

Karpal Tünel Sendromunun Tedavisinde Kullanılan Karpal Ligaman Traksiyon Aletinin Ultrasonografik Olarak Tedaviye Katkısının Ölçülmesi

Ultrasonographic Measurement of the Contribution of Carpal Ligament Traction Device Used in the Treatment of Carpal Tunnel Syndrome Treatment

Ömer YILMAZ¹, Feray SOYUPEK², Tuna PARPAR¹, Hale Gül BOZKURT³, Şeyma BENZİN²,
Rumeysa Elmas ALKAN²

¹Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon AD, Isparta

²Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji AD, Isparta

³Isparta Güllent Devlet Hastanesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon AD, Isparta

Geliş Tarihi / Received: 02.08.2013

Kabul Tarihi / Accepted: 30.09.2013

ÖZET

Amaç: Çalışmanın amacı karpal tünel sendromu (KTS) tedavisinde kullanılan el bileği traksiyonunun sonografik olarak etkinliğini araştırmak, ultrasonografi (US)'nin KTS tanılı olgularda uygulanan tedavilerin öncesinde ve sonrasında takip amacıyla kullanılıp kullanılamayacağını belirlemektir.

Gereç ve Yöntem: Çalışmaya daha önce yapılan elektrofizyolojik çalışmalarla idiopatik KTS tanısı almış 28 olgu (45 el) dahil edildi. Tüm olgulara tedavi amacıyla el bileği traksiyonu uygulanması için traksiyon cihazı (C-TRAC™ marka) kullanıldı. Tüm olgulara tedavi öncesi ve sonrasında iki kez US yapıldı. US incelemeleri 12-MHz lineer proba sahip (Toshiba, Aplio 500, Tokyo, Japan) cihaz kullanılarak yapıldı. Tüm olgularda karpal tünel giriş ve çıkış düzeyinde kemikler arasında ölçülen mesafe ile medyan sinir kesitsel alanının ölçümleri arasında fark olup olmadığı bağımlı grupların t testi ile değerlendirildi.

Bulgular: Çalışmaya dahil edilen 45 el bileğinde, el bileği traksiyon cihazı kullanım öncesi ve sonrası iki US ölçümünde, karpal tünel giriş ve çıkış düzeyinde ölçülen kemik mesafeler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p < 0,001$); medyan sinir kesitsel alan ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p > 0,05$).

Sonuç: Çalışmamız literatürde US ile KTS'de karpal ligaman traksiyonunun etkinliğini değerlendiren ilk çalışmadır. US ile KTS düşünülen olgularda ölçümler kısa sürede, radyasyona maruz kalmadan dinamik olarak gerçekleştirmek mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Karpal tünel sendromu; ultrasonografi; el bileği traksiyonu.

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to figure out the wrist traction effectiveness of ultrasound which is used to treat the carpal tunnel syndrome (CTS), determine whether the ultrasound (US) applied in patients with a diagnosis of CTS can be used for follow up before and after the treatments.

Material and Methods: 28 patients (45 hands) which has been diagnosed idiopathic CTS with the electrophysiological studies were included in the study. For treatment wrist traction device for the application of traction (C-TRAC™ brand) was used on all patients. All the patients have been carried out with the US two times before and after the treatment. US examinations were performed with a 12-MHz linear probe (Toshiba, Aplio500, Tokyo, Japan) device. In all cases, the measured distance between the bones carpal tunnel at the level of the input and output measurements and the fact whether there is a difference between the median nerve cross-sectional area measurements, were assessed by the groups' t-test.

Results: On the 45 wrists included in the study, two US measurements before and after the usage of wrist traction device, the carpal tunnel at the level of the input and output of measured between distances of bone were found statistically significant difference ($p < 0,001$), while there wasn't found statistically significant difference between the median nerve cross-sectional area measurements ($p > 0,05$).

Conclusion: Our study is the first study evaluating the effectiveness of US and CTS carpal ligament traction in the literature. Considered in patients with CTS and US measurements can be carried out in a short time and can be performed in a dynamic way without the exposure to radiation.

Keywords: Carpal tunnel syndrome; ultrasonography; wrist traction.

GİRİŞ

Karpal Tünel Sendromu (KTS) üst ekstremitede izlenen en sık tuzak nöropatisidir (1, 2). Etiyolojide halikilim dokuma işçiliği, marangozluk, kaya matkabi operatörlüğü, sekreterlik, müzisyenlik gibi ellerin sıklıkla kullanıldığı meslekler ve konjenital arter ve sinir varyasyonları (persistan medyan arter, bifid medyan sinir vb.), tümör, travma, romatoid artrit, osteoartrit, diabetes mellitus (DM) gibi eşlik eden patolojilerin rol aldığı ifade edilir. Ancak olguların birçoğu altta yatan etiyojoloji bulunmadığından idiopatik olarak sınıflandırılan grupta yer alır (3). Tanı, hemen her zaman hikaye, klinik testler ve elektromyografi (EMG) ile konur (2, 4). EMG olgular açısından düşük konforlu olarak görülse de, KTS'nin değerlendirilmesinde altın standarttır (5).

KTS tanısında, radyolojik yöntemlerden olan ultrasonografi (US) kas-iskelet sistemi ve yumuşak dokuların değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. US ile özellikle, klinik testlerle tanısı konamayan yer kaplayan lezyon ve medyan sinirde sıkışmaya neden olan morfolojik değişiklikler iyi gözlenir (6).

Hafif ve orta düzey KTS tedavisinde ilk olarak konservatif tedavi kullanılmalıdır. Konservatif tedaviye yanıtın olmadığı ciddi hipoestezi, atrofi ve kuvvet kaybı varlığında ise cerrahi tedavi uygulanmalıdır (7). Konservatif tedavi modaliteleri içerisinde aktivite modifikasyonu, el bileği splintleri, medikal tedavi, enjeksiyon yöntemleri ve egzersizler yer alırken (8); özellikle son yıllarda KTS tedavisinde el bileği traksiyonu uygulanmaya başlanmıştır. El bileği traksiyonu ile karpal kemikler arasındaki mesafe artmakta, intrakarpal basınç azalmakta ve karpal tünel alanı genişlemektedir. Medyan sinir üzerindeki basının azaltılması, sinirdeki iskemiye önlemekte ve rejenerasyonu hızlandırmaktadır (9, 10).

Bu çalışmada KTS tedavisinde kullanılan el bileği traksiyonunun ultrasonografik olarak etkinliğini araştırmak amaçlanmıştır. Bu doğrultuda tedavi öncesi ve sonrası medyan sinir kesitsel alanındaki artışın karpal tünel girişinde ve çıkışında iki farklı düzeyden US ile ölçümü gerçekleştirilmiştir.

GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmaya Şubat 2012-Mayıs 2013 tarihleri arasında Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi fizik tedavi ve rehabilitasyon kliniğine başvuran; anamnez, fizik muayene ve elektrodagnostik çalışmalarla KTS

tanısı konulan ve radyolojik kliniğine refere edilen 3'ü erkek 25'i kadın toplam 28 olgu alındı. 17 olgunun bilateral, 11 olgunun unilateral (8 olgunun sağ, 3 olgunun sol el bileği) olmak üzere 28 olgunun 45 el bilek bölgesine el bilek traksiyon tedavisi başlamadan önce ve tedavi bittikten sonra US yapıldı. Çalışmamıza etiyojolojik faktörlerin çalışma sonuçlarını etkilemesini önlemek ve daha homojen gruplar elde etmek amacıyla sadece idiopatik KTS'li olgular dahil edildi. El bileği bölgesini ilgilendiren geçirilmiş travma, operasyon, steroid enjeksiyonu gibi öyküsü olan olgular ile diyabeti, gut hastalığı gibi sistemik hastalık bulunanlar çalışma dışında tutuldu. Çalışmaya alınan tüm olguların yaş, cinsiyet ve vücut kitle indeksi (VKİ) kaydedildi. Traksiyon tedavisi öncesi tüm hastalara bilgi verilerek çalışmaya katılım için onam formu imzalatıldı. Etik kurul onayı çalışma başlamadan önce yerel üniversite etik kurulundan alındı.

Fizik Muayene

Çalışmaya alınan olgulara klinik muayene sırasında KTS ön tanısı koymak amacıyla Phalen testi ve Tinel testi uygulandı. Olgulardan Phalen testi sırasında oturarak dirseklerini vertikal planda masaya dayamaları, avuç içleri medyale doğru bakacak şekilde her iki el bileğini aşağı doğru tam palmar fleksiyona getirmeleri istendi ve her iki el eş zamanlı olarak değerlendirildi. 60 sn sonunda ve/veya daha erken elin palmar yüzünde medyan sinir inervasyon alanında parestezi oluşması durumunda test pozitif kabul edildi (11). Tinel testi sırasında distal bilek çizgisi hizasında medyan sinir bölgesine hafifçe perküsyon yapıldı. Medyan sinir dağılımında parmaklarda karıncalanma ve rahatsızlık hissi tariflenirse test pozitif kabul edildi (12).

EMG

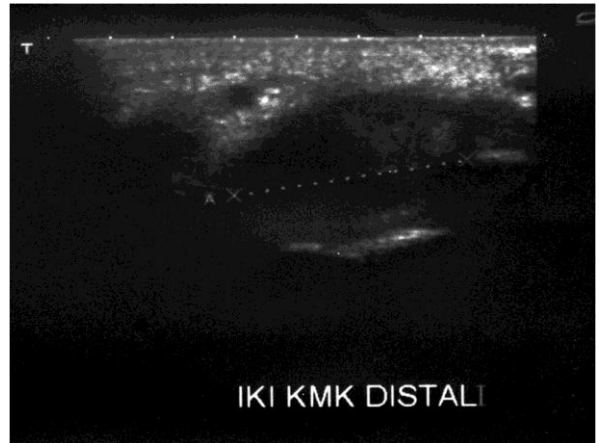
Nörofizyolojik testler Nihon-Kohden Neuropack MEB 5.504 K (Tokyo, Japonya) EMG cihazıyla oda sıcaklığında yapıldı. İnceleme süresince cilt ısı 22-24°C derecede tutuldu. F dalga latansları, medyan ve ulnar sinir iletim çalışmaları her iki üst ekstremitede standart yöntemler kullanılarak değerlendirildi. Medyan ve ulnar motor sinir iletim hızı distal latans ve amplitüdü, medyan duyuşal sinir iletim hızı el bileği-2. parmak latans ve amplitüdü, ulnar duyuşal sinir iletim hızı el bileği-5.parmak latans ve amplitüdü olarak kaydedildi. Medyan ve ulnar sinir mikst sinir iletim hızı ortodromik yöntemle gerçekleştirildi (13).

US

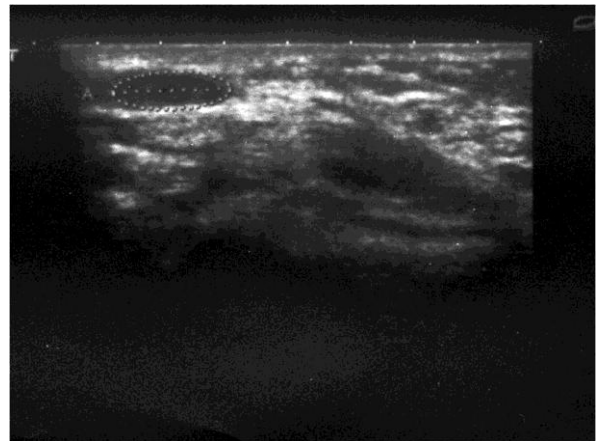
Olguların yüzü inceleyiciye dönük olacak şekilde oturuldu. El bilekleri nötral (supin) pozisyonda, gerekli durumlarda destekleyici materyaller (havlu kağıt) ile eleve edilerek incelendi. US inceleme ve ölçümler kasiskelet ultrason değerlendirmede 2 yıllık tecrübesi olan iki radyolog tarafından gerçekleştirildi. İnceleme sırasında 12-MHz lineer değişken frekanslı proba sahip (Toshiba, Aplio 500, Tokyo, Japan) cihaz kullanıldı. Tüm olgulara tedavi öncesi dönemde ve traksiyon cihazı uygulandıktan sonraki 15. günde iki kez US yapıldı. Karpal tünel yapıları, medyan sinir ve komşu tendonlar aksiyel ve longitudinal ekseninde değerlendirildi. İncelemeye öncelikle aksiyel planda medyan sinir gözlenerek başlandı. Medyan sinir ön kol 1/3 distal kesimi ile el ayası arasında tüm trasesi boyunca takip edildi. Trase boyunca medyan sinir yapısı, konturları, internal ekojenitesi incelendi. Ölçüm yapabilmek için gerekli referans noktalarını belirlemek için medyan sinir longitudinal olarak görüntülendi (14). Tünel girişi kesitsel alan ölçüm yerini belirlemek için medyan sinirin fleksör retinakulum altına girmeden hemen önceki en geniş ölçüldüğü düzeyi giriş (skafoid-psiforme kemiklerinin bulunduğu düzey) ve hamat kemiğin kancası düzeyi de çıkış olarak belirlendi. Medyan sinirin kesitsel alanı karpal tünel içerisinde en kalın yerden ölçüldü (Şekil I-III) (15). Tüm ölçümlerde uzunluk ve alan değerleri için "milimetre-mm ve milimetre kare-mm²" birimleri kullanıldı. Her düzey için tüm ölçümler 3 kez tekrarlanıp ortalaması alınarak kaydedildi.



Şekil I: Karpal tünel giriş düzeyi (skafoid-psiforme kemiklerinin bulunduğu düzey).



Şekil II: Karpal tünel çıkış düzeyi (hamat kemiğin kancası düzeyi).



Şekil III: Medyan sinirin kesitsel olarak karpal tünel içerisindeki en kalın yeri izlenmektedir.



Şekil IV: El bileği traksiyon cihazı (C-TRAC™ marka), el bileği ve elin dorsal yüzünü çevreleyerek metakarpofalangeyal eklem seviyesine kadar uzanır.

Traksiyon Cihazı

Çalışma öncesinde tüm olgulara el bileği traksiyonu uygulanması için cihaz kullanım eğitimi verildi. El bileği traksiyon cihazı (C-TRAC™ marka), C şeklinde bir aygıt olup, el bileği ve elin dorsal yüzünü çevreleyerek metakarpofalangeyal eklem seviyesine kadar uzanır (Şekil IV). Elin dorsal yüzünü çevreleyen iç kısmında 6 x 12 cm boyutlarında bir adet hava yastığı vardır. Hava yastığı şişirilince; hava yastığı ile elin dorsal yüzüne, iki plaka ile elin volar yüzü tenar ve hipotenar alanlara üç noktalı bir aksiyon kuvveti uygulanmaktadır. Bu üç noktalı aksiyon kuvveti, transvers karpal ligaman üzerinde bir germe kuvveti oluşturmaktadır. KTS tanısı konan tüm olgulara, ilk US incelemesi sonrası traksiyon cihazı ile 15 gün boyunca günde üç kez, iki dakika çekme, bir dakika dinlenme ve tekrar iki dakika çekme periyodları şeklinde iki haftalık ev programı uygulandı. Daha sonra aynı olgulara tedavi sonrası ikinci US incelemesi gerçekleştirildi.

İstatistiksel Analiz

Elde edilen veriler SPSS 15.0 (Statistical Package for Social Sciences for Windows) programına aktarıldı (SPSS Inc, Chicago, IL). Tüm olgularda karpal tünel giriş ve çıkış düzeyinde kemikler arasında ölçülen mesafe ile medyan sinir kesitsel alanının ölçümleri arasında fark olup olmadığı bağımlı grupların t testi ile değerlendirildi. Anlamlılık değeri olarak $p < 0,05$ alındı. Tüm değerler ortalama \pm standart sapma şeklinde ifade edildi.

BULGULAR

Çalışmaya katılan 28 olgunun, 45 el bileği (17 olgunun bilateral, 11 olgunun unilateral) US sonuçları ile değerlendirildi. 28 olgunun 3'ü erkek (% 10,8), 25'i kadındı (% 89,2). Çalışmaya katılan kadınların 21 tanesi ev hanımı, 2 tanesi terzi, 2 tanesi sekreter; erkeklerin 2 tanesi kilim dokuma işçisi, 1 tanesi marangozdu. Olguların 26'sı (% 92,9) dominant eli sağ, 2'sinin (% 7,1) dominant eli sol el idi.

Olguların yaş ortalaması $49,76 \pm 12,87$ olarak hesaplandı. VKİ ortalaması $26,51 \pm 5,78$ olarak hesaplandı. VKİ değerleri 0-19 zayıf, 20-24 normal, 25-29 fazla kilolu, 30 ve üzeri ise obez olarak dört grupta değerlendirildiğinde 2 olgu zayıf (% 7,1), 5 olgu normal (% 17,9), 11 olgu fazla kilolu (% 39,3), 10 olgu obez idi (% 35,7).

Çalışmaya dahil edilen KTS'li 28 olgunun 45 el bileği elektrofizyolojik inceleme bulguları sonucunda; 6 el bileğinde (% 13,3) çok hafif, 15 el bileğinde (% 33,3) hafif, 23 el bileğinde (% 51,1) orta, 1 el bileğinde (% 2,2) ağır derecede KTS tespit edildi. Bu olgularda el bileği traksiyon cihaz kullanım öncesi ve sonrası yapılan iki US ölçümünde, karpal tünel giriş ve çıkış düzeyinde ölçülen kemik mesafeler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p < 0,001$); medyan sinir kesitsel alan ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p > 0,05$) (Tablo I).

Tablo I: KTS tanısı almış 45 el bileğinde el bileği traksiyonu öncesi ve sonrasında US'de karpal tünel giriş ve çıkış düzeyinde kemik mesafe ölçümleri ve medyan sinir kesitsel alanı.

KTS tanılı olgular	Karpal tünel giriş düzeyinde kemik mesafe (mm, \pm standart sapma)	Karpal tünel çıkış düzeyinde kemik mesafe (mm, \pm standart sapma)	Karpal tünel içerisinde medyan sinir kesitsel alanı (mm ² , \pm standart sapma)
Tedavi öncesi	21,88 \pm 1,83	19,99 \pm 1,70	16,39 \pm 7,79
Tedavi sonrası	22,52 \pm 1,44	21,10 \pm 1,51	14,77 \pm 3,67
p değeri	< 0,001	< 0,001	0,86

TARTIŞMA

Bu çalışmada amacımız KTS tedavisinde kullanılan karpal ligaman traksiyon aletinin karpal tünelde ve medyan sinirde meydana getirdiği değişiklikleri US ile değerlendirmektir. Literatürde bugüne kadar bu anlamda yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır.

El bileği traksiyonu KTS tedavisinde son yıllarda kullanılan yeni bir tedavi metodudur. Traksiyonun karpal kemikler arasındaki mesafenin artmasına yol açtığı bildirilmektedir. Literatürde bu konuda yapılmış tek çalışmada Porrata ve ark.'nın yaptığı çalışmada direkt grafi ile traksiyon sonrası karpal tünel giriş ve çıkış düzeyinde mesafelerin 1-3 mm arttığı gösterilmiştir (10). Çalışmamızda; 28 olguda 45 el bileğinin de, el bileği traksiyon cihaz kullanım öncesi ve sonrası iki US ölçümünde, karpal tünel giriş ve çıkış düzeyinde ölçülen kemik mesafeler arasında 1-2 mm artış saptandı ($p < 0,001$).

US ile KTS tanısı koymak için ilk somut çalışma 1991 senesinde yapıldı ve tanı için proksimal medyan sinir kesitsel alan artışı, fleksör retinakulum yaylanması ve distal sinir yassılaşmasının kullanıldığı bir triad geliştirildi (16). Daha sonra yapılan başka bir çalışmada, KTS tanısında medyan sinir kesitsel alanının US'de skafoid-psiform düzeyinde 9 mm^2 üzerinde olması en iyi sonografik kriter olarak rapor edildi (17). Wong ve ark.'nın yaptığı çalışmada, 35 sağlıklı birey ve 33 KTS olgusunda karpal tünel giriş seviyesinde ölçülen medyan sinir kesitsel alan değerinin $9,8 \text{ mm}^2$ 'nin üzerinde olması, normal bireylerle KTS hastaları arasında cut off değeri olarak rapor edilmiştir (18). Yeşildağ ve ark. 84 KTS olgusu ve 45 sağlıklı birey ile yaptıkları çalışmada, giriş düzeyinde medyan sinir kesitsel alan değeri $10,5 \text{ mm}^2$ 'nin üzeri eşik değer alındığında % 89 duyarlılık ve % 97 özgüllük ile KTS tanısı koyulabildiği gösterilmiştir (19). Başka bir çalışmada, KTS tanısı için psiform düzeyinde medyan sinir kesitsel alan optimal eşik değeri % 82 duyarlılık ve % 87,5 özgüllük değerleri ile $9,875 \text{ mm}^2$ 'nin üzeri şeklinde ifade edilmiştir (20). Sonuçta, literatürde US çalışmalarında medyan sinirin proksimal karpal tünel seviyesinde genişlemesi en çok kullanılan kriter olarak kabul edilmiştir. Bizim çalışmamızda karpal tünelde medyan sinir kesitsel alan ölçümleri tedavi öncesinde $16,39 \text{ mm}^2$, tedavi sonrasında $14,77 \text{ mm}^2$ olarak ölçülmüştür.

US'nin KTS tanısında altın standart olan EMG'ye katkıları, EMG bulguları ile korelasyonlarının tartışıldığı çalışmalar da mevcuttur. 54 olgu ve 25 sağlıklı birey ile yapılan çalışmada, KTS olgularında US parametre

lerin tanısallı duyarlılığının elektrofizyolojik parametrelere oranla düşük olduğu sonucuna varılmıştır (21). Kaymak ve ark.'nın yaptıkları diğer bir çalışma da, KTS saptanan 34 el bileği ve normal 38 el bileğinde, elektrofizyolojik yaklaşımın US'dan daha uygun olacağını belirtmişlerdir (15). Biz de çalışmamızda, 28 olguda 45 el bileğinde, el bileği traksiyonu öncesi ve sonrası yapılan US ölçümlerinde, karpal tünel giriş ve çıkış düzeyinde ölçülen kemik mesafeler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunurken ($p < 0,001$); medyan sinir kesitsel alan ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p > 0,05$). Bunun sebebinin KTS'li olgularda medyan sinir kesitsel alanının en kalın olarak alındığı düzeylerde ölçülen değerlerin US'de uyumsuz olması olarak düşünülmüştür.

Çalışmaya alınan olguların çoğunun (% 75) fazla kilolu (% 39,3) ve obez (% 35,7) oldukları görülmektedir. Çalışmamızda VKİ ortalaması $49,76 \pm 12,87$ olarak saptanmıştır. VKİ'nin artması ile KTS arasında ilişki saptayan Aygül ve ark. ile Mahmut ve ark.'nın yaptıkları çalışmalar ile ortaya çıkan bulgular ile bu veri uyumludur (22, 23).

Çalışmamızın limitasyonları olgu sayısının ve fizik muayene bulgularının yeterli olmaması ve takip süresinin kısa olması olarak sayılabilir. US'nin KTS tanılı olgularda uygulanan tedavi öncesi ve sonrasında takip amacıyla kullanılıp kullanılmayacağını belirlemek için daha büyük bir olgu grubu ile yapılacak prospektif çalışmalara ihtiyaç vardır.

Sonuç olarak çalışmamız literatürde US ile KTS'de karpal ligaman traksiyonunun etkinliğini değerlendiren ilk çalışma olması bakımından anlamlıdır. KTS düşünülen olgulara yapılacak US ile anatomik varyasyonları kısa sürede, hastaya sıkıntı vermeden, radyasyona maruz kalmadan, dinamik olarak gerçekleştirmek mümkündür. Ancak US parametrelerinin tanısallı duyarlılığının elektrofizyolojik parametrelere oranla düşük olduğu sonucu her zaman akılda tutulmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Nakamichi K, Tachibana S. Restricted motion of the medyan nerve in carpal tunnel syndrome. J Hand Surg Br 1995;20(4):460-4.
2. Atroshi I, Gummesson C, Johnsson R, Ornstein E, Ranstam J, Rosen I. Prevalence of carpal tunnel syndrome in a general population. JAMA 1999;282(2):153-8.

3. Brown M. Carpal tunnel syndrome. *Aust Fam Physician* 2009;38(12):953.
4. Martinoli C, Bianchi S, Giovagnorio F, Pugliese F. Ultrasound of the elbow. *Skeletal Radiol* 2001;30(11):605-14.
5. Chan L, Turner JA, Comstock BA, et al. The relationship between electrodiagnostic findings and patient symptoms and function in carpal tunnel syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 2007;88(1):19-24.
6. Koenig RW, Pedro MT, Heinen CP, et al. High-resolution ultrasonography in evaluating peripheral nerve entrapment and trauma. *Neurosurg Focus* 2009;26(2):E13.
7. Serarslan Y, Melek Mİ, Duman T. Karpal tünel sendromu. *Pamukkale Tıp Dergisi* 2008;1(2):45-9.
8. Viera AJ. Management of carpal tunnel syndrome. *Am Fam Physician* 2003;68(2):265-72.
9. Brunarski DJ, Kleinberg BA, Wilkins KR. Intermittent axial wrist traction as a conservative treatment for carpal tunnel syndrome: a case series. *J Can Chiropr Assoc* 2004;48(3):211-6.
10. Porrata H, Porrata A, Sosner J. New carpal ligament traction device for the treatment of carpal tunnel syndrome unresponsive to conservative therapy. *J Hand Ther* 2007;20(1):20-7.
11. Phalen GS. The diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Cleve Clin Q* 1968;35(1):1-6.
12. Kuschner SH, Ebramzadeh E, Johnson D, Brien WW, Sherman R. Tinel's sign and Phalen's test in carpal tunnel syndrome. *Orthopedics* 1992;15(11):1297-302.
13. Padua L, LoMonaco M, Gregori B, Valente EM, Padua R, Tonali P. Neurophysiological classification and sensitivity in 500 carpal tunnel syndrome hands. *Acta Neurol Scand* 1997;96(4):211-7.
14. Feldman MK, Katyal S, Blackwood MS. US artifacts. *Radiographics* 2009;29(4):1179-89.
15. Kaymak B, Ozcakar L, Cetin A, Candan Cetin M, Akinci A, Hascelik Z. A comparison of the benefits of sonography and electrophysiologic measurements as predictors of symptom severity and functional status in patients with carpal tunnel syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89(4):743-8.
16. Buchberger W, Schon G, Strasser K, Jungwirth W. High-resolution ultrasonography of the carpal tunnel. *J Ultrasound Med* 1991;10(10):531-7.
17. Duncan I, Sullivan P, Lomas F. Sonography in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *AJR Am J Roentgenol* 1999;173(3):681-4.
18. Wong SM, Griffith JF, Hui AC, Tang A, Wong KS. Discriminatory sonographic criteria for the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Arthritis Rheum* 2002;46(7):1914-21.
19. 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(10):910-5.
20. Wang LY, Leong CP, Huang YC, Hung JW, Cheung SM, Pong YP. Best diagnostic criterion in high-resolution ultrasonography for carpal tunnel syndrome. *Chang Gung Med J* 2008;31(5):469-76.
21. Saraçgil N, Karataş M, Yerli H, Işıklar İ, Karadeli E. Diagnostic significance of ultrasonography in carpal tunnel syndrome and comparison with electrodiagnostic tests. *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation* 2009;55(1):13-8.
22. Aygul R, Ulvi H, Kotan D, Kuyucu M, Demir R. Sensitivities of conventional and new electrophysiological techniques in carpal tunnel syndrome and their relationship to body mass index. *J Brachial Plex Peripher Nerve Inj* 2009;4(3):12.
23. Duymuş M, Ulaşlı AM, Yılmaz Ö, et al. İdiopatik karpal tünel sendromlu hastalarda ultrason ve manyetik rezonans görüntüleme ile median sinir kesitsel alan ölçümleri. *Journal of Neurological Sciences* 2013;30(34):59-71.