

Araştırma Makalesi

Mersin Univ Sağlık Bilim Derg 2024;17(2):219-230

doi:10.26559/mersinsbd.1365041

Karpal Tünel Sendromu tanısında B-mod ultrasonografi, Shear-wave elastografi ve superb mikrovasküler görüntülemenin yeri

 Barış Ten¹,  Kadir Çevik²,  Metin Manouchehr Eskandari³,  Gülhan Temel⁴,
 Kaan Esen¹,  Şükrü Hakan Kaleağası⁵,  Yüksel Balcı¹,  Hasan Hüsnü Yüksek¹,
 Ali Danyal Cömert¹

¹Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji AD, Mersin, Türkiye

²Ankara Etlik Şehir Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji AD, Ankara, Türkiye

³Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji AD, Mersin, Türkiye

⁴Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim AD, Mersin, Türkiye

⁵Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji AD, Mersin, Türkiye

Öz

Amaç: Karpal Tünel Sendromu üst ekstremitenin en çok karşılaşılan nöropatisidir. Elektrodiagnostik testler nöropatinin şiddetini değerlendirerek cerrahi endikasyonu belirlemeye yarayan tanısal bir araçtır. Elektrodiagnostik değerlendirmeler tanı ve tedavi kararını belirlemede yaygın olarak kullanılsa da erken dönem vakalar için %10-25 oranında hata payına sahiptir. Bu sebeple çalışmamızın amacı doku sertliği ve doku vaskülariteyi değerlendiren nispeten yeni kabul edilen ultrasonografik parametreler ile median sinir nöropatisinin derecesini daha yüksek sensitivite ve spesifite ile tespit edilip edilemeyeceğini araştırmaktır. **Yöntem:** Dokuz tek taraflı Karpal Tünel Sendromu tanısı olan (8 kadın, 1 erkek, 56.55±8.86 yaş) hasta çalışmaya dahil edildi. Hastaların sağlıklı taraf el bilekleri kontrol grubu olarak kabul edildi. Hastaların her iki el bileği düzeyinde median sinir, transvers karpal ligaman kalınlıkları, transvers karpal ligaman ile komşu kemik arasındaki mesafe ve bu yapıların doku sertliği (shear wave elastografi) ve vaskülaritesi (superb mikrovasküler görüntüleme) ultrasonografi ile iki farklı radyolog tarafından değerlendirildi. Radyologlar arasındaki uyumun yanı sıra ultrasonografik olarak ölçülen doku kalınlıkları ile cerrahi olarak kaliper ile ölçülen doku kalınlıkları arasındaki uyum da incelendi. **Bulgular:** Karpal Tünel Sendromu kliniği olan el bileklerinde Median sinirin SWE m/s ve kPa değerleri, kliniği olmayanlara göre belirgin derece yüksekti (sırasıyla 0.0003, 0.01). Karpal Tünel Sendromu kliniği olan el bileklerinde Median sinirin Superb mikrovasküler görüntülemesinde mikrovaskülaritede artış vardı (p:0.003). **Sonuç:** Sonuçlarımız Karpal Tünel Sendromlu olgularda Median sinirde sertliğin ve mikrovaskülaritenin arttığını gösterdi. Bu bulgular Karpal Tünel Sendromu tanısında Elektrodiagnostik testlere ek olarak B mode ultrasonografi, Shear wave elastografi ve Superb mikrovasküler görüntüleme incelemelerinin klinisyenlere tedaviye karar verme sürecinde yardımcı olabileceğini düşündürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Karpal tünel sendromu, Shear wave elastografi, Superb mikrovasküler görüntüleme, elektrodiagnostik testler

Yazının geliş tarihi: 22.09.2023

Yazının kabul tarihi: 08.01.2024

Sorumlu yazar: Barış Ten, Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji AD, Çiftlikköy Kampüsü, Mersin, Türkiye. Tel: 0324 2410000/22681, E-posta: drbaristen@hotmail.com

The place of B-mode ultrasonography, shear-wave elastography and superb microvascular imaging in the diagnosis of Carpal Tunnel Syndrome

Abstract

Aim: Carpal Tunnel Syndrome is the most common neuropathy of the upper extremity. Electrodiagnostic tests are used to determine the indication for surgery by assessing the severity of neuropathy. However, these evaluations have a margin of error of 10-25% for early cases. The aim of our study is to investigate whether the degree of median nerve neuropathy can be detected with higher sensitivity and specificity with relatively new ultrasonographic parameters that evaluate tissue stiffness and vascularity. **Method:** The patients' median nerve at both wrist levels, the thickness of the transverse carpal ligament, the distance between the transverse carpal ligament and the adjacent bone, and tissue stiffness (shear wave elastography) and vascularity (superb microvascular imaging) of these structures by ultrasonography. The consistency between ultrasonographically measured tissue thicknesses and surgically measured tissue thicknesses using a caliper was also examined. **Results:** SWE m/s and kPa values of the median nerve in wrists with Carpal Tunnel Syndrome were significantly higher than in wrists without Carpal Tunnel Syndrome ($p=0.0003$, $p=0.01$, respectively). There was an increase in microvascularity in superb microvascular imaging of the median nerve in wrists with Carpal Tunnel Syndrome ($p=0.003$). **Conclusion:** Our results showed that median nerve stiffness and microvascularity increased in cases with Carpal Tunnel Syndrome. These findings suggest that, in addition to electrodiagnostic tests in the diagnosis of Carpal Tunnel Syndrome, B-mode ultrasonography, Shear wave elastography and superb microvascular imaging examinations may help clinicians in the treatment decision-making process.

Keywords: Carpal tunnel syndrome, Shear wave elastography, Superb microvascular imaging, electrodiagnostic testing

Giriş

Karpal Tünel Sendrom'u (KTS) özellikle postmenapozal dönemde kadınlarda sık görülen tuzak nöropatisidir. Karpal Tünel Sendromlu olguların çoğu idiyoPATİKTİR. Genellikle olguların yarısından fazlasında bilateral tutulum görülür. Karpal Tünel Sendrom prevelansı genel popülasyonun yüzde beşidir.¹⁻³ Karpal tünel, el bileği volar yüzde, sınırlarını el bileği kemikleri ile transvers karpal ligaman'ın (TKL) oluşturduğu osteofibröz bir kanaldır. İçerisinden median sinir (MS), fleksör digitorum profundus ve fleksör digitorum superfisiyalis tendonları ile fleksör pollicis longus tendonu geçer.³ Karpal Tünel Sendromunun klasik tanı triyadı MS'in innerve ettiği alanın hipoestezisi ile pozitif Phalen ve Tinel testleridir. Diğer semptom ve bulgular tenar atrofisi ve/veya zayıflığı, gece uyuşmaları ve iki nokta ayırım kaybı bulgularıdır.^{4,5} Elektrodiagnostik testler (EDX) nöropatinin şiddetini değerlendirerek cerrahi endikasyonu belirlemeye yarayan

tanısal bir araçtır. Fakat nöropatinin nedeni hakkında bilgi verememekle birlikte özellikle erken dönem KTS olgularında %10-25 yanlış negatif sonuç verebilmektedir.^{6,7} Elektrodiagnostik testlerin yanlış negatif sonuç verdiği olgularda ultrasonografi (US) klinisyenlere yön gösterici olabilmektedir. Ultrasonografi MS'in morfolojik özelliklerini göstermekle kalmayıp KTS kliniğini oluşturabilecek anatomik varyasyonlar, yapısal değişiklikler ve tümör ya da ganglion kisti gibi yer kaplayan patolojileri de ortaya çıkarabilmektedir.^{8,9} Ultrasonografik olarak TKL hemen proksimalinde MS'in yassılaşması ve cross-sectional alanının (CSA) artması KTS için tipiktir. Her ne kadar MS'in CSA için farklı kesim noktası değerleri verilse de KTS tanısı için yüksek sensitivite ve spesifiteye sahiptir.¹⁰⁻¹²

Bası altındaki sinirin enflamasyon durumunda doku kan akımının artması beklenen bir bulgudur. Süperb

mikrovasküler görüntüleme (SMI) yüksek görüntüleme hızlarında küçük-büyük damarlarda yoğun parazitlenmeleri bastırarak vasküler yapıları hassas bir şekilde gösteren yeni çıkan ultrasonografik görüntüleme tanı aracıdır. Süperb mikrovasküler görüntüleme mikrodamarlardaki düşük akımları tespit edebilmektedir.¹³

Manuel palpasyon geçmişten günümüze hekimlerin ilgilenilen organın sertliği ile ilgili subjektif veri elde ettikleri klinik muayenenin bir parçasıdır.¹⁴ Elastosonografi doku sertliğinde manuel palpasyona göre daha objektif bir tanı yöntemidir. Strain based elastografi (SBE) ve shear wave elastografi (SWE) olarak iki tipi vardır. Strain based elastografide ilgili bölgenin sertliği bir renkli kutu içinde gösterilir. Gerinim oranı hesaplaması ile sadece yarı niceliksel veriler elde edilebilir. Bu yöntemin handikapları niceliksel veri sağlanamaması ve operatör bağımlı olmasıdır.¹⁵ Öte yandan SWE nicel veriler sunmakla birlikte operatöre bağlı değildir.¹⁶⁻¹⁸ Literatürde KTS ile ilgili birkaç adet SMI^{13,19,20} ve SWE^{18,21,22,23} çalışmaları bulunmaktadır. Bildiğimiz kadarıyla literatürde KTS kliniğinde preoperatif B mode US bulgularının intraoperatif ölçümler ile karşılaştırıldığı çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca bildiğimiz kadarıyla literatürde KTS kliniği tanısında hem SMI ve hem SWE'nin birlikte kullanıldığı bir çalışma da bulunmamaktadır. Çalışmamızda KTS tanılı hastalarda EDX'ye ek olarak B mod US, SMI ve SWE ile birlikte MS nöropatisinin derecesini daha yüksek sensitivite ve spesifiteyle tespit edebilmeyi planladık.

Gereç ve Yöntem

01.10.2019 – 01.07.2021 tarihleri arasında Mersin Üniversitesi Ortopedi Anabilim Dalına başvuran tıbbi öykü, fizik muayene bulgularına ve elektronörofizyolojik olarak yeni KTS tanısı alan ve el bilek ultrasonografisi yapılan 18-90 yaş arası hastalar dahil edildi. Prospektif

olarak gerçekleştirilen çalışmamızda sırasıyla KTS'ye yönelik bir el bileğinde daha önceden operasyon öyküsü bulunan 3 vaka, KTS kliniği her iki el bileğinde olan 3 vaka, el bileğinin TKL düzeyinde MS komşuluğunda KTS ölçüm sonuçlarını etkileyebilecek apse, skar gibi fokal ya da sistemik skleroz gibi sistemik hastalığı bulunan 2 vaka, çalışmamızın tasarımında belirlendiği üzere US ve EDX incelemeleri arasında uyum karşılaştırması yapılabilmesi için iki tetkikin gerçekleştirilme tarihleri arasında geçen süre 2 haftadan daha uzun süren 2 vaka, US ve EDX incelemeleri sonrası KTS kliniğine yönelik çeşitli nedenler ile operasyon yapılamayan 4 vaka çalışma dışı bırakılmıştır. Çalışmaya tek el bileğinde KTS kliniği olan 9 olgu dahil edildi. Olguların KTS kliniği olmayan el bilekleri kontrol grubunu oluşturdu. Bu çalışmanın yapılabilmesi için Mersin Üniversitesi Etik Kurulu'ndan (311/2019 nolu) onay alındı.

Ultrasonografi tekniği

Çalışmaya dahil edilen tek el bileğinde KTS kliniği olan 9 olgu, 15 yılı aşkın radyoloji deneyimi bulunan, vakaların kliniklerini bilmeyen iki radyolog tarafından değerlendirilmiştir. Radyologlardan birinin 4 yılı aşkın kas iskelet radyolojisi deneyimi bulunmaktadır.

Çok frekanslı (14 Hertz [Hz]) lineer proba sahip bir ultrason cihazı (Aplio 500; Toshiba Medikal Sistem, Japonya) kullanıldı. İncelemeler B mod US, SWE ve SMI görüntüleri ile yapıldı.

Ultrasonografik ölçümler 3 dakikalık dinlenme sonrası hasta oturur pozisyonda iken dirseğin 90 derece fleksiyonda, ön kolun supinasyonda, el bileğinin nötral pozisyonda ve parmakların semi fleksiyonda olduğu konumda gerçekleştirildi.¹³

Karpal Tünel Sendromu bulunan ve bulunmayan el bileklerinin B -mode US incelemesinde longitudinal planda MS'in TKL düzeyindeki proksimal-orta-distal segmentlerindeki kalınlıkları, TKL kalınlığı ve TKL ile komşu kemik arasındaki mesafe milimetre (mm) cinsinden ölçüldü (Resim 1a).

insizyonundan sonra subkutan yağ dokusu ve palmar aponevroz cilt insizyonu ile aynı hizadan kesildi ve TKL enine liflerine ulaşıldı. Transvers karpal ligaman ulnar sınırından kesildi. Median sinir etraf yapılarından izole edildi. Transvers karpal ligaman ve MS'in kalınlığı 0,01 mm hassasiyetinde dijital kumpas (IP67; Insize Medikal Sistem, Çin) ile ölçüldü. Hemostaz sağlandıktan sonra yara yıkandı ve cilt primer dikişlerle kapatıldı. Bol spanç üzeri, el bileği 10 – 15 derece ekstansiyonda tutan pansuman ve sargı uygulandı.

İstatistiksel analiz

Çalışmanın örneklem boyutunu belirlemek için yapılan power analizde Tip I hata 0.05, Testin gücü 0.80 alınarak hasta ve kontrol grubu arasındaki elastisite değerinin bakımından ayırt etmede %95.6'lık doğruluk oranının istatistik açıdan anlamlı olabilmesi için 5 hasta, 5 kontrol grubu ile çalışılması gerekmektedir.¹⁸

Verilerin normal dağılıma uyum kontrolüne Shapiro Wilk testi ile bakıldı. Verilerin dağılımı normal dağılıma uygun bulundu. Sürekli yapıdaki değişkenler için tanımlayıcı istatistik olarak ortalama ve standart sapma (SD) verildi. Kategorik değişkenler için ise sayı ve yüzde değerleri verildi. Değerlendiriciler arasında uyum olup

olmadığının kontrolünde verinin yapısına bağlı olarak Kappa ve İntraclass korelasyon katsayısı (ICC) hesaplandı. KTS kliniği olan ve olmayan olguların ölçüm ortalamaları bakımından fark olup olmadığının kontrolünde Paired Sample t testi kullanıldı. Kategorik değişkenler arasındaki ilişkilerin incelenmesinde Ki Kare testi kullanıldı. İstatistik anlamlılıkta $p < 0.05$ alındı. Analizler Statistica Version 13.5.0.17 paket programında yapılmıştır.

Bulgular

Demografik ve klinik

Çalışmaya dahil olan 9 vakanın sekizi kadın (%88.9), biri erkek (%11.1) idi. Vakaların yaş aralığı 47-78 yaş, yaş ortalaması 56.5 ± 9.4 idi. Dokuz vakanın yedisinin sağ el bileğinde (%77.8), ikisinin sol el bileğinde (%22.2) KTS kliniği vardı.

Radyologlar arası uyum

Median sinirin SWE m/s ve kPa değerleri değerlendirildiğinde iki araştırmacı arasında sırasıyla mükemmel ve orta derece uyum yakalandı. Mükemmel ve orta derece uyum yakalanan değerlerin her birinin kendi aralarında ortalamaları alındı (Tablo 1).

Tablo 1. Karpal Tünel Sendromu kliniği olan ve olmayan el bileklerinde Ultrasonografik parametrelerin ortalaması ve intraclass coefficients

	Median sinir kalınlık ($\bar{x} \pm SD$)	TKL kalınlık ($\bar{x} \pm SD$)	TKL-komşu kemik mesafe ($\bar{x} \pm SD$)	Shearwave m/s ($\bar{x} \pm SD$)	Shearwave kPa ($\bar{x} \pm SD$)
KTS kliniği olan (n:9)	1,88 ± 0,29	1,44 ± 0,32	11,43 ± 2,26	6,7 ± 0,55	105,18 ± 14,6
KTS kliniği olmayan (n:9)	1,89 ± 0,15	1,34 ± 0,29	11,82 ± 2,03	4,49 ± 1,24	68,58 ± 25,09
P	0,945	0,001	0,446	0,0003	0,01
ICC		0.9769	0.9911	0.9798	0.8209

$p < 0.05$: istatistiksel anlamlılık değeri, \bar{x} : ortalama, SD: standart sapma, ICC: Intraclass coefficients, KTS: Karpal tünel sendromu, TKL: Transvers karpal ligaman, kPa: kilopaskal, m/s: metre/saniye

Ultrason incelemelerinde ayrıca MS'in SMI derecelendirmeleri değerlendirildi. İki araştırmacı arasında orta derece uyum yakalandı (ICC=0.811). Kas iskelet ultrasonografisinde daha deneyimli olan 1. araştırmacının SMI

derecelendirmeleri altın standart kabul edildi.

Üç düzeyden MS kalınlık ölçümlerinde US yapan iki araştırmacı arasında MS'in proksimal ve distal segmentinden yapılan ölçümlerde orta

derece uyumluluk var iken (ICC sırasıyla 0.7344-0.8141), MS'in orta kesim segmentinde yüksek düzey uyumluluk vardı (ICC=0.8677). Araştırmacılar arasında MS'in orta segmentinde yüksek uyum, proksimal ve distal segmentinde orta derece uyum olması nedeniyle tüm bu segmentlerde yapılan kalınlık ölçümleri toplanıp ortalaması alındı. TKL kalınlık ve TKL- kemik mesafesi parametrelerinde iki araştırmacı arasında sırasıyla mükemmel ve mükemmel derece uyum yakalandı (Tablo 1).

Sonografik ve cerrahi sonuçların uyumu

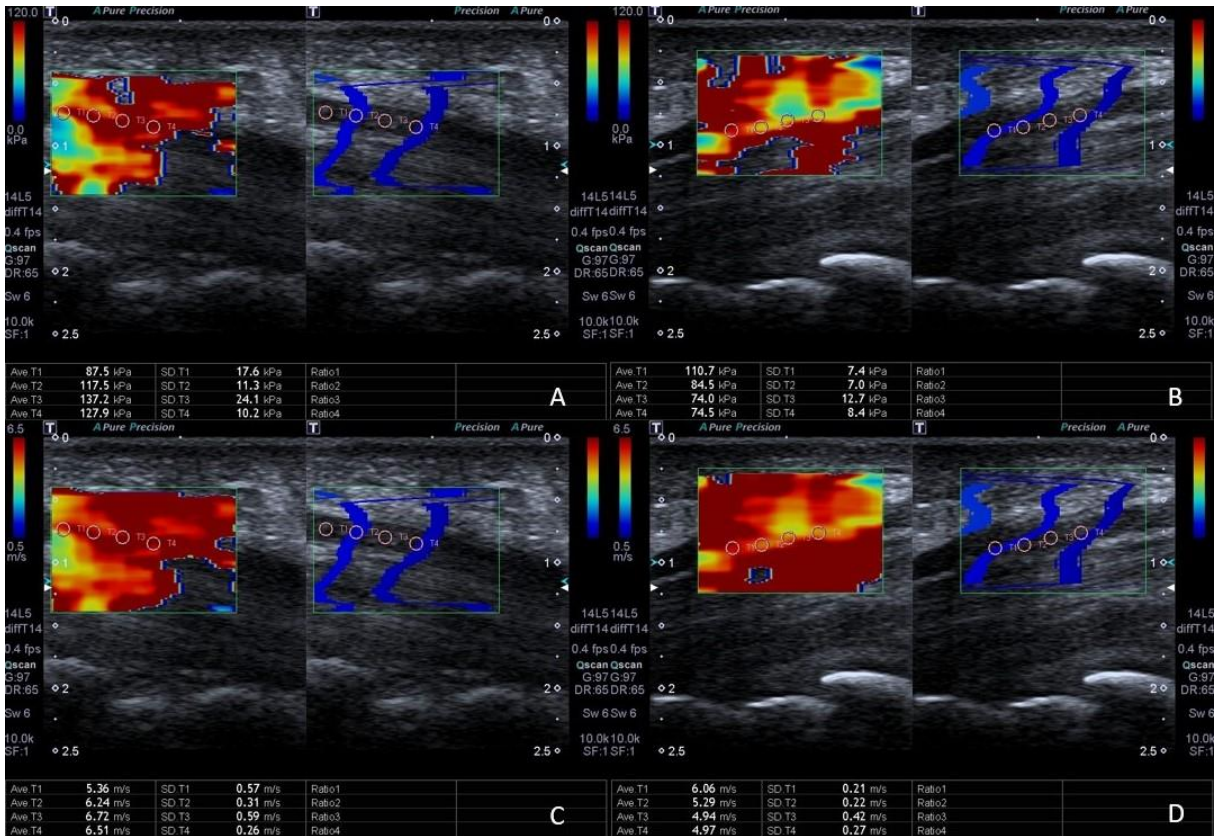
Her iki US yapan araştırmacının ölçtüğü KTS kliniği bulunan el bileklerinde MS kalınlık ortalaması ile altın standart olarak kabul ettiğimiz operasyon sırasında dijital mezüre ile ölçülen MS kalınlık değerleri arasında yüksek derece uyum vardı (ICC=0.8577). Karpal Tünel Sendromu kliniği olan ve olmayan el bileklerinin MS kalınlık

ortalamaları arasında anlamlı fark bulunmadı (Tablo 1).

Transvers karpal ligaman kalınlığı US incelemelerinde TKL orta kesiminden yapıldı. Ultrasonografik TKL kalınlık ölçümleri arasında mükemmel bir uyum vardı (ICC=0.9769). Bu nedenle ölçümlerin ortalaması alınıp KTS kliniği bulunan el bileklerinde altın standart olarak kabul ettiğimiz operasyon sırasında dijital kumpas ile ölçülen TKL kalınlık değerleri arasındaki uyuma bakıldı. Aralarında yüksek derece uyum vardı (ICC=0,8545). Karpal Tünel Sendromu kliniği olan ve olmayan el bileklerinde TKL kalınlık ortalamaları arasında anlamlı fark bulunmadı (Tablo 1).

Ultrasonografik ölçümlerin ortalamaları

Karpal Tünel Sendromu kliniği olan el bileklerinde MS'in SWE m/s ve SWE kPa değerleri, KTS kliniği olmayanlara göre belirgin derece yüksekti (Tablo 1) (Resim 2).



Resim 2. Karpal Tünel Sendromu kliniği olmayan el bileklerinde MS'in SWE kPa (A) değerleri KTS kliniği olan el bileklerine (B) göre belirgin derece düşüktü (p=0,01). Karpal Tünel Sendromu kliniği olmayan el bileklerinde MS'in SWE m/s (C) değerleri KTS kliniği olan el bileklerine (D) göre belirgin derece düşüktü (p=0,0003).

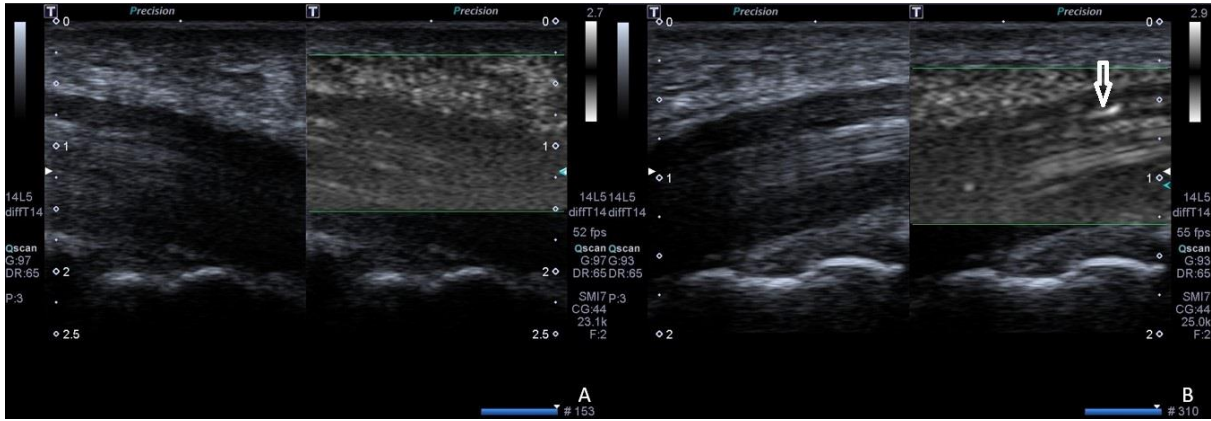
Karpal Tünel Sendromu kliniği olan ve olmayan el bilekleri ile MS'in SMI derecelendirmeleri arasında anlamlı bir ilişki vardı ($p:0.003$) (Tablo 2). Karpal Tünel Sendromu kliniği olmayan el bileklerinde MS'de SMI incelemesinde mikrovaskülarite genellikle izlenmez iken KTS kliniği olan el bileklerinde mikrovaskülarite gözlemlendi (Resim 3).

Karpal Tünel Sendromu kliniği olan ve olmayan el bilekleri ile MSK ve TKL- kemik mesafesi parametreleri arasında anlamlı farklılık yoktu. KTS kliniği olan el bileklerinin TKL kalınlığı ortalaması, KTS kliniği olmayan el bileklerinin TKL kalınlığı ortalamasından sadece 0.1 mm fazla idi ($p=0.001$) (Tablo 1).

Tablo 2. Karpal Tünel Sendromu kliniği olan ve olmayan el bileklerinin MS'in SMI derecelendirmeleri ile el bileği EDX derecelendirmeleri arasındaki ilişki

	Median sinirin Superb mikrovasküler görüntüleme derecelendirmeleri (Yok:0, hafif:1, orta:2)			El bileği Elektrodiagnostik testlerin derecelendirmeleri (Normal:0, hafif:1, orta:2, ileri:3)			
	0 n (%)	1 n (%)	2 n (%)	0 n (%)	1 n (%)	2 n (%)	3 n (%)
KTS kliniği olan (n:9)	0 (0)	6 (60)	3 (100)	1 (20)	2 (28,6)	3 (100)	3 (100)
KTS kliniği olmayan (n:9)	5 (100)	4 (40)	0 (0)	4 (80)	5 (71,4)	0 (0)	0 (0)

KTS: Karpal tünel sendromu



Resim 3. Karpal Tünel Sendromu kliniği olmayan el bileğinde (A) MS'de SMI incelemesinde mikrovaskülarite izlenmiyor iken KTS kliniği olan el bileğinde (B) 1 adet 1 mm'den uzun lineer mikrovaskülarite (ok) seçilmektedir.

Elektrodiagnostik testler ile ultrasonografik değerlendirmeler arasındaki uyum

Karpal Tünel Sendromu tanısında yıllardan beri kullanılan EDX'nin, KTS kliniği olan ve olmayan el bileklerindeki uyumu da değerlendirildi. Yüksek uyum yakalandı (p:0,009) (Tablo 2).

Elektrodiagnostik testlerin derecelendirmeleri ile MS'in SWE m/s ve SWE kPa değerleri arasında bir uyum yoktu (p sırasıyla 0.301, 0.418).

Elektrodiagnostik testlerin derecelendirmeleri ile MS'in SMI derecelendirmeleri arasında anlamlı bir uyum vardı (p:0.05). Elektrodiagnostik testlerin derecelendirmelerine göre normal olan el bileklerinin üçünde (%60), hafif derece olan el bileklerinin ikisinde (%40) Median sinirin Superb mikrovasküler görüntülemesinde vaskülaritesi yoktu. Elektrodiagnostik testlerin derecelendirmelerine göre orta ve ileri derece el bileklerinde Median sinirin Superb mikrovasküler görüntülemesinde vaskülarite yokluğu izlenmedi. Median sinirin Superb mikrovasküler görüntülemesine göre hafif derece vaskülaritesi olan el bileklerinin EDX derecelendirmesine göre normal olanlarının sayısı iki (%20), hafif derece olanlarının sayısı beş (%50), orta derece olanlarının sayısı iki (%20) ve ağır derece olanlarının sayısı bir (%10) idi. Median sinirin Superb mikrovasküler görüntülemesine göre orta derece vaskülaritesi olan el bileklerinin EDX derecelendirmesine göre normal ve hafif derece olanları bulunmaz iken orta derece olanlarının sayısı bir (%33,3) ve ağır derece olanlarının sayısı iki (%66,7) idi.

Elektrodiagnostik testlerin derecelendirmeleri ile MS kalınlık, TKL kalınlık, TKL- komşu kemik arasındaki mesafe değerleri arasında bir uyum yoktu (p sırasıyla 0.246, 0.730, 0.740).

Tartışma

Kantarıcı ve ark MS katılığını SWE ile birlikte KTS'li olgularda normal olgulara göre belirgin derece yüksek bulmuşlar. Karpal Tünel Sendromu tanısı için MS katılığının

kesim noktası değerini %93.3 sensitivite, %88.9 spesifite ile 40.4 kPa olarak tespit etmişler. Elektrodiagnostik testlerin ölçümlerine göre şiddetli ve aşırı şiddetli KTS grubunda ortalama katılığı, hafif ve orta şiddetli gruba göre belirgin derece yüksek bulmuşlardır.¹⁸

Wee ve ark MS katılığını SWE ile birlikte KTS'li olgularda normal olgulara göre belirgin derece yüksek bulmuşlar. Karpal Tünel Sendromu tanısı için MS katılığının kesim noktası değerini %63 sensitivite, %64 spesifite ile 86 kPa olarak tespit etmişler. Elektrodiagnostik testlerin ölçümlerine göre orta şiddetli ve şiddetli KTS grubunda ortalama katılığı hafif derece ve EDX negatif gruba göre belirgin derece yüksek bulmuşlardır.²²

Cingoz ve ark MS katılığını SWE ile birlikte KTS'li olgularda normal olgulara göre belirgin derece yüksek bulmuşlar. Karpal Tünel Sendromu tanısı için MS katılığının kesim noktası değerini %78.6 sensitivite, %62.5 spesifite ile 40.4 kPa olarak tespit etmişler. Elektrodiagnostik testlerin ölçümlerine göre orta şiddetli ve şiddetli KTS grubunda ortalama katılığı, hafif derece gruba göre belirgin derece yüksek bulmuşlardır.²³

Nam ve ark KTS'li olgularda normal olgulara göre SWE ile birlikte MS katılığını belirgin derece yüksek bulmuşlar fakat Nam ve ark KTS şiddetinin tüm evreleri arasında ayırım yapamamışlardır.²¹

Çalışmamızda da bizden önceki çalışmalar^{18,21,22,23} ile uyumlu olarak KTS kliniği olan el bileklerinde MS'in SWE kPa değerleri, KTS kliniği olmayanlara göre belirgin derece yüksekti. Çalışmamızın diğer çalışmalara göre özgünlüğü SWE incelemesinde kullanılan 2 parametreden biri olan m/s 'nin ilk kez kullanılmasıdır. Bizden önceki çalışmalarda sadece SWE'nin kPa parametresi kullanılmıştır.^{18,21,22,23}

Çalışmamızda KTS'li olgular için Wee ve ark'nın²² çalışmasına yaklaşık SWE kPa ortalama değerleri bulduk. Wee ve ark²² çalışmalarındaki SWE kesim noktası değerlerinin Kantarcı¹⁸, Cingoz ve ark 'nın²³ çalışmalarındaki SWE kesim noktası değerlerinden yüksek çıkmasının nedenini çalışmalarındaki KTS olgularının yaş ortalamasının diğer iki çalışmanın yaş

ortalamasından yüksek olması olabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmamız, Wee²², Kantarcı¹⁸, Cingoz ve ark²³ 'nın çalışmalarındaki KTS olgularının yaş ortalaması sırasıyla 56.5, 58.1, 51.6 ve 50 idi. Wee ve ark da çalışmamızla benzer olarak yaşlı KTS hastalarının gençlere göre MS'nin daha katı olduğunu söylemişlerdir.²² Karpal Tünel Sendromu'nda MS'deki patoloji geçen süreyle ilişkili olarak değişir. Erken dönem KTS kliniğinde MS anatomik yapısında hasar yok iken sadece fizyolojik ileti bozukluğu gözlenmektedir. Orta dönemde ek olarak miyelin kılıf atrofisi gelişmektedir. Geç dönemde ise ek olarak MS temel yapı taşı olan aksonlarda dejenerasyon gelişir ve yerini fibrozis alabilir. Bu nedenle aksonal dejenerasyonu gelişmiş uzun süreli KTS'li yaşlı hastalarda cerrahi gevşetmenin kliniğe faydası bulunmayabilir.^{22,26,27} Uzun süreli KTS kliniği olan hastalarda tedaviye yaklaşımda hastanın yaşının ön planda tutulması gerektiği çıkarımını yapabiliriz.

Çalışmamızda da Nam ve ark'nın²¹ çalışmasındaki gibi tüm EDX derecelendirmeleri ile MS'in SWE m/s ve SWE kPa değerleri arasında bir uyum yoktu (p sırasıyla 0.301, 0.418). Kantarcı, Wee, Cingoz ve ark'nın çalışmalarında SWE ile EDX derecelendirmelerinin karşılaştırmasında EDX grupları içinde birleştirmeler yapılarak karşılaştırma gerçekleştirilmiştir. Tüm EDX derecelendirmelerine göre bir karşılaştırma yapmamışlardır.^{18,22,23}

Chen ve ark KTS'li hastalarda SMI değerini color Doppler ultrasonografi (CDUS) ve power Doppler ultrasonografi (PDUS) ile karşılaştırmışlardır. KTS'li hastalarda SMI için kan akımı görüntüleme oranının CDUS ve PDUS'a göre oldukça yüksek olduğunu bildirmişlerdir.¹⁹ Endo ve ark KTS grubunda kontrol grubuna göre SMI'da MS'de belirgin daha yüksek kan akımını göstermiştir.²⁰ Çalışmamızda diğer çalışmalar ile uyumlu olarak KTS kliniği olan ve olmayan el bilekleri ile MS'in SMI derecelendirmeleri arasında anlamlı bir ilişki vardı (p=0.003) (Tablo 2). Karahan ve ark KTS olgularında SMI değerleri ile EDX parametreleri olan motor nerve distal latency, sensory nerve action potential amplitüde ve sensory nerve velocity arasında

güçlü bir korelasyon bulmuşlardır.¹³ Çalışmamızda SMI derecelendirmelerinde 1. derece mikrovaskülariteyi hafif derece, 2. derece mikrovaskülariteyi ağır derece olarak belirledik. Çalışmamızda Karahan ve ark'nın¹³ çalışmasıyla uyumlu olarak, EDX derecelendirmeleri ile MS'in SMI derecelendirmeleri arasında anlamlı bir ilişki vardı (p=0.05). Ağır derece SMI vakaları, ağır-orta derece EDX bulguları göstermekteydi (Tablo 2).

Çalışmamızda MS'in proksimal ve distal kesimlerindeki ultrasonografik vertikal kalınlık ölçümleri arasında orta segmente göre nispeten az uyumluluk bulundu. Bunun nedeni ölçümler esnasında probun uzun eksenine MS'in uzun eksenine üzerine yerleştirildiğinde sinirin oblik seyri nedeniyle proksimal ve distal segmentlerinin vertikal kalınlığının tam olarak değerlendirilememesi olabilir.

Karpal Tünel Sendromu olgularında MS'in CSA kesim noktası değeri farklı çalışmalarda 8.5-15 mm² arasında değişmekle birlikte normal olgulara göre yüksek bulunmuş olup MS'in yassılaştığı tespit edilmiştir.¹⁰⁻¹² Çalışmamızda KTS olan ve olmayan olgularda MS'in vertikal kalınlığı arasında istatistiki olarak anlamlı farklılık olmaması (p:0,960), KTS olgularında MS'in alanının genişlemesinin TKL'nın basısına bağlı transvers planda gerçekleştiğini düşündürmektedir.

Çalışmamızda KTS kliniği olan el bileklerinde TKL vertikal kalınlığı ortalaması, KTS kliniği olmayan el bileklerinin TKL vertikal kalınlığı ortalamasından sadece 0.1 mm kalındı (p: 0,001). Bartolome-Villar ve ark. çalışmamız ile uyumlu olarak TKL kalınlığının direk olarak KTS semptomları ile ilişkili olmadığını bulmuşlardır.²⁸ Lin ve ark KTS olguları ile sağlıklı olgular arasında TKL kalınlığı, histolojisi ya da biomekanik davranışı bakımından anlamlı farklılık bulmamışlardır.²⁹ Arı ve ark. KTS olgularında TKL kalınlığı ile EDX bulguları ve KTS hastalık süresi arasında anlamlı bir ilişki bulmamışlardır.³⁰ Literatür ile uyumlu olan bu bulguyu KTS'da MS üzerine baskı oluşturan temel patolojinin TKL kalınlaşması

olmadığı şeklinde yorumlamamız mümkündür.

Karpal tünel, el bileği volar yüzde, sınırlarını el bileği kemikleri ile TKL 'nin oluşturduğu osteofibröz bir kanaldır.³ Literatürde bildiğimiz kadarıyla TKL ile kemik yapılar arasındaki mesafeyi KTS kliniği olan ve olmayan olgularda ölçen bir çalışma bulunmamaktadır. Karpal Tünel Sendromu kliniği olan ve olmayan el bileklerinde TKL- kemik mesafesi parametreleri açısından anlamlı bir fark saptamadık (p: 0,710). Bu bulgu KTS oluşumunda TKL-karpal kemikler arası mesafenin daralması ve dolayısıyla karpal tünel hacminde azalmanın temel patoloji olmadığını düşündürmektedir. Kanımızca KTS'de karpal tünel içi hacim değişimsiz basıncın artmasına yol açan mekanizmalar MS'in uzun süreli baskı altında kalmasına yol açmaktadır.

Karpal Tünel Sendromu tanısında yıllardan beri kullanılan EDX'in, KTS kliniği olan ve olmayan el bileklerindeki uyumu da değerlendirildi. Literatürle benzer olarak yüksek uyum yakalandı (p=0,009).^{6,7} Elektrodiagnostik testler yüksek özgüllüğe sahipse de hastaların %10-20'sinde yanlış negatif sonuçlara neden olan duyarlılıkta belirgin değişkenliğe (%56-85) sahiptir.^{6,7} Çalışmamızda literatürle uyumlu olarak KTS kliniği olan dokuz hastanın birinde EDX normal olarak değerlendirildi (Tablo 2). Bu hastanın SWE m/s ve SWE kPa değerleri KTS kliniği olan el bileklerinde MS'in SWE m/s ve SWE kPa ortalama değerleri ile uyumlu bulunmaktaydı. Median sinirin SMI derecelendirmesi de hafif derece mikrovaskülarite ile uyumlu olup KTS kliniğini desteklemekteydi (Tablo 2). Elektrodiagnostik testlerin verilerine göre iki hafif derece KTS bulgusu bulunan olguda ise SMI derecelendirmesine göre KTS bulgusu yoktu. Bu bulgularda KTS tanısında SWE ve SMI'nin EDX'ye ek katkı sağlayabileceğini düşündürmektedir.

Çalışmamızın çeşitli kısıtlamaları vardı. İlk olarak çalışmamızda örneklem boyutu küçüktü. İkinci olarak her ne kadar ultrasonografik ölçümlerde interobserver değerlendirme yapsak da altın standart olarak ultrasonografik değerler ile yüksek-

mükemmel korelasyon gösteren operasyon sırasında kumpas ile ölçülen kalınlık değerlerinde, tek bir araştırmacı tarafından ölçümler gerçekleştirilmişti. Son olarak ultrasonografik ölçümler sadece karpal tünel giriş düzeyinde yapıldı. Önkol ve karpal tünel distalinde KTS olgularında MS'in SMI ve SWE değerlerinin nasıl değiştiğini bilmiyoruz.

Sonuç ve Öneriler

Çalışma sonuçlarımız KTS'li olgularda MS'de sertliğin ve mikrovaskülaritenin arttığını gösterdi. Bu artış MS'nin transvers karpal ligaman altından geçtiği ve basıya uğrayarak yassılaştığı bölgede saptandı. Bu bulgular KTS tanısında EDX incelemesine ek olarak B mode US, SWE ve SMI incelemelerinin klinisyenlere tedaviye karar verme sürecinde yardımcı olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca TKL vertikal kalınlık ortalamasında KTS kliniği olan el bileklerinde olmayan el bileklerine göre sadece 0.1 mm'lik kalınlaşma izlenmesi, TKL- komşu kemik arasındaki mesafenin KTS kliniği olan ve olmayan el bileklerinde anlamlı farklılık göstermemesi, KTS kliniğinin MS'e komşu yapıların basısına ya da karpal tünel alan darlığına bağlı olmaktan ziyade karpal tünel içi basınç artışının MS'e uzun süreli etkisine bağlı olabileceğini düşündürmektedir.

Yazar katkısı: BT: Verilerin toplanması, verilerin analizi, bulguların yorumlanması, literatür taraması ve tartışma bölümünün düzenlenmesi, KÇ: Verilerin toplanması, verilerin analizi, MME: Bulguların yorumlanması, tartışma bölümünün düzenlenmesi, GT: Verilerin analizi, bulguların yorumlanması, KE: Verilerin toplanması, bulguların yorumlanması ŞHK: Verilerin toplanması, tartışma bölümünün düzenlenmesi, YB: Verilerin analizi, tartışma bölümünün düzenlenmesi, HHY: Verilerin analizi, literatür taraması, ADC: Verilerin analizi, literatür taraması.

Çıkar çatışması: Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Mali destek: Bu çalışma Mersin Üniversitesi Bilimsel Akademik Proje (2020-1-AP7-4083) tarafından desteklenmiştir.

Kaynaklar

1. Phalen GS. The birth of a syndrome, or carpal tunnel revisited. *J Hand Surg Am.* 1981; 6:109–110.
2. D’Arcy CA, McGee S. Does this patient have carpal tunnel syndrome? *JAMA.* 2000; 283:3110–3117.
3. Ibrahim I, Khan WS, Goddard N, Smitham P. Carpal tunnel syndrome: a review of the recent literature. *Open Orthop J.* 2012;6:69–76.
4. Graham B. The value added by electrodiagnostic testing in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *J Bone Joint Surg.* 2008; 90:2587–2593.
5. Fowler JR, Cipolli W, Hanson T. A comparison of three diagnostic tests for carpal tunnel syndrome using latent class analysis. *J Bone Joint Surg.* 2015;97:1958–1961.
6. Roll SC, Case-Smith J, Evans KD. Diagnostic accuracy of ultrasonography vs. electromyography in carpal tunnel syndrome: a systematic review of literature. *Ultrasound Med Biol.* 2011;37:1539–1553.
7. Jablecki CK, Andary MT, Floeter MK, et al. Practice parameter: electrodiagnostic studies in carpal tunnel syndrome. Report of the American Association of Electrodiagnostic Medicine, American Academy of Neurology, and the American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation. *Neurology.* 2002;58:1589–1592.
8. Ozcakar L, Kara M, Chang KV, et al. Nineteen reasons why physiatrists should do musculoskeletal ultrasound: EURO-MUSCULUS/ USPRM recommendations. *Am J Phys Med Rehabil.* 2015;94:45–94.
9. Kara M, Ozcakar L, De Muynck M, Tok F, Vanderstraeten G. Musculoskeletal ultrasound for peripheral nerve lesions. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2012;48:665–674; quiz 708.
10. Descatha A, Huard L, Aubert F, et al. Meta-analysis on the performance of sonography for the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Semin Arthritis Rheum.* 2012;41:914–922.
11. Mohammadi A, Afshar A, Etemadi A, et al. Diagnostic value of crosssectional area of median nerve in grading severity of carpal tunnel syndrome. *Arch Iran Med.* 2010;13:516–521.
12. Klauser AS, Halpern EJ, De Zordo T, et al. Carpal tunnel syndrome assessment with US: value of additional cross-sectional area measurements of the median nerve in patients versus healthy volunteers. *Radiology.* 2009;250:171–177.
13. Karahan AY, Arslan S, Ordahan B, Bakdik S, Ekiz T. Superb Microvascular Imaging of the Median Nerve in Carpal Tunnel Syndrome: An Electrodiagnostic and Ultrasonographic Study. *J Ultrasound Med.* 2018;37(12):2855–2861.
14. Yuan-cheng Fung. *Biomechanics: Mechanical Properties of Living Tissues*, Springer Science & Business Media, 2013.
15. A. Nowicki, K. Dobruch-Sobczak. Introduction to ultrasound elastography, *J. Ultrason.* 2016;16(65):113–124.
16. J.L. Gennisson, T. Deffieux, M. Fink, et al. *Ultrasound elastography: principles and techniques*, DIR. 2013;94(5):487–495.
17. R.J. De Wall. *Ultrasound elastography: principles, techniques, and clinical applications*, *Crit. Rev. Biomed. Eng.* 2013;41.1:1–19.
18. Kantarci F, Ustabasioglu FE, Delil S, 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(2):434–440.
19. Chen J, Chen L, Wu L, et al. Value of superb microvascular imaging ultrasonography in the diagnosis of carpal tunnel syndrome: Compared with color Doppler and power Doppler. *Medicine (Baltimore).* 2017;96(21):6862.
20. Endo T, Matsui Y, Kawamura D, et al. Diagnostic Utility of Superb Microvascular Imaging and Power Doppler Ultrasonography for Visualizing Enriched Microvascular Flow in Patients With Carpal Tunnel Syndrome. *Front Neurol.* 2022;13:832569.

21. Nam K, Peterson SM, Wessner CE, Machado P, Forsberg F. Diagnosis of Carpal Tunnel Syndrome using Shear Wave Elastography and High-frequency Ultrasound Imaging. *Acad Radiol.* 2021;28(9):278-287.
22. Wee TC, Simon NG. Shearwave Elastography in the Differentiation of Carpal Tunnel Syndrome Severity. *PM R.* 2020;12(11):1134-1139.
23. Cingoz M, Kandemirli SG, Alis DC, Samanci C, Kandemirli GC, Adatepe NU. Evaluation of median nerve by shear wave elastography and diffusion tensor imaging in carpal tunnel syndrome. *Eur J Radiol.* 2018;101:59-64.
24. American Association of Electrodiagnostic Medicine, American Academy of Neurology, American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation Practice parameter for electrodiagnostic studies in carpal tunnel syndrome: summary statement. *Muscle Nerve.* 1993;16:1390-91.
25. Padua L, Lo Monaco M, Gregori B, Valente EM, Padua R, Tonali P. Neurophysiological classification and sensitivity in 500 carpal tunnel syndrome hands. *Acta Neurol Scand.* 1997;96:211-217.
26. Gregoris N, Bland J. Is carpal tunnel syndrome in the elderly a separate entity? Evidence from median nerve ultrasound. *Muscle Nerve.* 2019;60:217-218.
27. Mulroy E, Pelosi L. Carpal tunnel syndrome in advanced age: a sonographic and electrodiagnostic study. *Muscle Nerve.* 2019;60:236-241.
28. Bartolome' -Villar A, Pastor-Valero T, Fuentes-Sanz A, Varillas-Delgado D, Garcı'a-de Lucas F. Influence of the thickness of the transverse carpal ligament in carpal tunnel syndrome. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol (Engl Ed).* 2018;62:100-104.
29. Lin R, Lin E, Engel J, Bubis JJ. Histomechanical aspects of carpal tunnel syndrome. *Hand.* 1983;15:305-309.
30. Arı B, Akçiçek M, Taşcı I, Altunkılıç T, Deniz S. Correlations between transverse carpal ligament thickness measured on ultrasound and severity of carpal tunnel syndrome on electromyography and disease duration. *Hand Surg Rehabil.* 2022;41(3):377-383.