

# Diyabetik Hastalarda Median Sinir Anatomisinin Ultrason Eşliğinde Değerlendirilmesi: Kontrollü Çalışma

## The Assessment of Anatomic Structure of Median Nerve in Diabetic and Control Group Patients Using Ultrasound: A Controlled Study

Esra ÇİRCİ<sup>1</sup> , Sibel ÇAĞLAR OKUR<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>İstanbul Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Bakırköy Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Kliniği, İstanbul, Türkiye

### ÖZ

**Amaç:** Diyabetik hastaların median sinir anatomik yapısının ultrason eşliğinde karpal tünel düzeyinde 3 farklı seviyede değerlendirmek ve kontrol grubu ile karşılaştırmaktır.

**Yöntemler:** Ocak 2016-Mayıs 2016 tarihleri arasında 52 diyabetik hasta, 46 kontrol toplam 98 hastanın sağ elleri ultrason ile median sinirin çapraz kesit alanı ultrason ile transvers karpal ligamentin proksimalinde, transvers karpal ligamentin altında ve transvers karpal ligamentin distalinde en geniş görüldüğü yerde ölçüm yapılarak kaydedildi.

**Bulgular:** Diyabetik ve kontrol grubu hastalar karşılaştırıldığında median sinirin çapraz kesit alanı transvers karpal ligamentin proksimalinde farklı bulunmazken ( $p>0,05$ ), transvers karpal ligamentin altında ve distalinde median sinirin çapraz kesit alanı gruplar arasında farklı olduğu belirlendi  $p<0,05$ . Diyabetik hasta grubunda median sinirin çapraz kesit alanı daha fazla olduğu belirlendi.

**Sonuç:** Median sinir anatomik yapısı ultrasonografik değerlendirme ile hızlı, hastaya rahatsızlık vermeden ve yüksek görüntü kalitesiyle dinamik olarak değerlendirmek mümkündür. Periferik nöropati açısından riskli olan hastalarda median sinirde ortaya çıkacak değişikliklerin klinik bulgular başlamadan erken dönemde gösterilebilmesi için ultrasonografi değerli bir radyolojik değerlendirme yöntemidir.

**Anahtar Kelimeler:** Diyabet, median sinir, ultrason

### ABSTRACT

**Objective:** In this study we measured the anatomic structure of median nerve in three different levels of carpal tunnel in diabetic and control group patients using ultrasound.

**Methods:** Between January 2016 and May 2016, 52 diabetic and 46 control group patients were evaluated by ultrasound. Median nerve cross sectional area was measured and recorded in its largest part at the level of proximal, midtunnel, and distal of transvers carpal ligament.

**Results:** While no significant difference was found between the measurement of the median nerve cross sectional area at proximal level ( $p>0.05$ ), a significant differences was found in the midtunnel and distal level of transvers carpal ligament ( $p<0.05$ ). Median nerve cross sectional area was found to be larger in the diabetic patients than in control group patients.

**Conclusion:** The anatomical structure of median nerve can be dynamically evaluated in a short time without causing any discomfort to the patient using ultrasound. Ultrasound is a valuable imaging technique to detect changes occurring at an early stage in median nerve in patients with risk of peripheral neuropathy.

**Keywords:** Diabetes, median nerve, ultrasound

### Giriş

Diyabet, hiperglisemi ile karakterize, karbonhidrat ve lipid metabolizmalarının bozukluğu ile seyreden, kronik ve ilerleyici bir hastalıktır. Bozuk karbonhidrat kullanımına yol açan yetersiz insülin salgısı, diyabetin karakteristik bir özelliğidir. Nöronlarda ve schwann hücrelerinde kronik hiperglisemi varlığında glikoz heksokinaz yoluyla glikoz-6-fosfata döner. Bu durum osmotik geçirgenliğin değişimiyle sonuçlanır takibinde akson ve sinir köklerinde şişme meydana gelir. Uzamış hiperglisemi oksidatif stresi artırmaktadır (1). Diyabetik hastalarda yapısal proteinlerin (tip IV kollajen, laminin) glukolizasyonu, bu proteinlerde anormal çapraz bağlanmalar meydana getirerek işlevini bozar ve parçalanmaya dayanıklı hale getirir. Kollajenaz enziminin glukolizasyonu ile kollajeni parçalama işlevi de bozularak dokuda birikime uğrar ve biriktiği

**Cite this article as:** Çirci E, Çağlar Okur S. The Assessment of Anatomic Structure of Median Nerve in Diabetic and Control Group Patients Using Ultrasound: A Controlled Study. Bezmalem Science 2018; 6: 27-30.

**Yazışma Adresi/Address for Correspondence:** Esra ÇİRCİ, İstanbul Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye E-mail: esracirci@hotmail.com

Geliş Tarihi / Received : 30.06.2016  
Kabul Tarihi / Accepted: 12.12.2016

©Telif Hakkı 2018 Bezmalem Vakıf Üniversitesi - Makale metnine www.bezmalemscience.org web sayfasından ulaşılabilir.  
©Copyright 2018 by Bezmalem Vakıf University - Available online at www.bezmalemscience.org

dokuda hasara neden olur (2). Diyabet hastalarında glikozun sorbitole dönüşümünü sağlayan aldoz redüktaz enziminin artışına bağlı, periferik sinirlerin sıvı içeriğinde de artış sonucu şişme geliştiği hipotezi öne sürülmüştür (3). Bozulmuş glikoz toleransı ve progresif insülin yetersizliği hiperglisemi olmaksızın bile nöropeptid sentezini etkileyerek fonksiyonel ve yapısal nöropati ile ilişkili olduğu da belirlenmiştir (1).

Karpal tünel sendromu el bileğindeki median sinirin karpal tünel içerisinden geçerken transvers karpal ligamentin altında basıya uğraması sonucu gelişen en yaygın tuzak nöropatisidir. Transvers karpal ligamentin kalınlaşması yada tünel içi ödem nedeniyle basınç artışı karpal tünel sendromu nedenleri arasındadır. El ve el bileğinde ağrı, median sinir dağılım alanında uyuşma ve parestezi ile karakterizedir (4).

Ultrason ile eldeki median sinir anatomisini değerlendirmek, erken dönemde patolojilerin teşhisine olanak sağlamaktadır (4, 5). Çalışmadaki amacımız, non-invaziv ultrason yöntemini kullanarak, median sinirin anatomik yapısını, diyabetik ve kontrol hastalarda incelemek ve tuzak nöropati açısından riskli olan hastaları kontrol grubu ile karşılaştırmaktır.

## Yöntemler

Çalışma için Bakırköy Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nden (2018/113) etik kurul onayı ve çalışmaya katılan hastalardan onam alındı. İstanbul Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde Ocak 2016-Mayıs 2016 tarihleri arasında 52 diyabetik hasta, 46 kontrol toplam 98 hastanın sağ el median siniri, ultrason ile karpal tünelin 3 farklı bölgesinden değerlendirildi. Diyabetik ve kontrol grubunda yer alan tüm hastalar, sağ ellerini dominant olarak kullanıyorlardı. 18 yaş altı hastalar çalışmaya alınmadı. Romatoid artrit tanısı olan ve nöropatik hastalığı bulunan hastalar çalışmaya alınmadı.

## Çalışma grubu

Tip II diyabet teşhisi ile takip edilen, yaş ortalaması 62,4±9,6 yıl olan 52 diyabetik hasta (20 erkek, 32 kadın) değerlendirildi. Hastaların diyabet tanısı ile takip süreleri ortalama 10,3±7,5 yıl idi. Diyabetin süresi ve tedavi süresi kaydedildi. Tuzak nöropati klinik bulguları (uyuşma, karıncalanma, elektriklenme vb.) gösteren hastalar değerlendirmeye alınmadı. Tinel ve Phalen testleri uygulandı bulgu vermeyen hastalar çalışmaya alındı. Tüm hastaların vücut kitle indeksleri hesaplandı. Laboratuvar parametresi olarak tüm hastaların HbA1c düzeylerine ölçüldü.

## Kontrol grubu

Hastanemize diğer tetkikler için başvuran diyabet hastası olmayan ve ellerinde herhangi bir şikayeti bulunmayan yaş ortalaması 66,2±7,8 yıl olan 46 hasta (20 erkek, 26 kadın) değerlendirildi. Ellerde uyuşma, karıncalanma, elektriklenme gibi tuzak nöropati klinik belirtiler varlığında değerlendirmeye alınmadı. Tinel ve Phalen testleri uygulandı bulgu vermeyen hastalar çalışmaya alındı. Kontrol grubunun da HbA1c düzeyleri ölçüldü. Vücut kitle indeksleri hesaplandı.

## Ultrason değerlendirmesi

Tüm hastalar sırtüstü pozisyonda iken her iki el nötral pozisyonda ultrason ile değerlendirildi. Ultrason muayenesinde 5-13 MHz aralığında lineer prob (Esaote MyLab 5; Genova, Italy) kullanıldı. Değerlendirme kas iskelet sistemi ultrasonografisi konusunda deneyimli uzman (SÇÖ) tarafından yapıldı.

Median sinir lokalizasyonu, aksiyel planda, dinamik inceleme ile parmakların fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri sırasında 2. ve 3. parmak fleksör tendonlarından yararlanılarak belirlendi ve fleksör retinakulumun altında ilk üç parmağın fleksör tendonları arasında, hipoekoik, fibriler bir oluşum olarak görüldü. Median sinirin çapraz kesit alanı ultrason ile transvers karpal ligamentin proksimalinde, transvers karpal ligamentin altında ve transvers karpal ligamentin distalinde en geniş görüldüğü yerde ölçüm yapılarak kaydedildi. Ultrasonografi ile median sinirin ovoid sınırları belirlendikten sonra 3 ölçüm yapılarak ortalamaları alınmıştır. Kullandığımız ultrasonografi cihazında aksiyel planda kesit alanını Tr-Area ölçümü kullanılarak tespit edildi.

## İstatistiksel analiz

İstatistiksel analiz Statistical Package for the Social Sciences paket program (SPSS Inc.; versiyon 17.0, Chicago, IL, ABD) kullanılarak yapıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi  $p < 0,5$  olarak kabul edildi. Veriler ortalama±standart sapma olarak belirlendi. Hasta ve kontrol grubunda yaş, vücut kitle indeksi, HbA1c düzeyi, median sinirin çapraz kesit alanı arasındaki farklılık independent sample t-testi ile karşılaştırıldı.

## Bulgular

Diyabetik hasta grubunda vücut kitle indeksi (VKİ) değeri 29,6±4,2 kg/m<sup>2</sup>, kontrol grubunda ise 33,6±4,6 kg/m<sup>2</sup> olarak bulundu. Diyabetik hasta grubunda HbA1c düzeyi %8,0±1,7 kontrol grubunda ise %5,7±0,2 olarak bulundu. Verilerin demografik dağılımları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Diyabetik ve kontrol grubunda yer alan hastaların verileri karşılaştırıldığında gruplar arasında yaş, cinsiyet, VKİ değerleri açısından farklılık saptanmadı  $p > 0,05$ . HbA1c düzeyleri arasındaki değerlendirme de ise sonuçlar gruplar arasında farklı olduğu belirlendi  $p < 0,05$ .

Diyabetik hasta grubunda median sinirin çapraz kesit alanı transvers karpal ligamentin proksimalinde ortalama 10,2±2,9 mm<sup>2</sup>, transvers karpal ligamentin altında ortalama 7,5±1,9 mm<sup>2</sup> ve transvers karpal ligamentin distalinde ortalama 7,7±1,8 mm<sup>2</sup> olarak ölçüldü. Kontrol grubunda ise median sinirin çapraz kesit alanı transvers karpal ligamentin proksimalinde ortalama 10,2±2,5 mm<sup>2</sup>, transvers karpal ligamentin altında ortalama 6,9±1,3 mm<sup>2</sup> ve transvers karpal ligamentin distalinde ortalama 6,6±1,4 mm<sup>2</sup> olarak ölçüldü.

Diyabetik ve kontrol grubu hastalar karşılaştırıldığında median sinirin kesit alanı transvers karpal ligamentin proksimalinde istatistiksel olarak farklı bulunmazken ( $p > 0,05$ ), transvers karpal ligamentin altında ve distalinde median sinirin kesit

**Tablo 1.** Verilerin demografik dağılımları

|                          | Diyabetik grup hastalar | Kontrol grup hastalar | İstatistiksel değerlendirme* |
|--------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|
| VKİ (kg/m <sup>2</sup> ) | 29,6±4,2                | 33,6±4,6              | p>0,05                       |
| HgA1c (%)                | 8,0±1,7                 | 5,7±0,2               | p<0,05                       |
| Yaş (yıl)                | 62,4±9,6                | 66,2±7,8              | p>0,05                       |
| Cinsiyet (Kadın/erkek)   | 32/20                   | 26/20                 | p>0,05                       |

\*t-testi, VKİ: vücut kitle indeksi

**Tablo 2.** Median sinirin çapraz kesit alanı (mm<sup>2</sup>) ultrason ile değerlendirme verileri

|  | Diyabetik grup hastalar | Kontrol grup hastalar | İstatistiksel değerlendirme* |
|--|-------------------------|-----------------------|------------------------------|
| Tranvers karpal ligamentin proksimalinde | 10,2±2,9                | 10,2±2,5              | p>0,05                       |
| Tranvers karpal ligamentin altında       | 7,5±1,9                 | 6,9±1,3               | p<0,05                       |
| Tranvers karpal ligamentin distalinde    | 7,7±1,8                 | 6,6±1,4               | p<0,05                       |

\*t-testi

alanı gruplar arasında farklı olduğu belirlendi (p<0,05). Diyabetik hasta grubunda median sinirin kesit alanı daha fazla olduğu saptandı. Çalışmada elde edilen median sinir kesit alanının ultrason ile değerlendirme verileri Tablo 2'de özetlenmiştir.

## Tartışma

Diyabet birçok dokuda hasara neden olan kronik ve ilerleyici bir hastalıktır. Elde gelişen komplikasyonlarından en sık görüleni fleksör tenosinovit, dupuytren kontraktürü, elde sertleşme, tuzak nöropatisi ve enfeksiyonlardır (6).

Karpal tünel sendromu en sık görülen tuzak nöropatisidir. İdiopatik olabileceği gibi karpal tünel sendromuna neden olacak pek çok durum bulunmaktadır (7). Predispozan faktörlerin önemli nedenlerinden biriside diyabetir (8). Diyabetik hastalarda karpal tünel sendromu görülme sıklığı %15-33 olarak bulunmuştur (9, 10).

Karpal tünelin ultrasonografik anatomisi değerlendirildiğinde, karpal tünelin kemik ve ligamentöz duvarları ile içindeki yumuşak dokuların aksiyel planda daha iyi incelendiği gözlenmiştir. Median sinir fleksör retinakulumun hemen altında ve fleksör pollisis longus ile süperfisyal digital fleksör kaslarının tendonları arasında uzanır ve aksiyel kesitlerinde uzun aksı fleksör retinakulumu paralel olan ovoid şekilde fibriler bir yapı olarak görülür. Ultrason tarama açısı sinire dik konumda olduğunda hiperekoik, hafifçe oblik konumda ise hipoekoik

görünümündedir. Longitudinal kesitlerde median sinir fleksör tendonlar üzerinde uzanan bant şeklinde fibriler bir yapı olarak izlenir (11).

Radyolojik yöntemler incelendiğinde kas iskelet sistemi ve yumuşak dokuların değerlendirilmesinde ultrasonografi kullanıldığı görülmektedir. Ultrason ile yüksek frekanslı lineer problemlerin kullanılması da periferik sinirlerin görüntülenmesini önemli düzeyde kolaylaştırmıştır (4, 5, 12).

Günümüze kadar yapılan çalışmalarda median sinir kesit alanının normal değerlerini belirlemek için değişik çalışmalar yapılmış değişik sonuçlar elde edilmiştir. Duncan ve ark. (13) 1999 yılında 68 karpal tünel hastası ve 39 kontrol grubu üzerinde yaptığı çalışmada karpal tünel sendromu tanısı koymak için ultrasonografik değerlendirmede skafoid-pisiform düzeyinden ölçülen median sinir kesitsel alanı değerlerinin 9 mm<sup>2</sup> üzerinde olması en iyi sonografik değerlendirme kriteri olduğunu belirtmişlerdir. Nakamichi ve ark. (14) 2002 yılında 275 karpal tünel sendromu, 408 sağlıklı birey ile yaptıkları çalışmada karpal tünel teşhisinin karpal tünelin proksimali altı ve distal kısmı içine alan el bilekte 3 farklı düzeyden yapılan ölçüm sonuçları ultrasonografik olarak belirlenmesi için median sinir çapı 12 mm<sup>2</sup> değerinin %67 duyarlılık ve %97 özgüllük ile hesaplandığını rapor etmişlerdir. Yeşildağ ve ark. (15) ise yaptıkları çalışmada 68 sendromu tünel hastası ve 45 asemptomatik bireyi değerlendirildiğinde giriş düzeyinde median sinir kesit alanının 10,5 mm<sup>2</sup> üzeri eşik değer alındığında %89 duyarlılık ve %97 özgüllük ile karpal tünel sendromu tanısı koyulabileceği gösterilmiştir. Sonuç olarak, ultrason çalışmaları ile median sinirin proksimal karpal tünel düzeyde genişlemesi karpal tünel sendromu teşhisi için en çok kullanılan kriter olarak bildirilmiştir. Ancak bir çok çalışmada sinir çapındaki artışın eşik değeri için farklı düzeyler bildirilmiştir (16-18). Çalışmamızda diyabetik ve kontrol grubu hastalar karşılaştırıldığında median sinirin kesit alanı transvers karpal ligamentin proksimalinde farklı bulunmazken, transvers karpal ligamentin altında ve distalinde kontrol grubuna göre daha fazla olduğu tespit edildi. Belirlediğimiz diyabetik hastalardaki median sinir çap artışı literatürde karpal tünel sendromu teşhisi için bildirilmiş eşik değerden küçüktür. Sonuç olarak klinik olarak tuzak nöropati şikayeti bulunmayan karpal tünel sendromu klinik bulguları olmayan diyabetik hastalarda median sinir çapında artış, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında tespit edilmiştir.

Bu durumun diyabetik hastalarda osmotik geçirgenliğin artışına bağlı olarak akson ve sinir köklerinde şişme meydana gelmesiyle açıklanabilir. Aynı zamanda diyabet hastalarında glikozun sorbitole dönüşümünü sağlayan aldol redüktaz enziminin artışı söz konusudur bu durum periferik sinirlerin sıvı içeriğinde de artış sonucu şişme oluşturabilir. Çalışmamız sonuçlarında klinik bulgular olmaksızın diyabetik hastalarda median sinir çap artışı tespit edilmesi diyabetin belirtilen patofizyolojik mekanizmaları ile ilişkili olabileceği düşünülmüştür. Önerimiz, Duncan ve ark. (13) yaptığı gibi tek düzeyden sinir çapını değerlendirmek yerine Nakamichi ve ark.

(14) tarafından yapıldığı gibi 3 farklı düzeyden sinir çapının değerlendirilmesidir.

Çalışmamızda Tinel ve Phalen provatif testleri kullanılmıştır. Provokatif testlerde tuzak nöropati bulgusu belirlenmeyen hastalar çalışmaya dahil edilmiştir. Amacımız klinik tuzak nöropati bulgusu ortaya çıkmadan diyabete bağlı gelişebilecek periferik nöropatinin erken teşhis edilebilmesine olanak sağlamaktır. Çalışmamızda ultrason ile hastalar non-invaziv olarak değerlendirilmiştir. Elektrofizyolojik testler elektromiyografi (EMG) kullanılmamıştır. EMG ile hastalarımızın değerlendirilmemesi çalışmamız kısıtlılığını oluşturmaktadır.

## Sonuç

Median sinirin anatomik yapısı, ultrasonografik değerlendirme ile hızlı, hastaya rahatsızlık vermeden ve yüksek görüntü kalitesiyle dinamik olarak değerlendirmek mümkündür. Yaptığımız bu kontrollü çalışma ile diyabetik hastaların median sinir çapında artış olduğunu ultrasonografi ile tespit ettik. Periferik nöropati açısından riskli olan hastalarda median sinirde ortaya çıkacak değişikliklerin, klinik bulgular başlamadan erken dönemde gösterilebilmesi için ultrasonografi değerli bir radyolojik değerlendirme yöntemi olduğunu söyleyebiliriz.

**Etik Komite Onayı:** Bu çalışma için etik komite onayı Bakırköy Eğitim ve Araştırma Hastanesi Etik Kurulu'ndan (2018/113) alınmıştır.

**Hasta Onamı:** Yazılı hasta onamı bu çalışmaya katılan hastalardan alınmıştır.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkıları:** Fikir - E.Ç., S.Ç.O.; Tasarım - E.Ç., S.Ç.O.; Denetleme - E.Ç., S.Ç.O.; Kaynaklar - E.Ç.; Malzemeler - S.Ç.O.; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi - S.Ç.O.; Analiz ve/veya Yorum - E.Ç., S.Ç.O.; Literatür Taraması - E.Ç.; Yazıyı Yazan - E.Ç.; Eleştirel İnceleme - S.Ç.O.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

**Finansal Destek:** Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadıklarını beyan etmişlerdir.

**Ethics Committee Approval:** Ethics committee approval was received for this study from the Ethics Committee of the Bakırköy Education and Research Hospital (2018/113).

**Informed Consent:** Written informed consent was obtained from all the patients who participated in this study.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Concept - E.Ç., S.Ç.O.; Design - E.Ç., S.Ç.O.; Supervision - E.Ç., S.Ç.O.; Resource - E.Ç.; Materials - S.Ç.O.; Data Collection and/or Processing - S.Ç.O.; Analysis and/or Interpretation - E.Ç., S.Ç.O.; Literature Search - E.Ç.; Writing - E.Ç.; Critical Reviews - S.Ç.O.

**Conflict of Interest:** No conflict of interest was declared by the authors.

**Financial Disclosure:** The authors declared that this study has received no financial support.

## Kaynaklar

1. Rota E, Morelli N. Entrapment neuropathies in diabetes mellitus. *World J. Diabetes* 2016; 7: 342-53. [\[CrossRef\]](#)
2. Smith LL, Burnet SP, McNeil JD. Musculoskeletal manifestations of diabetes mellitus. *Br J Sports Med* 2003; 37: 30-5. [\[CrossRef\]](#)
3. Arkkila PE, Gautier JF. Musculoskeletal disorders in diabetes mellitus: An update. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 2003; 17: 945-70. [\[CrossRef\]](#)
4. Fornage BD, Rifkin MD. Ultrasound examination of the hand. *Radiology* 1986; 160: 853-4. [\[CrossRef\]](#)
5. Fornage BD, Rifkin MD. Ultrasound examination of the hand and foot. *Radiol Clin North Am* 1988; 26: 109-29.
6. Lekholm C, Sundkvist G, Lundborg G, Dahlin L. The diabetic hand—complications of diabetes. *Lakartidningen* 2001; 98: 306-12.
7. Chammas M. Carpal tunnel syndrome. *Chir Main* 2014; 33: 75-94. [\[CrossRef\]](#)
8. Bahrmann A, Zieschang T, Neumann T, Hein G, Oster P. Carpal tunnel syndrome in diabetes mellitus. *Med Klin (Munich)* 2010; 105: 150-4. [\[CrossRef\]](#)
9. Ozkul Y, Sabuncu T, Kocabey Y, Nazligil Y. Outcomes of carpal tunnel release in diabetic and non-diabetic patients. *Acta Neurol Scand* 2002; 106: 168-72. [\[CrossRef\]](#)
10. Chammas M, Bousquet P, Renard E, Poirier JL, Jaffiol C, Allieu Y. Dupuytren's disease, carpal tunnel syndrome, trigger finger, and diabetes mellitus. *J Hand Surg Am.* 1995; 20: 109-14. [\[CrossRef\]](#)
11. Jayaraman S, Naidich TP. The carpal tunnel: ultrasound display of normal imaging anatomy and pathology. *Neuroimaging Clin N Am* 2004; 14: viii103-13.
12. Koenig RW, Pedro MT, Heinen CP, Schmidt T, Richter HP, Antoniadis G, et al. High-resolution ultrasonography in evaluating peripheral nerve entrapment and trauma. *Neurosurg Focus* 2009; 26: E13. [\[CrossRef\]](#)
13. Duncan I, Sullivan P, Lomas F. Sonography in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *AJR Am Journal of Roentgenol* 1999; 173: 681-4. [\[CrossRef\]](#)
14. Nakamichi K, Tachibana S. Ultrasonographic measurement of median nerve cross-sectional area in idiopathic carpal tunnel syndrome: Diagnostic accuracy. *Muscle Nerve* 2002; 26: 798-803. [\[CrossRef\]](#)
15. Yesildag A, Kutluhan S, Sengul N, Koyuncuoglu HR, Oyar O, Guler K, et al. The role of ultrasonographic measurements of the median nerve in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Clin Radiol* 2004; 59: 910-5. [\[CrossRef\]](#)
16. Kotevoglou N, Gulbahce-Saglam S. Ultrasound imaging in the diagnosis of carpal tunnel syndrome and its relevance to clinical evaluation. *Joint Bone Spine* 2005; 72: 142-5. [\[CrossRef\]](#)
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: 726-32. [\[CrossRef\]](#)
18. Kwon BC, Jung KI, Baek GH. Comparison of sonography and electrodiagnostic testing in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg Am* 2008; 33: 65-71. [\[CrossRef\]](#)