



# Karpal Tünel Sendromunda Düşük Enerjili Lazer ve Kesikli Ultrason Tedavi Etkinliklerinin Karşılaştırılması: Plasebo Kontrollü Bir Çalışma

## Comparison of the Efficacy of Low-Level Laser Therapy and Pulsed Ultrasound Treatment in Carpal Tunnel Syndrome: A Placebo-Controlled Study

Canan TIKIZ, Tuncay DURUÖZ\*\*, Zeliha ÜNLÜ, Lale CERRAHOĞLU, Erkan YALÇINSOY\*\*\*

Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Manisa, Türkiye

\*Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

\*\*\*Karabük Özel Medika Hastanesi, Karabük, Türkiye

### Özet

**Amaç:** Karpal tünel sendromunda (KTS) düşük enerjili lazer (DEL) ve kesikli ultrason (US) tedavilerinin etkinliklerini değerlendirmek ve karşılaştırmaktır.

**Gereç ve Yöntem:** KTS tanısı alan toplam 60 hasta rastgele yöntemle dört gruba ayrıldı: Grup 1'e kesikli US, Grup 2'ye plasebo US, Grup 3'e DEL, Grup 4'e ise plasebo lazer tedavisi üç hafta boyunca haftada beş gün uygulandı. Hastalar tedavi öncesi ve tedavi sonrası 3, 6 ve 12. aylarda klinik ve elektrofizyolojik olarak değerlendirildi. Klinik değerlendirmede ağrı, uyuşukluk, el kavrama gücü ve Boston anketi ile semptom şiddet ve fonksiyonel kapasite değerlendirildi.

**Bulgular:** Çalışma 52 hasta ve toplam 101 el ile tamamlandı. Hastaların genel özellikleri ve bazal elektrofizyolojik değişkenleri dört grupta da benzerdi. Ağrı, duyu kaybı, semptom şiddet skoru ve fonksiyonel kapasite skorlarında hem US hem de DEL gruplarında tedavi öncesine göre anlamlı düzelmeler saptandı ( $p<0,05$ ). Her iki plasebo grubunda da anlamlı tedavi etkinliği saptanmadı ( $p>0,05$ ). Elektronörofizyolojik değişkenlerde, dört grupta da tedavi öncesine göre anlamlı değişimler saptanmadı ( $p>0,05$ ). Klinik parametreler bakımından kesikli US tedavisinin DEL tedavisinden üstün olduğu tespit edildi ( $p<0,05$ ).

**Sonuç:** KTS'de US ve DEL tedavisinin subjektif klinik semptomlar üzerine etkili, ancak elektrofizyolojik parametreler üzerine etkili olmadığı, kesikli US tedavisinin klinik parametreler göz önüne alındığında DEL tedavisinden daha üstün olduğu gösterilmiştir. *Türk Fiz Tıp Rehab Derg 2013;59:201-8.*

**Anahtar Kelimeler:** Karpal tünel sendromu, düşük enerjili lazer, kesikli ultrason, tedavi, plasebo

### Summary

**Objective:** To evaluate the effect of low-level laser treatment (LLLT) and pulsed ultrasound (US) treatment in carpal tunnel syndrome (CTS) and to compare the effects of both treatment modalities.

**Materials and Methods:** 60 patients diagnosed with CTS were randomly divided into four groups as US group (group 1), placebo US group (group 2), LLLT group (group 3) and placebo LLLT group (group 4). Both treatments were applied five days a week for three weeks. Clinical and electrophysiological assessments were performed before and 3, 6 and 12 months after treatment. Pain, hypoesthesia and handgrip strength were evaluated. The Boston Questionnaire was used to assess the severity of symptoms and functional status.

**Results:** 52 patients with 101 hands completed the study. Demographic and electrophysiological parameters were similar in the four groups. Both pulsed US treatment and LLLT were found to provide significant improvements in clinical parameters such as pain, sensory loss, symptom severity score and functional capacity score ( $p<0.05$ ). No significant beneficial effect was observed in both placebo groups ( $p<0.05$ ). Evaluations of the electrophysiological parameters showed no significant difference between the groups ( $p>0.05$ ). In terms of clinical efficacy, pulsed US was found to be superior to LLLT ( $p<0.05$ ).

**Conclusion:** The two treatment modalities showed significant improvements in subjective clinical symptoms while no significant changes were observed in any electrophysiological parameters. *Turk J Phys Med Rehab 2013;59:201-8.*

**Key Words:** Carpal tunnel syndrome, low-level laser, pulsed ultrasound, treatment, placebo

## Giriş

Karpal tünel sendromu (KTS), median sinirin karpal tünel içerisinde kompresyonu sonucu gelişen bir tuzak nöropatisidir. Daha çok orta yaştaki kadınlarda görülür ve tuzak nöropatileri içinde en çok tanı koyulandır (1). Tekrarlayıcı el aktivitelerinin karpal tünelde bulunan tendonların kılıflarında zamanla kalınlaşmaya ve kanal içinde volum artışına yol açarak median sinir üzerinde mekanik bir basya neden olduğu düşünülmektedir (2).

Toplumda oldukça yaygın olan ve bireyin günlük yaşam aktivitelerini belirgin düzeyde etkileyen KTS'nin tedavisi konservatif ve cerrahi olmak üzere iki şekilde yapılır. Konservatif tedaviler; el bileğinde semptomlara yol açan tekrarlayıcı bilek hareketlerinden kaçınmak, el bileğini splintlemek, lokal steroid enjeksiyonları, steroid olmayan anti enflamatuvar ilaçlar ve B vitamini gibi medikal tedaviler ve fizik tedavi uygulamalarıdır. Fizik tedavide ultrason, düşük yoğunluklu lazer, alçak frekanslı akımlar kullanılabilir. Fizik tedavi uygulamaları içerisinde düşük enerjili lazer (DEL) ve ultrason (US) tedavisi literatürde yapılan çalışmalarda daha fazla ön plana çıkmıştır. Her iki tedavi yönteminin sinir dokusu üzerine biyofiziksel etkinliğinin araştırıldığı çalışmalarda (3), sinir rejenerasyonunu ve sinir iletimini arttırdıkları, sinir kompresyonunun etkilerini azalttıkları gösterilmiştir (4-7). Ancak bu konuda yapılan plasebo kontrollü çalışma sayısı sınırlıdır. Ayrıca US tedavisini, DEL tedavisiyle karşılaştıran kontrollü bir çalışmaya da rastlanmamıştır.

Bu çalışmanın amacı, KTS'li hastaların tedavisinde kesikli US ve DEL uygulamasının klinik ve elektrofizyolojik parametreler üzerine olan etkilerini plasebo kontrollü olarak ortaya koymak, iki tedavi yöntemini karşılaştırarak birbirlerine üstünlüğü olup olmadığını araştırmaktır.

## Gereç ve Yöntem

### Hastalar

Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı polikliniğine ellerinde ağrı ve uyuşma şikayetleri ile başvuran hastalar arasında yapılan fizik muayene ve elektrofizyolojik inceleme sonucu KTS tanısı alan 18-65 yaş arası 73 hasta çalışmaya uygunluk açısından değerlendirildi ve toplam 60 hasta çalışmaya dahil edildi. Çalışmaya alınan hastaların takip çizelgesi Şekil 1'de verilmiştir.

Öykülerinde elde median sinir dağılımına uyan bölgede parestezi, ağrı ve/veya vazomotor semptomları olanlar, gece yakınmaları olanlar, semptom süresi altı haftadan uzun olanlar, fizik muayenelerinde Tinel, Phalen ve Ters Phalen testlerinin en az biri pozitif olan hastalar çalışmaya kabul edildi. KTS için predispoze etyolojik faktörleri olanlar (diabetes mellitus, akut travma, romatolojik hastalıklar, kronik böbrek yetmezliği, gebelik, hipotiroidi, hipertiroidi vb.), önceki bir ay içinde non-steroidal anti-enflamatuvar ilaçlar gibi düzenli bir medikal tedavi alan veya fizik tedavi programına girenler, önceki üç ay içinde steroid enjeksiyonu yapılan hastalar çalışmadan dışlandı. Klinik olarak KTS tanısı almış olmasına karşın elektrodiagnostik testlerle tanısı doğrulanmamış hastalar, yapılan elektrodiagnostik incelemesinde servikal radikülopatisi, polinöropatisi, proksimal median sinir nöropatisi, ulnar nöropatisi tespit edilenler çalışmaya kabul edilmedi.

## Tedavi Öncesi Değerlendirme

Tüm hastalar tedavi öncesi aynı araştırmacı tarafından değerlendirildi. Hastaların demografik bilgileri alındı. Median Tinel testleri, Phalen ve ters Phalen testleri yapıldı. Hastaların semptomatik ellerinde kavrama gücü Jamar el dinamometresi (Baseline hydraulic hand dynamometer, Irvington, NY, USA) ile "kg" olarak değerlendirildi. Ölçümler hasta oturur pozisyonda, omuz adduksiyonda ve nötral rotasyonda, dirsek 90° fleksiyonda, ön kol nötral pozisyonda, el bileği 0°-30° dorsifleksiyon ve 0° -15° ulnar fleksiyonda iken yapıldı. Hastalardan maksimal derecede istemli kavrama yapmaları istendi. Ölçümler 3 kez yapılarak ortalama değer hesaplandı (8). 0-10 cm. uzunluğunda Vizüel Analog Skala (VAS) kullanılarak hastaların geçen hafta içindeki el ve parmaklarındaki ağrı düzeyleri ve uyuşukluk düzeyleri ayrı ayrı sorgulandı. "0" ağrı/uyuşukluğun hiç olmadığını, "10" ise dayanılamayacak kadar şiddetli ağrı/uyuşukluk olduğunu göstermekteydi. Hastaların semptomatik ve fonksiyonel değerlendirmeleri Boston anketi kullanılarak yapıldı (9).

### Boston Anketi

Hastalık şiddeti ve fonksiyonel durumu değerlendirmek amacıyla Levine ve ark. (9)'ı tarafından oluşturulmuştur. Semptomlara yönelik 11 ve fonksiyonel kapasiteye yönelik 8 soru olmak üzere toplam 19 soru içermektedir. Yanıtlarda en hafif semptom ya da en iyi fonksiyonel kapasite 1 puan, en ağır semptom ya da en kötü fonksiyonel durum 5 puan olarak değerlendirilir. Elde edilen toplam skorun, soru sayısına bölünmesiyle ortalama skorlar elde edilir. Bu çalışmada ortalama skorlar kullanılmıştır.

### Elektrofizyolojik İncelemeler

Elektronörofizyolojik incelemeler 2 kanallı Alpin-Biomed marka Keypoint portable EMG cihazı kullanılarak yapıldı. Sinir iletim çalışmaları süresince EMG cihazının; süpürme hızı 2msn, kazanç 10 mikroVolt, filtre genişliği duysal çalışmalar için 20 Hz-3 kHz, motor çalışmalar için 2 Hz-3 kHz idi. Tüm hastaların median ve ulnar sinir duyu ve motor iletim çalışmaları yapıldı. Her iki duyu iletim çalışması antidromik olarak median sinir için ikinci parmak, ulnar sinir için beşinci parmakten yüzük elektrotla kayıt alınarak yapıldı. Median sinir için ikinci parmak-bilek segmentinde 14 cm'den uyarımla duyu distal latansı üst sınırı 3,40 msn olarak ve duysal iletim hızı alt sınırı ise 49 m/sn olarak alındı. Motor sinir iletim çalışmaları bilek (8 cm) ve dirsekten uyarı verilerek abduktor pollicis brevis ve abduktor digiti minimi kaslarından yüzeyel disk elektrot kayıtlama ile yapıldı. Median sinir için motor distal latans üst sınırı 4 msn, iletim hızı alt sınırı ise 50 m/sn olarak alındı. Duyusal iletim hızının yavaşlaması ya da etkilenmiş tarafta median- ulnar sinir duysal latans farkının 0,5 msn ve daha fazla üzerinde olması ve/veya motor distal latans uzaması durumunda karpal tünel sendromu tanısı konuldu (10,11).

### Çalışma Planı

Çalışma prospektif olarak randomize, plasebo kontrollü karşılaştırmalı olarak tasarlandı. Çalışma öncesi etik kurul onayı alındı. Klinik ve elektrofizyolojik değerlendirmeleri yapıldıktan sonra çalışmaya alınma kriterlerini karşılayan hastalar rastgele dört gruba ayrıldı. İstatistik bölümü ile yapılan değerlendirme sonucunda her bir grupta 15 olgunun istatistiksel değerlendirme

için yeterli olacağı görüşü alındığından her bir grupta 15 olgu olmak üzere toplam 60 olgu çalışmaya dahil edilmiştir. Bu olgu sayısına ulaşmak için toplam 73 hasta taranmıştır. Sekiz hasta çalışma kriterlerine uymadığı ve beş hasta sosyal nedenlerle çalışmaya katılmayı kabul etmediği için, toplam 13 hasta çalışma dışı bırakılmıştır. Çalışmaya dahil edilen hastalar başvuru sırasına göre dört ayrı gruba randomize edilmiştir. Gelenler sırası ile 1.,2.,3. 4. gruba verildi, sonra tekrar başa dönülüp, hastalar tekrar 1.,2.,3.,4. gruplara verilmek suretiyle randomizasyona devam edildi. Her bir grupta 15'er olguya ulaşıncaya olgu alımı sonlandırıldı. Tedavileri sonrası düzenli takiplere gelmeyen kesikli US grubundan bir hasta, plasebo US ve DEL grubundan ikişer hasta, plasebo DEL grubundan 3 hasta (toplam 8 hasta) çalışma dışı bırakıldı. Çalışma 52 hasta ve toplam 101 el ile sonlandırıldı (Şekil 1). Bilateral KTS'si olan hastaların her iki eli aynı gruba alındı, ancak değerlendirmeler her iki el için ayrı ayrı yapıldı. Tedavi süreleri 15 seans olarak belirlendi. Tedavilerin etkinliğini değerlendirmek için hastalar tedavi sonrasında, tedavi sonrası 3. ,6. ve 12. aylarda klinik ve elektrofizyolojik olarak tekrar değerlendirildi.

#### Tedavi Uygulamaları

Birinci gruptaki hastalara üç hafta boyunca haftada beş gün olacak şekilde el bileklerine karpal tünel bölgesi üzerine on dakika süreyle 3 MHz ve 1, 0 Watt/cm<sup>2</sup> dozunda, 1/4 pulsasyon modunda küçük başlık (1,4 cm<sup>2</sup> geometrik yüzey alanı) ile kesikli ultrason (Sonicator 730, Metler Electronics, USA) tedavisi uygulandı.

İkinci gruptaki hastalara üç hafta süreyle, haftada beş gün, günde beş dakika olmak üzere 0,0 W/cm<sup>2</sup> dozda, karpal tünel

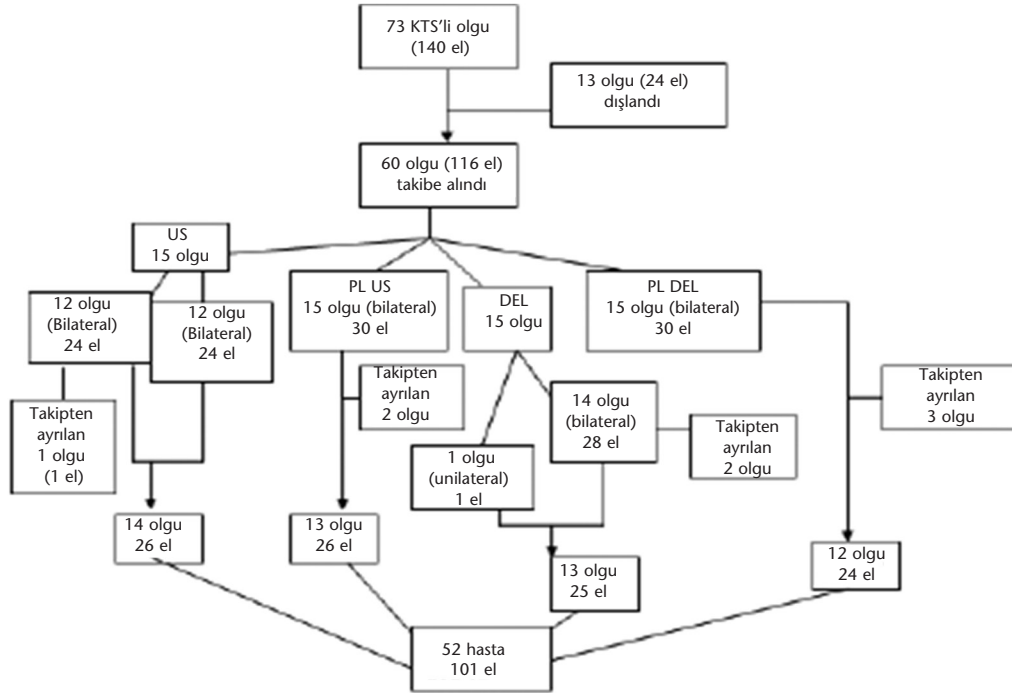
üzerine, cihazdan akım geçmesine izin vermeyecek şekilde sham (taklit) ultrason tedavisi uygulandı.

Üçüncü gruptaki hastalara üç hafta süreyle, haftada beş gün olacak şekilde el bileğinin volar yüzünde karpal tünel bölgesi üzerine beş ayrı noktaya Galyum- Alüminyum-Arsenid (Ga-Al-As) cihazı (Endolaser 476, Enraf Nonius, Hollanda) kullanılarak 830 dalga boyunda ve 30 mW gücünde, her bir noktaya 1,5 J/cm, sürekli, %100 çıktı parametrelerinde yaklaşık beş dakika süreyle düşük enerjili lazer tedavisi uygulandı.

Dördüncü gruptaki hastalara üç hafta süreyle, haftada beş gün, günde beş dakika olmak üzere el bileğinde aynı noktalara 0,0 J/cm<sup>2</sup> dozda, cihazdan akım geçmesine izin vermeyecek şekilde sham (taklit) lazer tedavisi uygulandı.

#### İstatistiksel Analizler

Çalışmamızda elde edilen bulguların değerlendirilmesinde "SPSS (Statistical Package for Social Sciences) 15.0 for Windows" programı kullanıldı. Her bir grupta yer alan vaka sayısı normal dağılım koşullarını sağlamadığından gruplar arasında bağımsız değişken ortalamalarının karşılaştırılmasında nonparametrik Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Gruplar arasında farklılığın hangisinden kaynaklandığının saptanması için Mann Whitney U testi ile gruplar ikili olarak karşılaştırılmıştır. Grup içerisinde değişkenlerin zamana bağlı değişimleri için Friedman testi ve tedavi öncesine göre ikili karşılaştırmalarda Wilcoxon analizi kullanıldı. Kategorik değişkenlerin karşılaştırılmasında Ki-Kare testi yapıldı. Sonuçlar ortalama±standart sapma değeri olarak verildi, p<0,05 olan değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.



Şekil 1. Çalışmaya alınan hastaların takip çizelgesi.

## Bulgular

Çalışmamıza yaşları 18 ile 65 arasında değişen toplam 60 hasta alındı. Tedavileri sonrası düzenli takiplere gelmeyen kesikli US grubundan bir hasta, plasebo US ve DEL grubundan ikişer hasta, plasebo DEL grubundan üç hasta (toplam sekiz hasta) çalışma dışı bırakıldı. Çalışma 52 hasta ve toplam 101 el ile sonlandırıldı (Şekil 1). Kesikli US grubunda iki ve DEL grubunda bir hastada tek el tedaviye alındı. Hastaların genel özellikleri ve tedavi öncesi klinik ve elektrofizyolojik bulguları arasında anlamlı farklılık saptanmadı ( $p>0,05$ ) (Tablo 1).

Kesikli US tedavisi alan grupta (Grup 1), tedavi sonrası, 3., 6. ve 12. aydaki kontrollerde tedavi öncesine göre hastaların vizüel analog skalayla ölçülen ağrı ve uyuşukluk şikayetlerinde istatistiksel olarak anlamlı azalmalar saptandı ( $p=0,0001$ ) (Tablo 2).

El kavrama gücünde sadece tedavi sonrasında istatistiksel anlamlı bir artış saptandı (tedavi öncesi ort:  $15,34\pm 4,89$ , tedavi sonrası ort:  $16,50\pm 5,39$ ,  $p=0,04$ ). Boston semptom şiddet ve fonksiyonel kapasite skorları ise tedavi sonrası, 3, 6 ve 12. aylarda istatistiksel olarak anlamlı şekilde azalmıştır ( $p=0,0001$ ) (Tablo 2). Elektrofizyolojik değerlendirmede motor distal latans, duysal latans, duysal ileti hızı, motor amplitüd parametrelerinde istatistiksel anlamlı bir farklılık saptanmadı ( $p>0,05$ ) (Tablo 3).

Plasebo US grubunda hastaların klinik parametreleri ve elektrofizyolojik değişkenlerinin hiçbirinde tedavi sonrası, 3, 6. ve 12. ay kontrol vizitlerinde tedavi öncesine göre anlamlı değişiklikler saptanmadı ( $p>0,05$ ) (Tablo 2).

US grubunu (Grup1), plasebo US grubu (grup 2) ile karşılaştırdığımızda, sadece ağrı, semptom şiddeti ve fonksiyonel kapasite skorlarının tedavi sonrası, 3. ve 6 aylarda, uyuşukluk değişkeninin de tedavi sonrası ve 3. ayda plasebo grubuna göre anlamlı biçimde azaldığı saptandı (Tablo 2 ve 3).

DEL grubunda (Grup 3) el kavrama gücü hariç VAS'la ölçülen ağrı ve uyuşukluk, Boston semptom şiddet ve

fonksiyonel kapasite skorlarında tedavi sonrasında, 3., 6. ve 12. ay kontrollerinde tedavi öncesine göre anlamlı azalmalar olduğu saptandı ( $p<0,05$ ) (Tablo 2).

Plasebo DEL grubunda (Grup 4) hastaların tedavi sonrası, 3., 6. ve 12. ay kontrollerindeki klinik değerlerinin tedavi öncesine göre değişimlerinde anlamlı azalma saptanmadı (Tablo 2). Hem DEL hem de plasebo DEL grubunda elektrofizyolojik parametrelerde tedavi sonrası ve kontrollerde anlamlı düzelmeler saptanmadı ( $p>0,05$ ) (Tablo 3).

Düşük enerjili lazer grubu (Grup 3) ve plasebo DEL grupları (Grup 4) karşılaştırıldığında, DEL grubunda klinik değişkenlerden ağrı ve uyuşukluk parametrelerinin tedavi sonrası, 3 ve 6. aylarda plasebo DEL grubuna göre anlamlı azalmalar gösterdiği tespit edildi (Tablo 2).

Kesikli US grubunu (Grup 1), DEL grubu (Grup 3) ile karşılaştırdığımızda uyuşukluk değişkeninde tedavi sonrası ve 3.ayda, ağrı ve semptom şiddet skorunda tedavi sonrası, 3. ve 6. ayda, fonksiyonel kapasite skorunda sadece tedavi sonrasında iki grup arasında anlamlı fark vardı. Bu parametrelerdeki düzelmeler ultrason grubunda daha fazla idi. El kavrama gücü US grubunda tedavi öncesine göre, tedavi sonrasında anlamlı artış göstermesine karşın, lazer grubunda artış olmamıştır. Ancak iki grup arasındaki bu farklılık istatistiksel anlamlılığa ulaşmadı (Tablo 2). Elektrofizyolojik değerlendirmeler açısından iki tedavi grubu arasında anlamlı farklılık saptanmadı.

## Tartışma

Çalışmamızda KTS tanısı alan hastalarda kesikli ultrason ile düşük enerjili lazer tedavilerinin etkinliği klinik ve elektrofizyolojik açılarından karşılaştırılmıştır. Yaptığımız geniş kapsamlı literatür taramasında KTS'da kesikli US tedavisini, DEL tedavisiyle plasebo kontrollü olarak karşılaştıran başka bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Çalışmamız ayrıca literatürdeki çalışmalardan farklı olarak bir yıl gibi uzun bir takip süresini kapsamaktadır.

**Tablo 1. Hastaların demografik, tedavi öncesi klinik ve elektrofizyolojik özelliklerinin gruplara göre dağılımı.**

	US n=14	Plasebo US n=13	DEL N=13	Plasebo DEL n=12	P*
El sayısı	26	26	25	24	
Yaş (yıl)	51,4±6,3	51,3±2,8	46,6±8,6	49,7±7,8	0,2
Cinsiyet (K/E)	12/2	12/1	12/1	10/2	0,5
Tinel (%)	59	64	64	70	0,9
Phalen (%)	69	90	84	70	0,4
Ters Phalen (%)	63	80	80	70	0,5
Ağrı (VAS/mm)	48,8±30,2	47,6±22,9	52,8±28,1	45,1±25,4	0,7
Uyuşukluk (VAS/mm)	59,5±22,7	53,6±18,5	59,6±22,5	55,0±24,6	0,4
El kavrama gücü (kg)	15,3±4,9	14,4±3,3	18,7±8,6	16,8±4,5	0,1
Semptom şiddet skoru	2,9±0,5	3,0±0,9	3,1±1,0	2,7±1,0	0,2
Fonksiyonel kapasite skoru	2,7±0,8	3,1±0,6	3,1±1,0	2,8±0,7	0,2
Motor distal latans (msn)	4,6±1,3	4,6±0,3	4,5±0,9	4,3±1,1	0,1
Duyusal latans (msn)	3,9±1,0	3,8±1,9	3,6±0,7	3,3±0,6	0,6
Duyusal iletim hızı (m/sn)	37,3±7,7	38,6±9,6	37,1±5,4	43,0±4,9	0,1
Duyusal amplitüd (µv)	19,2±11,7	20,5±12,3	18,5±10,6	21,8±10,4	0,1
Motor amplitüd (mv)	8,7±3,5	7,5±3,7	9,7±3,3	7,5±2,5	0,1

DEL: Düşük Enerjili Lazer, US: Ultrason, VAS: Visual Analog Skala, \* İstatistiksel analizler Kruskal-Wallis ve Ki- kare testine göre yapılmıştır.

Çalışmamızda klinik parametreler olan ağrı, uyuşukluk, semptom şiddet skoru ve fonksiyonel kapasite skorlarında hem US hem de DEL gruplarında tedavi öncesine göre anlamlı düzelmeler saptanmıştır. Elektronörofizyolojik değişkenlerin hiçbirinde, iki tedavi grubunda da tedavi öncesine göre anlamlı değişimler gözlenmemiştir. Plaseboya göre US grubundaki

uyuşukluk değişkeninde 3. aya kadar, ağrı, semptom şiddet ve fonksiyonel kapasite skorlarında 6. aya kadar devam eden iyileşmeler saptanmıştır. DEL grubunda ise sadece ağrı ve uyuşukluğun, plaseboya göre tedavi sonrası, 3 ve 6. aylarda anlamlı oranda azaldığı tespit edilmiştir. Ultrason ve DEL gruplarını birbiriyle karşılaştırdığımızda, US tedavisi alanlarda

**Tablo 2. Klinik parametrelerin tedavi öncesi, tedavi sonrası ve kontrollerdeki değişiminin gruplar içinde ve gruplar arasında karşılaştırılması (ort±standart deviasyon).**

	US	Plasebo US	DEL	Plasebo DEL	P1	P2	P3
<b>Ağrı (VAS/mm)</b>							
Td. Öncesi	48,8±30,2	47,6±22,9	52,8±28,1	45,1±25,4	0,7	0,3	0,6
Td. Sonrası	18,9±21,5	42,4±20,5	34,6±23,7	41,7±22,7	0,02*	0,02*	0,01*
3. ay	17,1±21,6	34,3±17,6	31,8±27,0	43,7±24,9	0,01*	0,017*	0,007*
6. ay	17,7±24,2	30,8±14,6	39,0±28,0	49,3±27,9	0,03*	0,004*	0,004*
12. ay	23,1±21,5	32,5±25,0	37,9±31,3	40,1±26,0	0,4	0,2	0,3
P değeri	0,0001 <sup>a</sup>	0,3	0,0001 <sup>a</sup>	0,1			
<b>Uyuşukluk (VAS/mm)</b>							
Td. Öncesi	59,5±22,7	53,6±18,5	59,6±22,5	55,0±24,6	0,3	0,2	0,8
Td. Sonrası	20,8±25,4	45,6±27,0	32,2±22,6	47,7±26,0	0,01*	0,01*	0,02*
3. ay	23,4±21,6	44,3±18,1	33,6±26,1	42,3±29,9	0,03*	0,005*	0,007*
6. ay	22,0±21,8	40,0±17,9	30,8±25,6	50,0±23,5	0,07	0,001*	0,2
12. ay	23,5±20,3	37,5±22,2	39,0±26,6	45,8±33,8	0,2	0,2	0,5
P değeri	0,0001 <sup>a</sup>	0,7	0,0001 <sup>a</sup>	0,3			
<b>El kavrama gücü (kg)</b>							
Td. Öncesi	15,3±4,9	14,4±3,3	18,7±8,6	16,8±4,5	0,8	0,3	0,3
Td. Sonrası	16,5±5,4	16,8±4,6	19,3±9,6	13,3±5,8	0,8	0,3	0,5
3. ay	16,4±6,3	15,7±5,0	18,3±9,4	14,2±5,9	0,9	0,3	0,7
6. ay	17,7±24,2	14,3±5,6	20,3±10,2	15,5±12,6	0,3	0,1	0,5
12. ay	16,6±5,9	15,0±5,8	19,3±9,3	15,7±4,7	0,7	0,5	0,6
P değeri	0,27	0,18	0,54	0,60			
<b>Semptom şiddet skoru</b>							
Td. Öncesi	2,9±0,5	3,0±0,9	3,1±1,0	2,7±1,0	0,8	0,1	0,1
Td. Sonrası	1,7±0,5	2,6±0,8	2,2±0,8	2,4±1,2	0,005*	0,9	0,008*
3. ay	1,8±0,6	2,6±0,9	2,3±1,1	2,9±1,3	0,03*	0,7	0,02*
6. ay	1,6±0,6	2,5±0,8	2,1±0,9	2,0±0,9	0,009*	0,8	0,04*
12. ay	2,0±1,0	2,2±1,0	2,1±1,0	2,0±0,9	0,52	0,8	0,9
P değeri	0,0001 <sup>a</sup>	0,41	0,0001 <sup>a</sup>	0,08			
<b>Fonksiyonel kapasite skoru</b>							
Td. Öncesi	2,7±0,8	3,1±0,6	3,1±1,0	2,8±0,7	0,09	0,5	0,1
Td. Sonrası	1,8±0,6	2,7±0,9	2,4±1,0	3,0±1,3	0,004*	0,3	0,01*
3. ay	1,9±0,8	3,1±2,8	2,2±1,0	3,2±1,0	0,006*	0,1	0,3
6. ay	1,8±0,7	3,0±0,8	2,2±0,9	2,3±0,6	0,001*	0,1	0,2
12. ay	2,2±0,9	2,8±0,8	2,2±0,9	2,3±0,7	0,1	0,5	0,5
P değeri	0,0001 <sup>a</sup>	0,2	0,0001 <sup>a</sup>	0,7			

DEL: Düşük Enerjili Lazer, US: Ultrason, Td.: Tedavi, VAS: Visual analog skala, \*, a: p<0,05

P değeri (a ; grup içi değişkenlerin zamana bağlı değişimleri için Friedman analizine göre anlamlılık, \*; İki grup arasındaki değişkenlerinin karşılaştırmasında Mann-Whitney U testine göre: P1= US ve plasebo US grupları arasında, P2= DEL ve plasebo DEL grupları arasında, P3=US ve DEL grupları arasında).

ağrı, uyuşukluk ve semptom şiddet skorundaki 6 aya kadar süren, fonksiyonel kapasitede ise sadece tedavi sonrasında görülen azalmaların DEL grubundan daha fazla olduğu gözlemlenmiştir.

Literatürde KTS tedavisinde sürekli ya da kesikli US tedavisinin etkinliğinin araştırıldığı çalışmalar bulunmakla birlikte plasebo kontrollü çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmektedir (3,12,13,14). Bu çalışmalarda genellikle US'nin kısa ve orta vadeli (tedavi sonrası-6 ay vb.) etkinliği araştırılmıştır. Bizim çalışmamızda ise hem US hem de DEL tedavisinin uzun vadeli (1 yıl) etkinliği araştırılmıştır. Sonuçlarımız iki tedavi yönteminin klinik parametreler üzerine etkinliğinin bir yıla kadar uzadığını göstermişse de, plasebo ile kontrol ettiğimizde bu etkinliğin esas olarak 6 ay sürdüğünü gözlemledik. Çalışmamızda kullandığımız 1/4 pulsasyon modunda ve 1,0 Watt/cm<sup>2</sup> dozunda US tedavisini sham US ile karşılaştıran bir başka çalışmada araştırmacılar (3) ağrı ve duyu kaybı gibi subjektif semptomlarda ve elektrofizyolojik olarak motor distal latans ve duysal sinir iletim hızında anlamlı düzelmeler saptamışlar ve bu iyileşmelerin 6 ay devam ettiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızdaki klinik iyileşmeler Ebenbichler ve ark. (3) yaptığı bu çalışmayla uyum göstermekle birlikte biz elektrofizyolojik düzelmeler saptamadık. Çalışmamızda hastaların ağrı ve ağrıyla ilişkili semptom şiddeti, fonksiyonel kapasite gibi klinik parametrelerde tedaviyle düzelmeler sağlanırken, elektrofizyolojik parametreler üzerine kesikli US'nin bir etkisinin görülememesinin nedeni, KTS'de hastaların ağrı semptomları ve ağrıyla ilişkili fonksiyon kayıplarının nedeninin daha çok küçük çaplı miyelinli yada miyelinsiz sinir lifleriyle ilişkili olduğu ve normal elektrofizyolojik çalışmalarda da bu sinir liflerinin değerlendirilmesinin mümkün olamaması olabilir (15). Bununla birlikte US tedavisine küçük miyelinsiz C liflerinin daha fazla duyarlı olduğu ve büyük A tipi liflerin ise daha az duyarlı olduğu ifade edilmektedir. US'nin küçük lifler tarafından yapılan bu selektif absorpsiyonu, tedavinin ağrıdaki azalmayı nasıl sağladığını açıklayan mekanizmalardan biridir ve elektrofizyolojik bulgularda neden anlamlı değişiklikler saptamadığımızı göstermesi açısından da anlamlı olabilir (13).

US tedavisinin KTS'de ağrıyı ve ağrıya bağlı fonksiyon kayıplarını azaltıcı etkisinin diğer önemli nedenleri ise, anti enflamatuvar etkisi ve doku iyileşmesini stimüle etmesidir ve bu etkileri klinik ve deneysel birçok çalışmada gösterilmiştir (16-18). Kesikli uygulandığında US'nin ısıtıcı etkisi ortadan kalkmaktadır. Kesikli uygulamayla ortaya çıkan mikroakım etkisi hücrelerin membran yapısını, fonksiyon ve geçirgenliğini değiştirebilir ki, bu da doku onarımını stimüle eden bir etkidir. Dengeli kavitasyon ve akustik mikroakımın, invitro olarak fibroblastların onarımını, kollajen sentezini ve doku rejenerasyonunu arttırdığı gösterilmiştir (18). Bu anti enflamatuvar etki ve doku yenilenmesi dışında, US'nin mekanik yani mikroakım etkisiyle hücre zarının sodyum iyonlarına geçirgenliğinin değişmesinin, sinirlerde elektriksel aktivite değişiklikleri oluşturabileceği, bunun da ağrıyı azalttığı öne sürülmüştür (19).

Elektrofizyolojik açıdan elde ettiğimiz sonuçlar iki tedavi grubunda da plasebodan farklı bulunmamıştır. Baktary ve ark. (20) yaptıkları çalışmada kesikli US tedavisiyle motor latans ve motor aksiyon potansiyeli amplitüdlerinde anlamlı iyileşmeler saptamışlardır. Başka bir çalışmada, US'nin sürekli 0.5-2W/cm<sup>2</sup> dozda periferik sinirler üzerine uygulanmasıyla termal etkisine bağlı olarak ileti hızını arttırdığı bildirilmiştir. Bilindiği

gibi KTS'de altta yatan patoloji kompresyon sonucu oluşan fokal demiyelizasyondur. Median sinirin demiyelinize olan bu bölgesi US tedavisine daha duyarlı olabilir (13). Bu da US'nin sinir ileti hızında yaptığı değişikliği açıklayabilir. Ancak çalışmalar ısı artışı ve duysal sinir ileti hızındaki artış arasında motor iletiye göre daha fazla ilişki olduğunu göstermişlerdir (21,22). Hong ve ark. (6) da, deneysel çalışmalarında daha düşük dozda yapılan US uygulamalarının kompresyon nöropatilerinin iyileşmesini hızlandırdığını, yüksek dozlarda ise hasarı arttırdığını

**Tablo 3. Ultrason ve DEL gruplarında elektrofizyolojik değişkenlerin gruplar içinde ve iki grup arasında karşılaştırılması (ort±standart deviasyon).**

	US	DEL	P1
Motor distal latans (msn)			
Td, Öncesi	4,6±1,3	4,47±0,9	0,9
Td, Sonrası	4,7±1,7	4,61±1,0	0,5
3. ay	4,8±1,5	4,33±0,8	0,4
6. ay	4,6±1,0	4,3±0,9	0,2
12. ay	4,4±0,9	4,5±0,8	0,9
P	0,5	0,3	
Duyusal latans (msn)			
Td, Öncesi	3,9±1,0	3,6±0,7	0,1
Td, Sonrası	3,9±1,2	3,7±0,6	0,3
3. ay	3,9±1,1	3,7±0,7	0,4
6. ay	4,1±1,0	3,7±0,7	0,1
12. ay	4,1±0,8	3,9±0,8	0,3
P	0,2	0,1	
Duyusal iletim hızı (m/sn)			
Td, Öncesi	37,3±7,7	37,1±5,4	0,9
Td, Sonrası	37,1±3,4	37,6±3,1	0,6
3. ay	36,3±8,1	40,3±6,4	0,3
6. ay	38,0±6,5	40,9±9,1	0,4
12. ay	37,3±7,3	40,2±5,7	0,2
P	0,3	0,1	
Motor amplitüd (mv)			
Td, Öncesi	8,7±3,5	9,7±3,3	0,2
Td, Sonrası	10,1±3,4	9,1±4,2	0,6
3.ay	9,7±2,9	9,1±3,9	0,6
6. ay	10,1±4,1	10,0±4,0	0,8
12. ay	9,3±2,9	10,3±5,0	0,8
P	0,5	0,7	

DEL:Düşük Enerjili Lazer, US: Ultrason, Td: Tedavi P ; grup içi değişkenlerin zamana bağlı değişimleri için Friedman analizine göre, P1; İki grup arasındaki değişkenlerinin karşılaştırılmasında Mann-Whitney U testine göre.

bildirmişlerdir. Düşük doz US tedavisiyle, lokal kan akımının arttığı ve bunun da tuzak nöropatilerinde sinir rejenerasyonu ve sinir iletimini arttırdığını belirtmişlerdir. Biz de çalışmamızda kesikli uygulamamızla, US doz yoğunluğunu azalttık ve ısı etkisini ortadan kaldırdık, ancak bu çalışmaların aksine US tedavisinin sinir ileti hızlarına bir etkisini saptamadık.

Düşük enerjili lazer tedavisinin KTS'de etkinliğini araştıran daha önceki çalışmalarda elde edilen sonuçlar çelişkili olup, DEL tedavisinin etkili olduğunu gösteren çalışmaların çoğu kontrolsüz yapılmıştır (23,24). DEL'in KTS'deki etkinliğini değerlendiren iki kontrollü çalışmanın birinde Irvine ve ark. (25), DEL tedavisinin el fonksiyonları ve elektrofizyolojik parametrelerde plasebodan daha etkili olmadığını bildirirken, yakınlarda yapılmış kontrollü diğer çalışmada Naesar ve ark (26), ağrı ve elektrofizyolojik parametrelerde plasebodan daha etkili olduğunu bulmuşlardır. Biz çalışmamızda, ağrı ve uyuşukluk parametrelerinde plasebodan farklı olarak azalma saptadık, ancak aynı farklılığı semptom şiddet ve fonksiyonel kapasite skorları ile elektrofizyolojik değişkenlerde gözlemleyemedik. DEL tedavisinin ağrı ve duyu kaybı gibi klinik semptomlara etkisini lazerin selektif olarak periferik sinirlerdeki nosiseptif sinyalleri inhibe etmesi ve aynı zamanda sinir dokusu içinde biyofiziksel olayları başlatma gücünün olmasına bağlayabiliriz. Farklı deneysel çalışmalarda DEL'in prostaglandin sentezini azaltmasına bağlı olarak antiödematöz ve anti enflamatuvar etkisi olduğu da rapor edilmiştir (27-30).

Çalışmamızda el kavrama gücü üzerine DEL tedavisinin etkinliğini saptamadık. US tedavisi ile de sadece tedavi sonrasında anlamlı artış saptadık, takiplerde bu artışın devam etmediğini gözlemledik. Ayrıca tedavi sonrası saptadığımız bu etkiyi plasebodan farklı bulmadık. El kavrama gücüne katılan kasların sadece median sinir innervasyonlu olmaması, toplam kavrama gücüne aynı zamanda ulnar innervasyonlu kasların da katılması nedeniyle, median sinir tutulumuna bağlı kavrama güçsüzlüğü maskelenmiş olabilir (20) ve bu yüzden tedavi etkinliğini gösterememiş olabiliriz.

Çalışmamızda KTS'li hastalarda hem US hem de DEL tedavisinin klinik parametreler üzerine etkili olduğunu, bu etkinliğin plasebodan üstün olduğunu ve bu iki tedavi yöntemini karşılaştırdığımızda; US tedavisiyle, DEL tedavisinden daha fazla klinik düzelmeler olduğunu saptadık. Bunun yanında her iki tedavinin de elektrofizyolojik olarak bir etkisi olmadığını gösterdik. Bu sonuçlarımızı literatürde daha önce yapılmış çalışmalarla karşılaştırdığımızda iki tedavi yönteminin etkinliğini ayrı ayrı araştıran az sayıdaki plasebo kontrollü ya da kontrolsüz birçok çalışmada hem US, hem de DEL tedavisi için farklı farklı sonuçlar elde edildiğini gözlemledik. Değişik dizayn edilmiş çalışmalarda, değişik tedavi parametrelerinin seçilmiş olması (örn. US tedavisinin kesikli yada sürekli olması, lazer tedavisinde cihazın dalga boyu, uygulama alanının lokal yada akupunktur noktalarına olması vb.) çalışma sonuçlarının birbirinden oldukça farklı çıkma nedeni olabilir.

Literatürde KTS'de iki tedavi yönteminin karşılaştırıldığı tek bir çalışma vardır. Bakhtiary ve ark. (20) bu çalışmalarında klinik ve elektrofizyolojik bütün parametrelerde US grubunda DEL grubuna göre daha anlamlı değişimler saptamışlardır. Biz

de çalışmamızda US tedavisinin klinik parametreler üzerine kısa ve orta vadedeki etkinliğinin DEL tedavisine göre daha fazla olduğunu gözlemledik ve bu sonucumuzu plasebo ile karşılaştırarak doğruladık. Ancak bu araştırmacıların ultrason grubunda elektrofizyolojik olarak saptadıkları iyileşmeler çalışmamızda saptanmamıştır.

Çalışma dizaynı açısından bizden farklı olarak, Bakhtiary ve ark. (20) çalışmalarını plasebo kontrollü yapmamışlardır. Ancak tedavi parametreleri bizim çalışma modelimize çok benzemektedir. Araştırmacılar, US tedavisini çalışmamızdaki parametrelere benzer şekilde 1,0 Watt/cm<sup>2</sup> dozunda, 1/4 pulsasyon modunda, 15 dakika süreyle, toplam 15 seans olarak uygulamışlardır. Bizim uygulama süremiz daha kısa (10 dk.) olmakla birlikte, literatürde daha kısa süreli (beş dakika vb.) uygulamalar da görülmektedir (15,31). Aynı araştırmacılar DEL tedavisini karpal tünel bölgesi üzerine beş ayrı noktaya 830 nm dalga boyu ile, her bir noktaya 1,8 J/ cm<sup>2</sup>, toplam 9 J dozunda uygulamışlardır. Bizim çalışmamızda ise her noktaya 1,5 J/ cm<sup>2</sup>, toplam 7,5 J uygulanmıştır ki, araştırmacıların uyguladığı doza oldukça yakın bir dozdur.

Bakhtiary ve ark. (20) hastalarını bizden farklı olarak sadece dört hafta takip etmişler ve iki tedavi yöntemini karşılaştırdıklarında, kullandıkları tüm parametrelerde hem tedavi sonrasında hem de dördüncü hafta takiplerinde, US grubunda DEL grubuna göre anlamlı üstünlükler saptamışlardır. Ancak araştırmacılar bizim kullandığımız Boston semptom şiddet ve fonksiyonel kapasite skorlarını kullanmamıştır. Boston sorgulamasında ağrının yanında değerlendirilen nokturnal semptomlar ve uyuşukluk KTS'li hastaları en çok rahatsız eden ana semptomlardır ve bu nedenle KTS'li hastalarda değerlendirilmelerinin önemli olduğu düşüncesindeyiz. Nitekim çalışmamızda US tedavisi alanlarda ağrı, uyuşukluk ve semptom şiddet skorundaki altı aya kadar süren, fonksiyonel kapasitede ise sadece tedavi sonrasında görülen azalmaların DEL grubuna göre istatistiksel olarak daha fazla olduğunu gözlemledik.

Çalışmamızın bazı kısıtlılıkları bulunmaktadır. Olguların karpal tünel sendromununun derecesine göre gruplandırılması yapılmamıştır. Hafif, orta ve ağır karpal tünel sendromu ayrımı olmaması nedeniyle grup içi ve gruplar arası homojenite tam olarak sağlanamamıştır. İstatistiklerin bu ayrımına göre yapılabilmesi için olgu sayısının daha yüksek olması gerektiği düşüncesindeyiz. Yine de çalışmamızın, olgu sayısı daha yüksek ve uzun tedavi etkinliğinin araştırılacağı yeni çalışmalara ışık tutacağı kanaatindeyiz.

Sonuç olarak çalışmamız KTS tedavisinde kesikli US tedavisini, DEL tedavisiyle plasebo kontrollü olarak karşılaştıran ilk çalışmadır. Karpal tünel sendromu tedavisinde kesikli US ve DEL tedavileri etkin bulunmuştur. US ve DEL tedavilerinin KTS'deki bu etkinliğinin subjektif klinik semptomlar üzerine olduğu, elektrofizyolojik parametreler üzerine her iki tedavinin de etkisi olmadığı saptanmıştır. Kesikli US tedavisinin klinik parametreler göz önüne alındığında ilk altı aylık sürede DEL tedavisinden daha üstün olduğu bulunmuştur.

#### Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

## Kaynaklar

1. Aroori S, Spence RAJ. Carpal tunnel syndrome. *Ulster Med J* 2008;77:6-17.
2. Werner RA, Andary M. Carpal tunnel syndrome: pathophysiology and clinical neurophysiology. *Clin Neurophysiol* 2002;113:1373-81.
3. Ebenbichler GR, Resch KL, Nicolakis P, Wiesinger GF, Uhl F, Ghanem A, et al. Ultrasound treatment for treating the carpal tunnel syndrome: randomised "sham" controlled trial. *BMJ* 1998;316:731-5.
4. Stolke D, Seifert V. Clinical use of a new method in microsurgical transplantation of peripheral nerves. *Neurochirurgia (Stuttg)* 1989;32:177-9.
5. Basford JR, Hallman HO, Matsumoto JY, Moyer SK, Buss JM, Baxter GD. Effects of 830nm continuous wave laser diode irradiation on median nerve function in normal subjects. *Lasers Surg Med* 1993;13:597-604.
6. Hong CZ, Lau HH, Yu J. Ultrasound thermotherapy effect on the recovery of nerve conduction in experimental compression neuropathy. *Arch Phys Med Rehabil* 1988;69:410-4.
7. Kramer JF. Effect of therapeutic ultrasound intensity on subcutaneous tissue temperature and ulnar nerve conduction velocity. *Am J Phys Med* 1989;64:1-9.
8. Mathiowetz V, Kashman N, Volland G, Weber K, Dowe M, Rogers S. Grip and Pinch Strength: Normative Data for Adults. *Arch Phys Med Rehabil* 1985;66:69-72.
9. Levine DW, Simmons BP, Koris MJ, Daltroy LH, Hohl GG, Fossel AH, 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;75:1585-92.
10. Hamner K. Nerve conduction studies. Springfield, IL, Charles C Thomas, 1982. p. 31.
11. Preston DC, Shapiro BE. Median neuropathy at the wrist. *Electromyography and Neuromuscular Disorders. Clinical and Electrophysiological Correlations* 2nd edition. Philadelphia: Elsevier; 2005. p. 255-79.
12. Piravej K, Boonhong J. Effect of ultrasound thermotherapy in mild to moderate carpal tunnel syndrome. *J Med Assoc Thai* 2004;87(Suppl 2):100-6.
13. Oztas O, Turan B, Bora I, Karakaya MK. Ultrasound therapy effect in carpal tunnel syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 1998;79:1540-4.
14. Ekim A, Çolak E. Karpal Tünel Sendromunda ultrason tedavisi: Plasebo kontrollü bir çalışma. *Türk Fiz Tıp Rehab Derg* 2008;54:96-101.
15. Chan L, Turner JA, Comstock BA, Levenson LM, Hollingworth W, Heagerty PJ, et al. The relationship between electrodiagnostic findings and patient symptoms and function in carpal tunnel syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 2007;88:19-24.
16. Binder A, Hodge G, Greenwood AM, Hazleman BL, Page Thomas DP. Is therapeutic ultrasound effective in treating soft tissue lesions? *Br Med J (Clin Res Ed)* 1985;290:512-4.
17. Byl NN, McKenzie AL, West JM, Whitney JD, Hunt TK, Scheuenstuhl HA. Low-dose ultrasound effects on wound healing: a controlled study with Yucatan pigs. *Arch Phys Med Rehabil* 1992;73:656-64.
18. Dyson M. Mechanisms involved in therapeutic ultrasound. *Physiotherapy* 1987;73:116-20.
19. Speed CA. Therapeutic ultrasound in soft tissue lesions. *Rheumatology (Oxford)* 2001;40:1331-6.
20. Bakhtiar AH, Rashidy-Pour A. Ultrasound and laser therapy in the treatment of carpal tunnel syndrome. *Aust J Physiother* 2004;50:147-51.
21. Kramer JF. Ultrasound: evaluation of its mechanical and thermal effects. *Arch Phys Med Rehabil* 1984;65:223-7.
22. Currier DM, Kramer JF. Sensory nerve conduction: heating effects of ultrasound and infrared. *Physiother Can* 1982;34:241-6.
23. Çeliker R, Kutsal Y G, Ar Ç, Kerem M. Effects of Laser Therapy in Carpal tunnel syndrome. *J Rheum Med Rehab* 1993;4:83-7.
24. Weintraub MI. Noninvasive laser neurolysis carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 1997;20:1029-31.
25. Irvine J, Chong SL, Amirjani N, Chan KM. Double-blind randomised controlled trial of low-level laser therapy in carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 2004;30:182-7.
26. Naeser MA, Hahn KA, Lieberman BE, Branco KF. Carpal tunnel syndrome pain treated with low level laser and microampere transcutaneous electric nerve stimulation: a controlled study. *Arch Phys Med Rehabil* 2002;83:978-88.
27. Jarvis D, MacIver MB, Tanelian DL. Electrophysiologic recording and thermodynamic modeling demonstrate that helium-neon laser irradiation does not affect peripheral A-delta- or C-fiber nociceptors. *Pain* 1990;43:235-42.
28. Honmura A, Ishii A, Yanase M, Obata J, Haruki E. Analgesic effect of Ga-Al-As diode laser irradiation on hyperalgesia in carageenin-induced inflammation. *Lasers Surg Med* 1993;13:463-9.
29. Walker J. Relief from chronic pain by low power laser irradiation. *Neurosci Lett* 1983;43:339-44.
30. Coderre TJ, Katz J, Vaccarino AL, Melzack R. Contribution of central neuroplasticity to pathological pain: review of clinical and experimental evidence. *Pain* 1993;52:259-85.
31. Sezgin M, Atay M, Çamdeviren H, Çınar C, Erdoğan C. Karpal tünel sendromunda TENS ile birlikte ultrason tedavisinin etkinliğinin lokal steroid enjeksiyonu ile karşılaştırılması. *J Pmr Sci* 2006;9:17-24.