumlu olarak bulundu (27). KTS'li hastalarda KT içeriğindeki tenosinovyal dokuda dağılmış ve dejenere olmuş tip 1 kollajen lifleri, tip 3 kollajenden oluşan artmış irregüler bağ dokusu, fibroblast ve yüksek miktarda glikozaminoglikanlar bulunmaktadır (72). Yapılan çalışmalarda steroid enjeksiyonunun kollajen miktarını azalttığı, fibroblast proliferasyonunu ve glikozaminoglikan sentezini yavaşlattığı bilinmektedir (79). Enjeksiyon sonrası 2. ve 3. haftalarda kollajenin çözünürlüğü pik yapar (80). Ekstraselüler matrikste steroid

enjeksiyonu sonrası oluşan bu değişiklikler sonrasında MS etrafındaki dokunun sertliği azalır ve KT içerisinde olan basınç azalacağından KTS semptomları geriler.

KTS'li hastalarda tedavi öncesi ve sonrası ölçümler yaparak steroid enjeksiyonunun KT içeriğinin elastikliğine yönelik Miyamoto ve arkadaşları (2014) tarafından yapılan çalışmada tedavi sonrasında MS etrafında bulunan dokunun sertliğinde istatistiksel olarak anlamlı azalma olduğu gösterilmiştir ($p=.00069$) (27). Çalışmamızda bulduğumuz KTİ'nin strain indeksindeki düşüş de istatistiksel olarak anlamlıydı ($p=.002$). Ancak Miyamoto ve arkadaşları yaptıkları çalışmada steroid enjeksiyonu yaptıktan sonra tedaviden fayda görenleri tespit edememiş ve onlara yönelik değerlendirme yapamamışlardır.

Çalışmamızda tedavi öncesi ve sonrası elektronörofizyolojik testler yaparak bu testlerin de tedavi öncesi ve sonrasında değişimlerini değerlendirdik. Steroid enjeksiyonu sonrasında MS'nin duyuşal iletim hızında, duyuşal latensta ve motor iletim hızlarında anlamlı düzelme olduğu görülmüştür. Ayrıca VAS skalasında ve Boston anketlerinde de anlamlı düzelmeler bulunmuş olup literatür ile uyumludur. Bu bulguların sayesinde tedavisi başarılı kabul edilen ve tedaviden fayda gören 21 el bileği için MS ve KTİ'nin strain indekslerini tekrar hesapladık. MS elastisitesinde tedaviden fayda gören grupta da anlamlı farklılık olmadığını gördük. Ancak bu grup için KTİ'nin sertliğindeki azalma bir önceki yapılan tüm tedavi gören grup için elde edilen azalmadan istatistiksel olarak daha anlamlıydı. Tedavi uygulanan tüm hastalar katılarak yapılan hesaplamada strain indeksindeki azalma için $p>.002$ olarak bulunmuştur. Ancak sadece tedaviden fayda gören hastalar gözönünde bulundurularak yapılan hesaplamada $p<.001$ olarak daha anlamlı bulundu.

Çalışmamızın bazı limitasyonları vardı. Birincisi, USG operatöre bağımlı bir inceleme yöntemidir. Çalışmamızda yapılan tüm USG ve elastografik değerlendirmeler tek bir gözlemci tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu nedenle ölçümlerde gözlemciler arası uyum değrlendirmesi yapılamamıştır. İkincisi, çalışmaya dahil edilen hasta ve sağlıklı grupta vücut kitle indeksi veya el bileği yapısı göz önünde bulundurulmamıştır. Bu değerler median sinir ve karpal tünel alanının ölçümlerini etkileyebilen faktörlerdir (81). Son olarak, tedavi başarısını değerlendirmede plasebo etkisini değerlendirmek için

bazı hastalara serum fizyolojik enjeksiyonu yapılmadı ve steroid enjeksiyonu yapılan grupla karşılaştırılmadık.

SONUÇ;

Çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlara göre median sinir alanı (MSA) ve alan farkı (fMSA) KTS tanısında kullanılabilecek yüksek duyarlılığa sahip gri skala USG bulguları olduğu saptanmıştır. KTS tanısı için anlamlı olup olmadığı ilk kez çalışmamızda değerlendirilen İKA'nında KTS'li olgularda belirgin artış gösterdiği ve bulguların istatistiksel olarak anlamlı olduğu tespit edildi. MS ve KTİ sertliğinin sağlıklı bireylere göre arttığı ve bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve KTS tanısını destekleyici ve tanı koydurucu bulgular olduğu saptanmıştır.

KTS'li hastalarda uygulanan tedaviye cevabın değerlendirilmesinde fMSA ölçümü, KTİ sertliğindeki düşüşün yüksek duyarlılığa sahip olduğu bulunmuştur. MS elastisitesinde değişiklik saptanmaması nedeniyle tedaviye cevabın değerlendirilmesinde bir katkısının olmadığı saptanmıştır.

Sonuç olarak KTS tanısında ve tedaviye cevabın değerlendirilmesinde klinik ve elektrofizyolojik testlere ek olarak gri skala USG ve USG elastografi yapılmasının tanısal etkinliğinin yüksek olduğu ve yapılan bu testlerin tamamlayıcı bir inceleme yöntemleri olarak kullanılabileceği kanısındayız. İntrakarpal alan (İKA) ve Karpal tünel içeriğinin (KTİ) elastisite değerlerinin ölçülmesinin KTS tanısında ve tedavi başarısının değerlendirilmesinde literatüre yeni bilgiler kattığını düşünmekteyiz.

EKLER

EK 1

Boston Semptom Şiddet Skalası

- Geceleri olan el veya el bileği ağrınızın şiddeti aşağıdakilerden hangisine uymaktadır?
 1. Geceleri el veya el bileği ağrım olmuyor
 2. Hafif ağrı
 3. Orta derecede ağrı
 4. Şiddetli ağrı
 5. Çok şiddetli ağrı

- Son iki hafta içerisinde gece el ya da el bileği ağrısı nedeni ile bir gecede ortalama kaç kere uyandırdınız?
 1. Hiç
 2. Gecede bir kez
 3. Gecede 2-3 kez
 4. Gecede 4-5 kez
 5. Gecede 5'ten fazla

- Gün içinde olan el veya el bileği ağrınızın şiddeti aşağıdakilerden hangisine uymaktadır?
 1. Gün içinde el-el bileği ağrım olmuyor
 2. Hafif ağrı
 3. Orta derecede ağrı
 4. Şiddetli ağrı
 5. Çok şiddetli ağrı

- Gündüz ne sıklıkta, kaç kez el veya el bileği ağrınız oluyor?
 1. Hiç
 2. Günde 1-2 kez
 3. Günde 3-5 kez
 4. Günde 5'ten fazla
 5. Ağrı her zaman oluyor

- Gün içinde ağrı ortalama ne uzunlukta sürüyor?
 1. Gün içinde el veya el bileği ağrım olmuyor
 2. 10 dakikadan az
 3. 10 dakika ile 1 saat
 4. 1 saatten fazla
 5. Ağrı tüm gün boyunca sürüyor

- Elinizde uyuşukluk (hissizlik) var mı?
 1. Yok
 2. Hafif uyuşukluk hissi var
 3. Orta derecede uyuşukluk hissi var

4. Çok rahatsız edici bir uyuşukluk hissi, his kaybı
5. Dayanılmaz uyuşukluk, his kaybı var

• Elinizde güçsüzlük oluyor mu?

1. Olmuyor
2. Hafif güçsüzlük var
3. Orta derecede güçsüzlük var
4. Şiddetli güçsüzlük var
5. Çok şiddetli güçsüzlük var

• Elinizde karıncalanma oluyor mu?

1. Olmuyor
2. Hafif karıncalanma var
3. Orta derecede karıncalanma var
4. Şiddetli karıncalanma var
5. Çok şiddetli karıncalanma var

• Geceleri olan uyuşma ve karıncalanmanın şiddeti nedir?

1. Geceleri uyuşma ve karıncalanma yok
2. Hafif
3. Orta
4. Şiddetli
5. Çok şiddetli

• Uyuşma ve karıncalanmalar geceleri uykunuzdan ne sıklıkta uyandırıyor?

1. Hiç uyandırmıyor
2. 1 kez
3. 2-3 kez
4. 4-5 kez
5. 5'ten fazla

• Anahtar, kalem gibi küçük nesnelere tutmakta zorluk yaşıyor musunuz?

1. Zorluk yok
2. Hafif
3. Orta derecede
4. Oldukça
5. Yapamıyorum

Boston Fonksiyonel Durum Skalası

Aktiviteleri yapabilirliğinizi en iyi tanımlayan rakamı yuvarlak içine alınız.

HAREKET	Zorluk yok	Hafif zorluk	Orta zorluk	Çok zor	İmkansız
Yazı yazma	1	2	3	4	5
Kitap okurken kitabı elde tutabilme	1	2	3	4	5
Telefon ahizesini tutma	1	2	3	4	5
Kavanoz açma	1	2	3	4	5
Alışveriş torbalarını taşıma	1	2	3	4	5
Ev işlerini yapma	1	2	3	4	5
Düğme ilikleme	1	2	3	4	5
Giyinme ve yıkanma	1	2	3	4	5

KAYNAKLAR

- 1. Mumenthaler M, Stöhr M, Müller-Vahl H.** *Läsionen Peripherer Nerven und Radikuläre Syndrome.* Türk-Börü Ü (Çeviri editörü). Omuz ve kol bölgesinin tek sinir lezyonları. *Periferik sinir lezyonları ve radiküler sendromlar.* İstanbul: Nobel Tıp kitabevleri, **2005**:224–319.
- 2. Bengston KA, Brault JS.** Hand Disorders. In: Delisa J A. *Physical Medicine & Rehabilitation Principles andQ Practice.* 3th Ed. USA: Lippincott Williams& Wilkins, **2005**: 843–854.
- 3. Ertekin C.** Pleksus Brakiyalisten Çıkan Sinirler. *Santral ve Periferik EMG Anatomi-Fizyoloji-Klinik.* İzmir: Meta Basım Matbaacılık, **2006**:387–453.
- 4. Tanaka S, Wild DK, Seligman PJ et al.** The US prevalence of self-reported carpal tunnel syndrome: 1988 National Health Interview Survey data. *Am J Public Health* **1994**; Nov;84(11):1846–8.
- 5. Stevens J C.** AAEM minimonograph #26: the electrodiagnosis of carpal tunnel syndrome. American Association of Electrodiagnostic Medicine. *Muscle Nevre* **1997**; Dec;20(12):1477–86.
- 6. Tanaka S, Wild D K, Seligman P J.** The US Prevalence of Self-Reported Carpal Tunnel Syndrome: 1988 National Health Interview Survey Data. *American Journal of Public Health* November **1994**, Vol. 84, No. 11.
- 7. de Krom MC, Knipschild PG, Kester AD et al.** Carpal tunnel syndrome: prevalence in the general population. *J Clin Epidemiol* **1992**; Apr;45 (4):373–6.
- 8. Chung MS, Gong HS, Baek GH.** Raynaud's phenomenon in idiopathic carpal tunnel syndrome: postoperative alteration in its prevalence. *J Bone Joint Surg Br* **2000**; Aug;82(6):818–9.

9. **Klauser AS, Halpern EJ, Zordo TD, Feuchtner GM, Arora R, Gruber J, Martinoli C, Löscher WN.** Carpal Tunnel Syndrome Assessment with US: Value of Additional Cross-sectional Area Measurements of the Median Nerve in Patients versus Healthy Volunteers. *Radiology* 2009;250(1):171-177.
10. **Witt JC, Hentz JG, Stevens JC.** Carpal tunnel syndrome with normal nerve conduction studies. *Muscle Nerve* 2004;29:515–522
11. **Gelberman RH, Eaton R, Urbaniak JR.** Peripheral nerve compression. *Instr Course Lect* 1994;43:31–53
12. **Martinoli C, Bianchi S, Gandolfo N, Valle M, Simonetti S, Derchi LE.** US of nerve entrapments in osteofibrous tunnels of the upper and lower limbs. *RadioGraphics* 2000;20:199–213.
13. **Lee D, van Holsbeeck MT, Janevski PK, Ganos DL, Ditmars DM, Darian VB.** Diagnosis of carpal tunnel syndrome: ultrasound versus electromyography. *Radiol Clin North Am* 1999;37(4):859–872.
14. **Wong SM, Griffith JF, Hui AC, Lo SK, Fu M, Wong KS.** Carpal tunnel syndrome: diagnostic usefulness of sonography. *Radiology* 2004;232(1):93–99.
15. **Ziswiler HR, Reichenbach S, Vogelin E, Bachmann LM, Villiger PM, Juni P.** Diagnostic value of sonography in patients with suspected carpal tunnel syndrome: a prospective study. *Arthritis Rheum* 2005;52(1):304–311.
16. **Buchberger W, Judmaier W, Birbamer G, Lener M, Schmidauer C.** Carpal tunnel syndrome: diagnosis with high-resolution sonography. *Am J Roentgenol.* 1992 Oct;159(4):793-8.
17. **Wiesler ER, Chloros GD, Cartwright MS, Smith BP, Rushing J, Walker FO.** The use of diagnostic ultrasound in carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg [Am]* 2006;31(5):726–732.

18. **Koyuncuoglu HR, Kutluhan S, Yesildag A, Oyar O, Guler K, Ozden A.** The value of ultrasonographic measurement in carpal tunnel syndrome in patients with negative electrodiagnostic tests. *Eur J Radiol* 2005; 56(3):365–369.
19. **Yesildag A, Kutluhan S, Sengul N, et al.** The role of ultrasonographic measurements of the median nerve in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Clin Radiol* 2004;59(10):910–915.
20. **Nakamichi KI, Tachibana S.** (2000) Enlarged median nerve in idiopathic carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 23:1713–1718
21. **El Miedany YM, Aty SA, Ashour S.** Ultrasonography versus nerve conduction study in patients with carpal tunnel syndrome: substantive or complementary tests? *Rheumatology (Oxford)* 2004;43:887–895
22. **Pastare D, Therimadasamy AK, Lee E, Wilder-Smith EP.** Sonography versus nerve conduction studies in patients referred with a clinical diagnosis of carpal tunnel syndrome. *J Clin Ultrasound* 2009;37:389–393
23. **Sarría L, Cabada T, Cozcolluela R, Martínez-Berganza T, García S .** Carpal tunnel syndrome: usefulness of sonography. *Eur Radiol* 2000;10:1920–1925
24. **Orman G, Ozben S, Huseyinoglu N, Duymus M, Orman KG.** Ultrasound elastographic evaluation in the diagnosis of carpal tunnel syndrome: initial findings. *Ultrasound Med Biol* 2013;39(7):1184–1189.
25. **Kantarci F, Ustabasioglu FE, Delil S, Olgun DC, Korkmazer B, Dikici SA et. al.** Median nerve stiffness measurement by shear wave elastography: a potential sonographic method in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Eur Radiol* (2014) 24:434–440
26. **Miyamoto H, Halpern EJ, Kastlunger M, Gabl M, Arora R, Bellmann-Weiler R, et. al** Carpal Tunnel Syndrome: Diagnosis by means of median nerve elasticity improved diagnostic accuracy of US with sonoelastography. *Radiology* 2014;270(2):481-486

27. **Miyamoto H, Siedentopf C, Kastlunger M, Martinoli C, Gabl M, Werner R, et. al.** Intracarpal tunnel contents: evaluation of the effects of corticosteroid injection with sonoelastography. *Radiology* 2014;270(3):809-814
28. **Netter FH.** *Atlas of Human Anatomy.* Cumhuriyet M (Çeviri Editörü). Üst Ekstremiteler. *İnsan Anatomisi Atlası.* 3. baskıdan çeviri, İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri, 2005:399-466.
29. **Bagatur AE.** Karpal Tünel Sendromu. *Türkiye Klinikleri J Surg Med Sci* 2006; 2(17):52-63.
30. **Schmidt, H. M; Moser, T; Lucas, D: Klinisch – anatomische Untersuchungen des Karpaltunnels der menschlichen Hand** *Handchir. Mikrochir. Plast. Chir.* 19: 145 – 152 (1987)
31. **Schmidt H. M, Lanz U.,** Chirurgical Anatomy of the Hand; Hippokrates Verlag Stuttgart (1992), p: 39 -40.
32. **Bleeker ML, Bohlmann M, Moreland R et al.** Carpal tunnel syndrome: role of carpal canal size. *Neurology* 1985; Nov;35(11):1599-604.
33. **Sunderland S. The nerve lesion in carpal tunnel syndrome.** *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1976; 39: 615-626.
34. **Dumitru D,Zwarts MJ. Focal peripheral neuropathies.** In: Dumitru D, Amato AA, Zwarts MJ, eds. *Electrodiagnostic Medicine.* 2nd ed. Philadelphia: Hanley & Belfus, inc.2002; ch 24,1043-1070.
35. **Yazıcı JS. Spinal sinirlerin hastalıkları. Öge AE,** editor. *Nöroloji.* Nobel Tıp Kitabevleri,2004; 573-590.
36. **Stewart JD. Compression and entrapment neuropathies.** In: Dyck PC, Thomas PK, eds. *Peripheral Neuropathy.* 3rd edition. Philadelphia. WB Saunders Company, 1993; 961-979.

37. **Adams RD, Victor M, Ropper AH. Principles of Neurology.** 6th edition. New York: McGraw Hill,1997; 1358.
38. **Pfeffer GB, Gelberman RH, Boyes JH,et al.** The history of carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg Br* 198; 13: 28-34.
39. **Slater RR Jr. Carpal Tunnel Syndrome Current Concepts (serial online).**1999 <http://www.eatonhand.com/hw/ctsslater.htm>.
40. **Tanaka S, Wild D,Seligman Pet al .** The US prevalence of self-reported carpal tunnel syndrome: 1988 national health interview survey data. *Am J Health* 1994; 84: 1846-1848.
41. **Stevens JC. AAEM minimonograph #26 :** the electrodiagnosis of carpal tunnel syndrome medicine. *Muscle Nevre* 1997; 20(12): 1477-1486.
42. **Burke DT, Burke MAM, Bell R, et al.** Subjective swelling. *Am J Phys Med Rehabil* 1999; 78(6): 504-508.
43. **Papanicolaou GD, Mc Cabe SJ, Firrell J.** The prevalence and characteristics of nerve compression symptoms in the general population. *J Hand Surg Am* 2001; 26: 460-466.
44. **Schuind F, Ventura M, Pasteels JL.** Idiopathic carpal tunnel syndrome: histologic study of flexor tendon synovium. *J Hand Surg (Am)* **1990**; May;15(3):497–503.
45. **Kerr CD, Sybert DR, Albarracin NS.** An analysis of the flexor synovium in idiopathic carpal tunnel syndrome: report of 625 cases. *J Hand Surg [Am]* **1992**; Nov;17(6):1028–30.
46. **Eversmann WW:** Entrapment and compression neuropathies. *Operative Hand Surgery.* Green DP (ed). New York, Churchill-Livingstone, 1993.
47. **Phalen GS:** The carpal-tunnel syndrome. clinical evaluation of 598 hands. *Clin Orthop* 1972; 83: 29-40.

- 48. Practice parameter for carpal tunnel syndrome (summary statement).** Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* **1993**; Nov;43(11):2406–9.
- 49. MacDermid J C, Wessel J.** Clinical diagnosis of carpal tunnel syndrome: A systematic Review. *Journal of Hand Therapy* **2004**; Apr-Jun; 17,2:309–319.
- 50. Ertaş M.** Nörolojide laboratuar incelemeleri, Elektromyografi. Öge AE. Ed. Nöroloji. Nobel Tıp Kitabevleri, 2004;143-47.
- 51. Chiou H-J, Chou Y-H, Chiou S-Y, Liu J-B, Chang C-Y.** Peripheral Nerve Lesions: Role of High-Resolution US. *RadioGraphics* 2003 23:15e;published online as 10.1148/rg.e15.
- 52. Buchberger W, Schön G, Strasser K, Jungwirth W.** High-resolution Ultrasonography of the Carpal Tunnel. *J.Ultrasound Med.* 1991;10:531-537.
- 53. Garra BS. Elastography:** current status, future prospects, and making it work for you. *Ultrasound Q* 2011;27:177–86.
- 54. Onur MR, Poyraz AK, Ucak EE, Bozgeyik Z, Özercan IH, Ogur E.** Semiquantitative strain elastography of liver masses. *J Ultrasound Med* 2012;31(7):1061-7
- 55. Onur MR, Göya C.** Ultrason elastografi: Abdominal Uygulamalar. *Turkiye Klinikleri J Radiol-Special Topics* 2013;6(3):59-69
- 56. Li Y, Snedeker JG. Elastography:** modality-specific approaches, clinical applications, and research horizons. *Skeletal Radiol* 2011;40:389–97
- 57. Bamber J, Cosgrove D, Di et rich CF, Fromageau J, Bojunga J, Calliada F, et al.** EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1: Basic principles and technology. *Ultraschall Med* 2013;34(2):169-84.

- 58. Itoh A, Ueno E, Tohno E, et al.** Breast disease: clinical application of US elastography for diagnosis. *Radiology* 2006;239:341–50.
- 59. Pallwein L, Mitterberger M, Struve P, et al.** Real-time elastography for detecting prostate cancer: preliminary experience. *BJU Int* 2007;100:42–6.
- 60. Dighe M, Bae U, Richardson ML, et al.** Differential diagnosis of thyroid nodules with US elastography using carotid artery pulsation. *Radiology* 2008;248:662–9.
- 61. Saftoiu A, Vilmann P, Hassan H, Gorunescu F.** Analysis of endoscopic ultrasound elastography used for characterisation and differentiation of benign and malignant lymph nodes. *Ultraschall Med* 2006;27:535–42.
- 62. Friedrich-Rust M, Ong MF, Herrmann E et al.** Real-time elastography for noninvasive assessment of liver fibrosis in chronic viral hepatitis. *AJR Am J Roentgenol* 2007;188:758–64.
- 63. Niitsu M, Michizaki A, Endo A, Takei H, Yanagisawa O.** Muscle hardness measurement by using ultrasound elastography: a feasibility study. *Acta Radiol* 2011;52: 99–105.
- 64. Piazzini DB, Aprile I, Ferrara PE et al.** A systematic review of conservative treatment of carpal tunnel syndrome. *Clin Rehabil* 2007 Apr;21(4):299–314.
- 65. Weiss AP, Sachar K, Gendreau M.** Conservative management of carpal tunnel syndrome: a reexamination of steroid injection and splinting. *J Hand Surg (Am)* 1994; May;19(3):410–5.
- 66. Hunter JM, Davlin LB, Fedus LM.** Major neuropathies of the upper extremity: the median nerve. Ġn. Hunter JM ed. *Rehabilitation of the hand: Surgery and Therapy*, 4th ed. Mosby- Year Book, Inc, 1995: 905–915.
- 67. Levine DW, Simmons BP, Koris MJ et al.** A self-administered questionnaire for the assessment of severity of symptoms and functional status in carpal tunnel syndrome. *J Bone Joint Surg Am* 1993 Nov;75(11):1585–92.

- 68. Grundberg AB.** Carpal tunnel decompression in spite of normal electromyography. *J Hand Surg [Am]* 1983;8(3):348–349.
- 69. Altinok T, Baysal O, Karakas HM, Sigirci A, Alkan A, Kayhan A, et al.** Ultrasonographic assessment of mild and moderate idiopathic carpal tunnel syndrome. *Clin Radiol* 2004;59:916–925.
- 70. Mohammadi A, Afshar A, Etemadi A, Masoudi S, Baghizadeh A.** Diagnostic value of cross-sectional area of median nerve in grading severity of carpal tunnel syndrome. *Arch Iran Med* 2010;13:516–521.
- 71. Ibrahim I, Khan WS, Goddard N, Smitham P.** Carpal tunnel syndrome: a review of the recent literature. *Open Orthop J* 2012;6:69–76.
- 72. Rempel D, Dahlin L, Lundborg G.** Pathophysiology of nerve compression syndromes: response of peripheral nerves to loading. *J Bone Joint Surg Am* 1999;81(11):1600–1610.
- 73. Uchiyama S, Itsubo T, Yasutomi T, Nakagawa H, Kamimura M, Kato H.** Quantitative MRI of the wrist and nerve conduction studies in patients with idiopathic carpal tunnel syndrome. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2005;76:1103–1108.
- 74. Mackinnon SE, Dellon AL, Hudson AR, Hunter DA.** Chronic human nerve compression: a histological assessment. *Neuropathol Appl Neurobiol* 1986;12(6):547–565.
- 75. Jinrok O, Zhao C, Amadio PC, An KN, Zobitz ME, Wold LE.** Vascular pathologic changes in the flexor tenosynovium (subsynovial connective tissue) in idiopathic carpal tunnel syndrome. *J Orthop Res* 2004;22(6):1310–1315.
- 76. Oh J, Zhao C, Zobitz ME, Wold LE, An KN, Amadio PC.** Morphological changes of collagen fibrils in the subsynovial connective tissue in carpal tunnel syndrome. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88(4):824–831.

- 77. Rempel DM, Diao E.** Entrapment neuropathies: pathophysiology and pathogenesis. *J Electromyogr Kinesiol* 2004;14(1):71–75.
- 78. Ettema AM, Amadio PC, Zhao C, Wold LE, An KN.** A histological and immunohistochemical study of the subsynovial connective tissue in idiopathic carpal tunnel syndrome. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86-A(7):1458–1466.
- 79. Niessen FB, Spauwen PH, Schalkwijk J, Kon M.** On the nature of hypertrophic scars and keloids: a review. *Plast Reconstr Surg* 1999;104(5):1435–1458.
- 80. Ketchum LD, Robinson DW, Masters FW.** The degradation of mature collagen: a laboratory study. *Plast Reconstr Surg* 1967;40(1):89–91.
- 81. Martins RS, Siqueira MG, Simplicio H, Agapito D, Medeiros M.** Magnetic resonance imaging of idiopathic carpal tunnel syndrome: correlation with clinical findings and electrophysiological investigation. *Clin Neurol Neurosurg* 2008;110(1):38–45.