

Karpal Tünel Sendromu: Anatomi, Belirtiler, Tanı Yöntemleri ve Tedavi

Carpal Tunnel Syndrome: Anatomy, Symptoms, Diagnostic Tools and Treatment: Review

Dr. Murat ALEMDAR^a

^aNöroloji Bölümü,
Silvan Dr. Yusuf Azizoğlu
Devlet Hastanesi, Diyarbakır

Geliş Tarihi/Received: 13.07.2008
Kabul Tarihi/Accepted: 20.02.2009

Yazışma Adresi/Correspondence:
Dr. Murat ALEMDAR
Silvan Dr. Yusuf Azizoğlu
Devlet Hastanesi, Nöroloji Bölümü,
Diyarbakır, TÜRKİYE/TURKEY
drmuratalemdar@yahoo.com

ÖZET Karpal tünel sendromu (KTS) en sık görülen tuzak nöropatidir. Median sinirin karpal kanal içinde basılanması ile ortaya çıkar. Karpal tünel dorsalde ve lateralde kemik yapılar, volar yüzde transvers karpal ligaman (fleksör retinakulum) ile çevrelenir. KTS'nin özgün semptomları; ilk dört parmak ucuna doğru yayılan ve uyurken belirginleşen uyuşma, yanma ve ağrıdır. Fizik muayenede; Tinnel ve Phalen bulguları, tenar atrofi ve median sinir innervasyonlu el derisinde iki nokta diskriminasyonunun uzaması saptanabilir. Sıklıkla idiyopatik olarak gözlenir. Ancak, endokrin bozukluklar (Diabetes mellitus, mikstödem, akromegali vb), bağ dokusu hastalıkları (romatoid artrit vb), gebelik ve obezite, transvers karpal ligaman, bilek kemikleri ve tenosinovyal yapılarda kalınlaşmaya neden olarak KTS'ye yatkınlık oluşturabilir. KTS tanısı klinik bulgular ile konulur. Tanı elektrofizyolojik ve ultrasonografik yöntemler ile desteklenebilir. Geçmiş dönemde yapılan araştırmalar, KTS tanısında kullanılan değişik sinir ileti çalışmalarının duyarlılığı ve özgünlüğü hakkında farklı sonuçlar vermiştir. Son dönem veriler, 4. parmak median-ulnar sinir antidromik duysal latans farklılıklarının ve bilek-avuç içi arası median sinir inching çalışmalarının KTS'nin elektrofizyolojik tanısındaki duyarlılığının yüksek olduğunu göstermiştir. Bu derlemede; karpal tünel ve median sinir anatomisi, KTS'nin etiyojisi, klinik belirti ve bulguları, tanısı ve tedavisi hakkında mevcut olan bilgiler gözden geçirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karpal tünel sendromu, median nöropatisi, elektromiyografi, ultrasonografi

ABSTRACT Carpal tunnel syndrome (CTS) is the most common entrapment neuropathy. It is caused by entrapment of median nerve while passing through the carpal tunnel. Carpal tunnel is surrounded by bony structures in dorsal and lateral aspects, and transverse carpal ligament (flexor retinaculum) in volar aspect. Specific symptoms of CTS are numbness, burning and pain which are worsening during sleep and radiating to first four fingers. In physical examination, Tinnel and Phalen signs, thenar atrophy and elongation of two point discrimination in hand skin innervated by median nerve could be detected. It is mostly occurred idiopathically. However, endocrinological disorders (diabetes mellitus, mixedema, acromegaly etc.), connective tissue diseases (rheumatoid arthritis), pregnancy and obesity may predispose CTS by causing thickening of transverse carpal ligament, carpal bones and tenosyval structures. Diagnosis of CTS is based on clinical findings. The diagnosis is confirmed with electrophysiological and ultrasonographic findings. The previous studies showed wide range of sensitivity and specificity for numerous nerve conduction tests which are used for the diagnosis of CTS. Recent data revealed that fourth digit median-to- ulnar antidromic sensory latency difference study and wrist to palm median nerve inching study have a high sensitivity on electrodiagnosis of CTS. In this report, our current knowledge about the carpal tunnel and median nerve anatomy, etiology, clinical signs and symptoms, diagnosis and treatment of CTS are reviewed.

Key Words: Carpal tunnel syndrome, median nerve neuropathy, electromyography, ultrasonography

Karpal tünel sendromu (KTS); median sinirin karpal tünel içinde sıkışmasına bağlı gelişen nöropatisidir ve toplumda en sık görülen tuzak nöropatidir.¹⁻⁶ KTS tanısı klinik öykü ve nörolojik muayene ile konulabilir. Özgün semptomları; özellikle ilk dört parmağın ucuna doğru yayılan, geceleri belirginleşen, zaman zaman uyukudan uyandıran, uyuşma, karıncalanma, yanma ve ağrıdır. Ancak tipik yakınmaları olmayan hastalarda, Diabetes mellitus (DM), üremi vb. polinöropatiye neden olabilecek hastalıkları olanlarda, yakın dönem travma öyküsü olanlarda tanıya ulaşmak kolay olmayabilir. KTS'ye benzer yakınmalara neden olabilen hastalıklar (torasik outlet sendromu, anterior interosseöz sendrom vb) da ayırıcı tanıda zorluğa neden olabilir. Bu nedenle elektrofizyolojik yöntemlerle yapılan sinir ileti incelemeleri KTS tanısının doğrulanmasında önemli bir yere sahiptir.

Geçmiş dönemde yapılan araştırmalar KTS tanısında kullanılan değişik sinir ileti çalışmalarının duyarlılığı ve özgünlüğü hakkında farklı sonuçlar vermiştir.⁷⁻¹¹ Bunun önemli nedenlerinden biri sinir ileti çalışmalarında elde edilen motor ve duyuşsal yanıt latansları, ileti hızları ve F dalgası gibi parametrelerin, yaş, boy, kilo, DM vb etmenlerden fazlasıyla etkilenmesi ve böylece elektronöromiyografi laboratuvarlarında kullanılan standart normal değerlerin kullanılabilirliğinin kısıtlanmasıdır.¹²⁻²² Bu nedenle KTS tanısı için daha duyarlı ve özgün elektrofizyolojik yöntemlerin tespitine yönelik çalışmalar sürmekte ve kullanılan parametreler de bu çalışmaların sonuçları sonrasında sıkça güncellenmektedir.⁹⁻¹¹

Şüphesiz ki KTS tanısı öncelikle klinisyenin bu tanıyı düşünmesi ve sonrasında yapacağı fizik muayenede özgün bulguları saptamasına dayanır. Elektrofizyolojik yöntemlerin verimli kullanımı da, ancak hekimlerin KTS olgularındaki klinik belirti ve bulguları tanıması konusundaki becerilerinin arttırılmasıyla mümkündür. Bu derlemenin amacı: Eldeki periferik sinir sistemi anatomisi, median sinir anatomisi, karpal tünel anatomisi, KTS etiyolojisi, KTS belirti ve muayene bulguları, KTS tanısı ve KTS tedavisi adlı konu başlıkları altında KTS konusundaki bildiklerimizi gözden geçirmektir.

ELDEKİ PERİFERİK SINİR SİSTEMİ ANATOMİSİ

Ele gelen periferik sinirler nervus medianus, nervus ulnaris ve nervus radialistir. Bu sinirlerin üçü de elde duyuşsal ve motor fonksiyonlara sahiptir.

DUYUSAL SİSTEM ANATOMİSİ

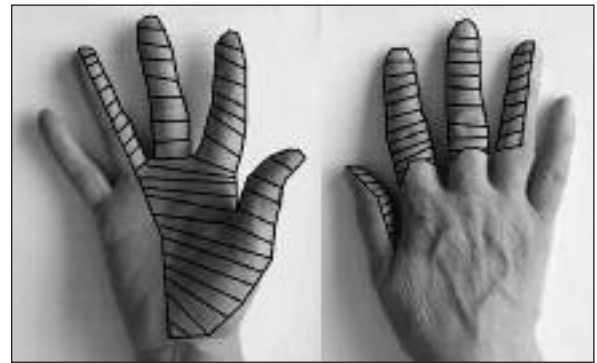
Median sinir, volar yüzde 1.-3. parmaklar ile 4. parmağın tenar yarısının duyuşunu alırken, dorsal yüzde 2.-4. parmaklarda proksimal interfalangeal eklem distalindeki bölgenin duyuşunu alır. Dördüncü parmak, volar yüzde olduğu gibi tenar yarı ile sınırlıdır (Resim 1). Ulnar sinir, volar ve dorsal yüzde 4. parmağın hipotenar yarısı ile 5. parmağın duyuşunu alır. Radial sinir ise, dorsal alanda median sinirin innerve etmediği 1. parmak alanı ile 2.-4. parmağın proksimal interfalangeal ekleme kadar olan alanının duyuşunu alır.

MOTOR SİSTEM ANATOMİSİ

Median sinir; pronator teres, fleksör karpi radialis, fleksör dijitorum süperfisiyalisler, fleksör pollisis longus, 2 ve 3. parmağın fleksör dijitorum profunduslarını ve lumbrikallerini, pronator kuadratus, opponens pollisis, abdükör pollisis brevis, fleksör pollisis brevisi innerve eder.^{23,24}

Ulnar sinir; fleksör karpi ulnaris, 4 ve 5. parmağın fleksör dijitorum profunduslarını, fleksör dijiti minimi, abdükör dijiti minimi, opponens dijiti minimi, interosseöz kaslar, fleksör pollisis brevis, addükör pollisisi innerve eder.²⁴

Radial sinirden innerve olan kaslar ise: brachioradialis, ekstansör karpi radialis longus, supi-



RESİM 1: Elde median sinirin innerve ettiği duyuşsal alan.

natör, ankoneus, ekstansör karpi radialis brevis, ekstansör indisis proprius, ekstansör dijitorum communis, ekstansör digiti minimi, ekstansör karpi ulnaris, abdüktör pollisis longus, ekstansör pollisis brevis ve ekstansör pollisis longus-tur.²⁴

MEDIAN SINİR ANATOMİSİ

Median sinir brakiyal pleksusta lateral ve mediyal fasiküllerden oluşur. Lateral komponent başlıca duysal sinir lifleri ve C5, C6 köklerinin motor liflerini taşır ve bunlar pleksusun trunkus süperiorundan gelirler. Orta trunkusa C7 kökünden kaynağını alan liflerin de katkısı vardır. Median sinirin mediyal fasikulus ve alt trunkustan gelen bölümü, C8-T1 liflerini taşır.^{23,24} Median sinir önce aksillanın lateral duvarında, aksiller artere yakın uzanır. Kolda uzanırken brakiyal artere, radial ve ulnar sinirlere komşudur. Dirsekte median sinir antekübital fossayı, biceps braki tendonunun mediyalinden geçerek terk eder ve pronator teres kasının yüzeysel ve derin tabakaları arasında seyrederek ön kola girer. Önkolda fleksör dijitorum süperfisiyalis (sublimis) kasının yaptığı sublimis köprüsünü geçer. Dirsek bölgesinde sinirin pronator teres, sublimis kası ve civardaki fibromusküler köprülerle olan ilişkilerinde önemli anatomik değişkenlikler olabilir. Daha distalde sinir fleksör dijitorum süperfisiyalis ve profundus kasları arasından ilerleyerek bileğe kadar iner.

Median sinir önkoldan ele, bilekteki karpal tünel içinden geçerek girer. Karpal tünel, tabanında karpal kemiklerin olduğu, tavanını ise transvers karpal ligamanın (fleksör retinakulum) örttüğü bir oluktur. Karpal tüneli yapan diğer bileşenler, önkol fleksör kaslarının tendonlarıdır. Karpal tünelin distalinde sinir önce ikiye ayrılır, sonra tekrar ikiye ayrılır. Motor dal transvers karpal ligamanın hemen distalinden çıkar. Tenar bölgedeki dört intrinsek kası innerve eder. Bunlar abdüktör pollisis brevis, opponens pollisis, 1. ve 2. lumbrikal kaslardır. Elin diğer intrinsek kasları normalde ulnar sinir tarafından innerve edilir.

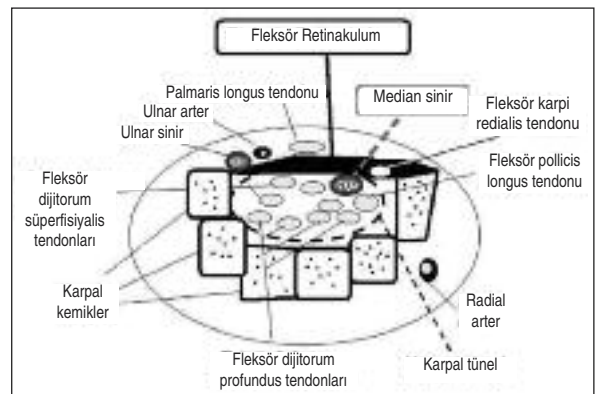
Duyusal dal, dijital sinirler ile avucun 1, 2 ve 3. parmakların volar yüzünün derisinin ve 4. parma-

ğın yarısının derisini innerve eder. Palmar deri dalı ise bilekten değişik uzaklıklarda median sinirden ayrılır. Karpal tünelin tümünü katetmez. Transvers karpal ligamanın üstünden ya da çok az derininden avuca geçer ve özellikle tenar bölgedeki deriyi innerve eder. Median sinir kolda herhangi bir dal vermez. İlk olarak önkoldaki kaslara motor dallar verir. Bunlar pronator teres, fleksör karpi radialis ve fleksör dijitorum sublimis kaslarına giden dallardır.

Anterior interosseal dalı klinik açıdan önemlidir ve pronator teresin arasından geçtikten sonra kalın bir dal şeklinde ayrılır. Bu sinir genellikle sublimis köprüsünün altından da geçer. Daha sonra distal yönde ilerler, bu sırada anterior interosseal membran ve fleksör dijitorum profundus kası arasındadır. Bu sinir tamamen motor liflerden ibarettir. Fleksör pollisis longus ile fleksör dijitorum profundusun median kısmını ve pronator kuadratus kaslarını innerve eder. Bunlar 2. ve 3. parmakların distal falanklarının fleksiyonu ile görevlidirler.²⁴

KARPAL TÜNEL ANATOMİSİ

Karpal tünel dorsalde ve lateralde kemik yapılar, volar yüzde transvers karpal ligaman (fleksör retinakulum) ile çevrelenmiştir (Şekil 1). Bilek kemikleri karpal tünel anatomisinin en önemli bileşenleridir. El bileğinin iskelet yapısı küçük karpal kemiklerin yaptığı bir kemik arktan oluşur. Arkın açık kısmı palmar yüze doğrudur. Bu arktan el ke-



ŞEKİL 1: Karpal tünelin iç anatomisi.

miklerine doğru uzanan kas tendonları, kan damarları ve median sinir geçer. Karpal tünelin palmar duvarı ya da çatısı fleksör retinakulum veya transvers karpal ligamanla, tenar ve hipotenar kasların distal aponörozunu ile oluşturulur. Bu ligaman radial tarafta skafoid tüberositazına ve trapezium tepesine, ulnar tarafta pisiforma ve hamatın çengeline tutunur. Transvers karpal ligaman proksimalde distal bilek fleksiyon çizgisine doğru uzanır ve ön kolun antebrakiyal fasiyasının bir devamıdır. Distalde metakarpal kemiklerin başlarına kadar uzanır ve midpalmar fasiyanın liflerine karışır. Transvers karpal ligamanın kalınlığı yaklaşık 1-3.5 mm'dir.²³⁻²⁷

Fleksör kaslar da el anatomisinde önemli yer tutar. Bu kaslar önkolun palmar yüzünde yer alırlar. Bu kaslar kasıldığında el parmakları kıvrılır ve bir objeyi kavrayabilir. Bilgisayar operatörleri, daktilograflarda bu fleksör kaslar sıkça kullanılır. Bu kasların tendonları karpal tünel içinden geçer. Bu tendonlar sık ve tekrarlayan kontraksiyonlar sonrası irrite olabilirler. Sonrasında bu tendonları saran sinovyal kılıf kalınlaşarak karpal kanalı daraltabilir.

Sinovyal kılıf, tendonları karpal tünelden geçerken saran, içi sinovyal sıvı ile dolu bir kılıftır. Bu kılıf fleksör kaslar kasılıp gevşerken tendonların hareketini kolaylaştırır ve sürtünmeye karşı korur.

KTS ETİYOLOJİSİ

Karpal tünel içinde seyreden median sinir, sıklıkla transvers karpal ligamanın kalınlaşması ile basıya uğrar. KTS, karpal oluk sendromu ya da bilek kanal sendromu adlarıyla anılan bu klinik tablo, en sık görülen tuzak nöropatidir. Kadınlarda daha sıktır. Genel popülasyondaki sıklığı geçmiş dönemlerde yaklaşık %1 olarak tespit edilmişken, son dönemde yapılan çalışmalarda elektrofizyolojik tanı imkânlarının da kullanılmasıyla bu oran daha yüksek bulunmaktadır.¹ Yakın dönemde yaptıkları çalışmalarında Atroshi ve ark., semptomatik olan ve elektrofizyolojik olarak tanısı doğrulanan KTS prevalansının kadınlarda %3 ve erkeklerde %2 olduğunu ortaya koymuşlardır.⁴

Bilek üzerine dışarıdan 30 mmHg basınç uygulandığında KTS'nin klinik bulguları yapay olarak oluşturulabilir. Karpal tünel boşluğunun hacmindeki bir azalma, tünel içi basınçta artma ve/veya sinovyal sıvı miktarında azalmaya neden olan herhangi bir faktör, tendonlara ve median sinire basınç yapar, irritasyona neden olur. Tendonlar irritasyon sonrasında şişerler ve tünel hacmini daha fazla daraltarak tünel içi basıncı arttırırlar. Sonuçta median sinir içindeki aksonal transport ve yanı sıra venül içi akışı bozabilir ve median sinirde hasar ortaya çıkar.

Romatolojik nedenler, hipotiroidi, diyabet, fazla kullanım sendromları (işçiler, gitaristler vb), artritler, gut hastalığı, tendon kılıflarının ödemi, tünel içi kistler gibi nedenlerle de KTS oluşumu tetiklenebilir. Gebeliğin özellikle son 3-4 ayında KTS gelişebilir. Ancak olguların yaklaşık yarısında altta yatan bir sebep bulunamaz ve idiyopatik olarak adlandırılır. Ne var ki bu olgularda da karpal tünelin iç basıncının yüksek ve oluk çapının daha dar olduğu gösterilmiştir.²⁸⁻³⁰

Sistemik nedenlerle ortaya çıkan KTS'ler ise genellikle iki taraflıdır ve diğer tuzak nöropatiler (kübital tünel sendromu, Guyon kanalı ulnar nöropatisi vb.) ile birliktelik daha sıktır. Özellikle gebelik dönemindekiler olmak üzere, KTS'nin vazodilatasyon, venöz konjesyon ve buna bağlı konnektif dokudaki sıvı artışına ikincil geliştiğine dair görüşler yoğunluktadır. Gebelikte oluşan konnektif dokuda sıvı artışından ise endokrin değişikliklerin (özellikle relaksin hormonundaki artışın) sorumlu olduğu düşünülmektedir. İdiyopatik KTS'de ise genellikle mekanik stresler nedeniyle oluşan ödem ve kollajen yıkımıyla oluşan lokal nekrozun neden olduğu fibröz hipertrofi nedeniyle karpal tünel hacminde daralma ve median sinire bası ortaya çıkmaktadır.

Fabrika işçileri üzerinde yapılan bir araştırmada; bir kilogramın üzerinde güç harcayarak, el bileklerini 30 derecenin üzerinde hareket ettirerek, hızlı el hareketleri yaparak ya da titreten aletler kullanarak çalışan işçilerde KTS gelişim riskinin yüksek olduğu saptanmıştır.³¹ Bu araştırmada sigara içen işçilerin daha fazla risk altında olduğu gösterilmiştir. Ülkemizde yapılan bir araş-

tırmanın sonucunda ise metabolik sendromun KTS'li hastalarda normallere kıyasla 3 kat daha sık olduğu ve metabolik sendromlu KTS hastalarında median sinir tutulumunun metabolik sendromu olmayanlara kıyasla daha ciddi olduğu ortaya konulmuştur.³²

KTS'NİN BELİRTİLERİ VE MUAYENE BULGULARI

KTS'nin tipik semptomları gece uykudan uyandırılan elde uyuşma, yanma ve ağrıdır.²⁴⁻³⁶ Bu şikâyetler yazı yazma, araba kullanma gibi tekrarlayıcı el işlerinin yapılması ile artar. Hastalar parmak uçlarına doğru yayılan, gece uyandıran ağrılardan yakınır ve ellerini sallayarak bu ağrıların azaldığından bahsederler. Ağrı el bileğinden önkola ve omuza doğru yayılabilir. Bazen gece uyandırmaz, ancak sabah kalkınca ağrı ve uyuşmalara neden olur. Süreç ilerledikçe gün içinde de aynı şikâyetler belirginleşir, ilk 4 parmakta, uçlarda daha belirgin karıncalanma, iğnelenme, keçelenme, uyuşma hissi oluşur. Duyusal yakınmalar, eldeki median sinir innervasyon alanının bir kısmında ya da tümünde gözlenebilir. Elektrofizyolojik araştırmalar,

median sinir innervasyon alanının tamamında duyuşsal yakınmaları olanların, diğer hastalara kıyasla daha ciddi median sinir etkilenimine sahip olduğunu göstermiştir.³⁷

Motor bozukluk ise ilerlemiş olgularda elde güçsüzlük olarak hissedilir ve genellikle tenar atrofisinin göstergesidir.²⁴ Başparmakta güçsüzlük ilerleyebilir ve özellikle tenar kaslarda atrofi gelişebilir. Düğme ilikleme, yemek hazırlama ve el işi yapma gibi günlük aktiviteler giderek güçleşir.

KTS için tipik yakınmaları olan hastalarda Tinel, Phalen ve ters Phalen bulgularının mevcudiyeti tanıda oldukça yardımcıdır. Tinel testi (Resim 2), median sinirin karpal tünelden geçtiği yerin volar yüzünün üzerine vurulduğu zaman distale doğru elektriklenme hissinin olmasıdır. Sıkışma noktasının değişkenliği de düşünülerek bilek proksimalinden distale doğru gidecek şekilde belli aralıklar bırakarak değişik noktalara bu vuruşların tek-raren yapılması testin yanlış negatif sonuç verme olasılığını azaltır. Phalen testi, el bileği fleksiyona getirilip tutulduğunda parmaklara doğru uyuşma ve diğer şikâyetlerin oluşmasıdır (Resim 3). Ters



RESİM 2: Tinel belirtisi muayenesi.



RESİM 3: Phalen belirtisi muayenesi.

Phalen testi ise avuç içleri biri birine bitleştirilerek el bileklerinin ekstansiyonda tutulması sonrası aynı belirtilerin provoke edilmesine dayanır. Ancak ele gelen fleksör kasların tenosinovitinde de bu testlerin müspet olacağı unutulmamalıdır.³⁸ KTS tanısında değerli olabilecek diğer muayene bulguları ise tenar atrofi ve median sinir innervasyonlu deride iki nokta diskriminasyonunun uzamasıdır.

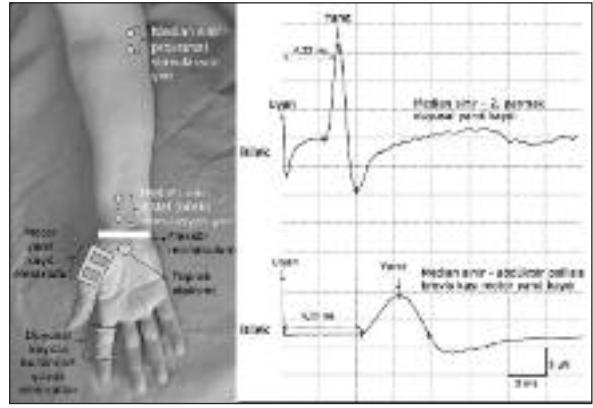
KTS TANISI

KTS klinik bir tanıdır. Elektrofizyolojik yöntemler ve ultrasonografi ile tanı desteklenmektedir.³³⁻³⁹ KTS'nin bu tanı yöntemleri ile doğrulanması takip ve tedavinin düzenlenmesi açısından önemlidir.

ELEKTROFİZYOLOJİ

Elektrofizyolojik incelemeler, median sinirin kanal içindeki kompresyonunun düzeyine göre, sinirde segmental demiyelinizasyon veya aksonal hasarı gösterebilir. Bu da sinirdeki hasarın derecelendirilmesine yardım eder. Bununla birlikte, özellikle başlangıç aşamasında olan, hafif düzeydeki KTS olgularında ya da şikâyetleri eforla oluşan ve istirahatle azalan hastalarda gerek sinir ileti çalışmaları gerekse ultrasonografi yanlış negatif sonuçlar verebilir. Aynı şekilde tamamen asemptomatik kişilerde yanlış pozitif neticeler de olabilir.³³⁻³⁴

Elektrofizyolojik tanı, median sinir iletiminin karpal oluk seviyesinde gecikmesi ve aynı taraf ulnar sinir iletiminin normal olması ile konur.¹¹⁻²⁴ Median sinir transkarpal duysal ve motor ileti çalışmaları KTS'li olgulardaki median nöropatiyi ortaya koymak için kullanılmaktadır.^{9,20-22,40} Hafif KTS olgularında elektrofizyolojik tanı zor olabilir.¹¹ Zira, *erken evrede* sadece duysal iletim anormalliği gözlenir. Duysal liflerin median sinirin dış kısmında yerleşmiş olması ve motor liflere göre erken etkilenmesi bu durumun en olası nedenidir. Median sinirdeki duysal iletim anormalliğinin yanı sıra motor iletilerin de etkilendiğinin saptanması *orta evre* KTS belirticidir. Duysal yanıtların uyarılmadığı olgular *ileri evre* KTS olarak derecelendirilir.



RESİM 4: Antidromik bilek- 2. parmak median sinir duysal yanıt ve bilek-abdüktör pollisis brevis motor yanıt kayıt tekniği (sol). Orta düzeyde KTS'isi olan bir olguda duysal yanıt tepe latansı ve motor yanıt distal latansı ölçümleri (sağ).

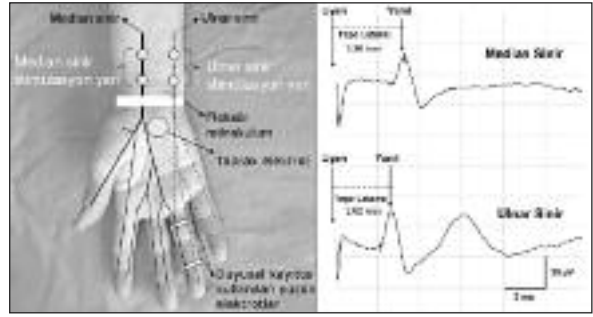
lir. Hem motor hem de duysal yanıtların uyarılmaz hale gelmesi ise *çok ileri (extreme) evre* olarak adlandırılır.

Yaygın olarak kullanılan median sinir ileti çalışması parametreleri: bilek- 2. parmak duysal distal latansı veya avuç içi - 2. parmak duysal distal latansı, bilek-abdüktör pollisis brevis motor distal latansı (Resim 4), karpal tünel segmenti duysal ileti hızı, ön kol motor ileti hızı ve F dalgasıdır.^{9-11,40-44} Sinir ileti çalışmalarında elde edilen motor ve duysal latanslar, ileti hızları, F dalgası gibi parametreler her laboratuvarı kendi tespit ettiği normal değerleriyle kıyaslanarak KTS tanısı ve derecelendirilmesi yapılabilir. Ne var ki bu parametrelerin, aynı zamanda KTS oluşumunda da rol oynayan yaş, boy, kilo, DM gibi etmenlerden etkilenmesi elektromiyografi laboratuvarlarında kullanılan normal değerlerin kullanılabilirliğini kısıtlamaktadır.¹²⁻¹⁹ Bu nedenle, her bireyin kendi normal değerlerinin var olduğu göz önünde bulundurularak tuzaklanma bulgularının var olduğu taraftaki median sinirin bireyin diğer tarafındaki median sinir değerleri ile kıyaslanması düşünülebilir. Ancak KTS çoğunlukla iki taraflı olduğu için, her iki eli kıyaslamak sınırlı bir kazanım sağlar. Aynı tarafta median ve ulnar sinirin birlikte etkilenimi ise daha nadirdir. Bu nedenle aynı tarafta yer alan ulnar ve median sinire ait ileti ölçüm değerlerinin kıyaslanması KTS'nin elektrofizyolojik tanısında kullanılabilirliği daha fazladır.^{7-11,20-22}

F dalgası sinir köklerinde ve ön boynuzdaki patolojilerin tanısında yararlıdır. Bilek düzeyindeki median ve ulnar sinirin distal kısmına uyarın verildiğinde oluşan aksiyon potansiyelleri proksimal ve distal olarak yayılır. Motor aksonlar hareket eden impuls (antidromik) ön boynuz hücrelerine ulaşır ve ardından ikinci bir aksiyon potansiyelinin oluşumuna neden olur. Bu aksiyon potansiyeli aksonda hareket ederek, F dalgası olarak tanımlanan görece küçük amplitüdü bir dalga olarak kaydedildiği kasa ulaşır.³⁵ KTS tanısında ek bir parametre olarak kullanılabilirliğinin nedeni median sinir uyarımı ile oluşan F dalgasının, kaydın yapıldığı abdüktör pollicis brevis kasına yayılırken karpal tünelden geçmesidir. Sinir aksonunu bu düzeyde etkileyen patolojiler F dalgası latansında gecikmeye neden olur.²⁰ C7, C8 ve T1 radikülopatilerinde, torasik outlet sendromu, anterior interosseöz sendrom vb. tuzaklanmalarda da F dalgası latansı uzayabilir. Ancak bu durumlarda motor ileti çalışmaları genellikle median sinirin distalinin normal fonksiyon gördüğünü gösterir. Ayrıca üst ekstremité distal tuzak nöropatilerinin bazen servikal radikülopatilerle birlikte görülebilir. 'Double crash' sendromu adı verilen bu durum, genelde bir sinirin proksimalde fokal basıya uğramasının akso-plazmik transportu bozması ve o sinirin distalde tuzak nöropatilere daha hassas hale gelmesiyle açıklanır. Bu nedenle F dalgası çalışmalarının sonuçları; hastanın kliniği ve diğer sinir ileti çalışmaları ile beraber değerlendirilmelidir.

KTS tanısında kullanılan elektrofizyolojik yöntemlerin oldukça geniş bir duyarlılık ve özgünlüğe sahip oldukları bilinmektedir.⁶⁻⁹ Median sinir distal motor latansı (%29-81), bilek-2. parmak duyuşal latansı (%44-100), bilek-avuç içi duyuşal ileti hızı (%45-100) ve median-ulnar duyuşal latans farklılıkları (%57-100) için değişik sensitivite oranları bildirmiştir.⁴¹⁻⁴⁴

Median-ulnar sinir ileti değerlerinin kıyaslanmasına dayalı testlerin KTS tanısında kullanılabilirliği de değişik çalışmalarda gösterilmiştir. Yüzük parmağı antidromik veya ortodromik median-ulnar duyuşal latans farklılığı (parmak-bilek veya avuç içi-bilek latans farklılığı), 2. parmak median sinir-5.parmak ulnar sinir duyuşal latans farklılığı,



RESİM 5: Antidromik bilek - 4. parmağın median sinir ve ulnar sinir duyuşal yanıt kayıtları (sol) ve hafif düzeyde KTS'li bir olguda elde edilen duyuşal yanıtların grafiği (sağ). Dördüncü parmağın median sinir-ulnar sinir duyuşal yanıt tepe latansı farkı için laboratuvar normali 0.4 ms iken, bu olguda 0.74 ms olarak saptanıyor.

antidromik median sinir duyuşal ileti hızının ulnar sinir ile kıyaslanması, median-tenar ve ulnar-tenar distal motor latans farkı, median-tenar ve ulnar-hipotenar distal motor latans farkı, median-tenar ve ulnar-hipotenar F dalgası latans farkı bunlardan bazılarıdır.^{9,20,21,45-47} Dördüncü parmağın median-ulnar sinir duyuşal yanıt latans farklılıklarının kullanılması (Resim 5), KTS'nin elektrofizyolojik tanısının duyarlılığını ve özgünlüğünü arttırmıştır.^{9,11,40} Median sinir-başparmak duyuşal yanıt latansının, radial sinirin başparmak duyuşal yanıt latansı ile kıyaslanması ve bilek-avuç içi median sinir inching çalışmaları da özellikle hafif KTS olgularının elektrofizyolojik tanısındaki duyarlılığı arttırmak için kullanılabilir diğer yöntemlerdir.⁴⁷

ULTRASONOGRAFİ

KTS tanısında ultrasonografinin kullanımını sinir ileti çalışmalarına kıyasla daha yenidir. Literatürde yer alan çalışmalar değişik sonografik parametrelerinin farklı oranlarda duyarlılığa ve özgünlüğe sahip olduğunu göstermiştir. Örneğin median sinirin kendisinde saptanan ultrasonografik değişimlerin (karpal tünel girmeden önce sinirde gözlenen şişme ve tünelin içinden geçerken sinirde gözlenen düzleşme) KTS tanısındaki duyarlılıkları düşüktür (%42).⁴⁸ Özellikle kronik KTS olgularında transvers karpal ligamanın kalınlığı ve tek taraflı KTS olgularında karpal tünel derinliğinin (transvers karpal ligamanın konveksitesinden altındaki karpal kemik arasındaki mesafe) diğer taraf ile kıyaslanması ise

çok daha güvenilir parametrelerdir ve %90'a yakın oranlarda duyarlılıklara sahiptirler.⁴⁸ Yakın dönemde ultrasonografi aletlerinin çözünürlüğünün artmasıyla median sinirin karpal tünelin proksimalindeki kesitsel alanın ve pisiform kemik düzeyindeki düzleşme oranının arttığının saptanabilmesi, median sinirin karpal tünel içindeki longitudinal hareketinin gözlenebilmesi gibi gelişmeler ile KTS tanısında ultrasonografinin duyarlılığı artmıştır.⁴⁹⁻⁵¹ Ancak ultrasonografinin aksonal dejenerasyon sonrası median sinirin kesitsel alanının azaldığı hasta grubunda kullanımı kısıtlıdır.⁵²

Literatürde KTS tanısında ultrasonografi ve sinir ileti araştırmalarını kıyaslayan çalışma sayısı kısıtlıdır ve sonuçları değişkendir. Visser ve ark., klinik olarak KTS tanısı konulan hastalarda, ultrasonografi ile karpal tünel girişindeki median sinirin kesitsel alanının tayini ve elektromiyografinin tanıyı benzer oranlarda doğruladığını rapor etmişlerdir.⁵³ Ülkemizde yapılan klinik çalışmaların sonucunda ise KTS kliniğinin mevcut olduğu ancak tuzaklanmanın elektrofizyolojik olarak gösterilemediği olgularda ultrasonografi ile yapılan kantitatif ölçümlerin tanıda yararlı olduğu gösterilmiştir.^{52,54} Kwon ve ark. ise tam aksine bu iki yöntemin KTS tanısındaki duyarlılıklarının benzer olduğunu, ancak sinir ileti çalışmalarının daha özgün olduğunu ortaya koymuşlardır.⁵⁵ Ne var ki kullanılan parametrelerin ve eşik değerlerin farklılığı, hasta gruplarının median sinir tuzaklanma derecelerine göre alt gruplara ayrılmamış oluşu ve teknikleri uygulayan sağlık personelinin deneyimindeki olası farklılıklar nedeniyle bu çalışmaların sonuçlarını yorumlamak güçleşmektedir. Bu değişkenlerin ayrıntılandırıldığı ve kontrol edildiği daha geniş klinik çalışmalar, ultrasonografi ve sinir ileti çalışmalarının birbirini tamamlayan ve/veya birbirlerine üstün yönlerinin tespiti ve hangi hasta alt gruplarında hangi yöntemin daha duyarlı ve/veya özgün olacağının ortaya çıkarılması için gereklidir.

DİREKT X-RAY RADYOGRAM, BİLGİSAYARLI TOMOGRAFI VE MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME

Direkt X-ray radyogram, bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG)'nin KTS

tanısında kullanımıyla ilgili değişik araştırmalar yapılmaktadır.

Direkt X-ray radyogramlar bilekteki kemik yapayı görüntüleme için kullanılırlar. KTS'ye yakınlığa neden olan konjenital kemik anomalilerinin ve yumuşak doku kalsifikasyonlarının tespitinde faydalı olabilirler.⁵⁶⁻⁶⁰ Ayrıca hemodiyaliz hastalarında karpal kemiklerde kistik radyolüsen lezyonların gözlenmesinin KTS için yüksek risk göstergeci olduğu da saptanmıştır.^{61,62}

BT ile yapılan çalışmalar karpal kanalın boyutları üzerinde yoğunlaşmıştır.⁶³⁻⁶⁵ Karpal kanal alanının KTS hastalarında daha dar olabileceği öngörülmüş, ancak tam aksine, karpal tünel alanının KTS hastalarında sağlıklı bireylerden daha geniş olduğu saptanmıştır. BT ile yapılan araştırmalarda henüz KTS tanısında kullanılacak geometrik ölçümlere dayalı (alan, genişlik, derinlik vb.) bir parametre saptanamamıştır. Üç boyutlu BT'nin bilekteki kemik yapıların durumunun tespiti ve bilek fonksiyonlarının kinematik olarak incelenmesi konusundaki klinik faydaları ise değişik klinik çalışmalarda gösterilmiştir.^{66,67} Günümüzde BT'nin KTS pratiğindeki ana rolü, osseöz karpal stenozun tespiti, yumuşak doku kalsifikasyonlarının tespiti, sistemik hastalıklara (özellikle depo hastalıklarına) sekonder gelişen karpal tünel içi birikimlerin görüntülenmesi ve ayırıcı tanıda yer alan diğer patolojilerin dışlanması ile sınırlıdır.^{57,68-70}

Periferik sinir nöropatileri konusunda MRG ile yapılan çalışmalar diğer görüntüleme yöntemlerine kıyasla sinirdeki lezyonun doğası ve anatomik lokalizasyonu konusunda daha ayrıntılı bilgiler sağlamaktadır.⁷¹⁻⁷³ Artmış T2-sinyali, artmış kesitsel alan, karpal tünel içinden geçerken median sinirin düzleşmesi ve fleksör retinakulumun bombeleşmesi KTS hastalarında en sık rastlanan MRG bulgularıdır. Mevcut çalışmalardaki heterojenite nedeniyle bu bulguların duyarlılık ve özgünlüklerini tespit etmek zordur.⁷⁴ Henüz KTS için geçerliliği ve güvenilirliği gösterilmiş MRG tanı kriterleri geliştirilememiştir. Ancak MRG ile yapılan araştırmalar, KTS tanısının kesinleştirilmesi, tuzaklanma yerinin net tespiti, seçilecek tedavinin

belirlenmesi ve sonuçların önceden tahmin edilmesi konularında umut vericidir.⁷⁴⁻⁷⁶

KTS TEDAVİSİ

KTS'de erken tanı ve tedavi önemlidir. Gecikirse dirençli semptomlara neden olur ve nadiren de olsa kalıcı sinir hasarı ile sonuçlanır. KTS tedavisi hastanın klinik ve elektrofizyolojik bulguları, beklenti düzeyi ve komorbid durumları göz önünde bulundurularak düzenlenir. Literatürde çoğunlukla cerrahi tedavinin tercih edildiği ve maliyet-yararlılık açısından cerrahinin diğer tedavi yöntemlerine göre daha üstün olduğunu gösteren çalışmalar mevcutsa da, erken evrede iken tanı konulması hastalarda daha konservatif yaklaşımlardan faydalanma imkânını tanımaktadır.^{42,43,77-82}

Sinir iletim incelemesinde motor iletimin bozulması ve/veya duyuşsal yanıtların kaybı (orta-ağır KTS) çoğu klinisyen için hastayı cerrahi tedaviye yönlendirme işaretidir.

Ancak klinik pratikte, belirgin ağrı şikâyeti olan hastalarda; iş, uyku vb. fizyolojik işlevler etkilendiğinde veya konservatif tedaviden fayda görülmediğinde elektrofizyolojik çalışmalar motor ileti etkilenimi göstermese de (elektrofizyolojik olarak hafif KTS) cerrahi kararı alınabilmektedir. Geçmiş çalışmalarda hafif ve orta KTS olgularının cerrahi girişimden daha fazla yarar gördüğü de gösterilmiştir. Bu nedenle, KTS hastalarında klinik belirtilerin de (gece uyandıran ağrıların varlığı, mesleki etkilenim, motor güçsüzlük ve tenar atrofi saptanması vb.) elektrofizyolojik olarak saptanan etkilenimin şiddeti de, tedavi stratejisinin şekillenmesinde ve klinik takipte önemli bir parametredir.

Bazen herhangi bir tedavi uygulamadan hastaların klinik olarak takip edilmesi de tercih edilebilir. Ortiz-Corredor ve ark. tarafından yakın dönemde yapılan ve hiçbir tedavi (cerrahi veya konservatif) almayan 132 KTS hastasını içeren iki yıllık bir takip çalışmasında hastaların %25'inin elektrofizyolojik olarak ve %47.6'sının klinik ola-

rak düzelme gösterdiği saptanmıştır.⁸³ Hastaların %67.4'ü elektrofizyolojik olarak ve %28.8'i klinik olarak stabil kalmış, %23.4 oranında klinik olarak ve %7.6 oranında elektrofizyolojik olarak kötüleme izlenmiştir. Klinik izlem seçeneği özellikle gebelik döneminde KTS oluşan hastalarda önemlidir. Zira bu hastalar cerrahi veya ilaç tedavisi seçeneklerini kullanma konusunda genelde tereddütlüdürler ve bu hasta grubunda istirahat splinti kullanımı konforlu olmayabilir. Ayrıca doğumdan sonraki 1-3 yıllık izlemde, bu hastaların yaklaşık yarısında klinik düzelme gözleendiği ve diğer kadın KTS hastalarına kıyasla 3-4 kat daha fazla düzelme olasılığına sahip oldukları bilinmektedir.^{84,85}

Konservatif tedavide, hastaların ağrısını gidermek ve karpal tünel içi basıncını azaltmak hedeflenir. Analjezik tedavilerin yanı sıra istirahat splintleri, lokal steroid enjeksiyonu, el egzersizleri, yoga, masaj, ultrason ve lazer gibi fizyoterapi ajanları da uygulanabilir.^{42,43,77-81}

O'Connor ve ark., KTS'de cerrahi ve enjeksiyon uygulamaları dışındaki tedavileri değerlendirdikleri derlemelerinde, nonsteroid antiinflamatuar ilaçlar, diüretikler, vitamin B6, magnetoterapi, şiropratik uygulamalar, lazer akupunktur, egzersiz ve kısa süreli (2 hafta) ultrason tedavilerinin yarar sağlamadığını bildirmişlerdir.⁸⁶ İstirahat splintleri (4 hafta süreli), uzun süreli ultrason uygulamaları (7 hafta süreli), oral steroid tedavisi (2 veya 4 hafta süreli), karpal kemiklerin mobilizasyonu (3 hafta süreli) ve yoga (8 hafta süreli) ile klinik fayda sağlandığını rapor etmişlerdir. Ayrıca son dönem klinik çalışmalarda karpal tünel alanı üzerine uygulanan düşük doz lazer tedavisi ile gerek klinik gerekse elektrofizyolojik bulgularda anlamlı düzeyde gerileme olduğu gösterilmiştir.^{87,88}

Intrakarpal streoid (betametazon veya metilprednizolon) enjeksiyonu KTS'nin konservatif tedavisinde istirahat splintleri gibi giderek sık uygulanan önemli bir tedavi yaklaşımı halini almıştır. Dammers ve ark., 20 mg, 40 mg ve 60 mg intrakarpal metilprednizolon enjeksiyonunu kullan-

dıkları çift kör randomize çalışmalarında, hastaların yaklaşık yarısının uzun dönem devam eden klinik yararlanım gördüklerini ve doz arttıkça bu yararın da artmaya meyilli olduğunu göstermişlerdir.⁸⁹ Wong ve ark., metilprednizolon enjeksiyonunu tekrarlamamanın ek bir yarar getirip getirmeyeceğini araştırmışlardır.⁹⁰ İlk enjeksiyondan 8 hafta sonra ikinci bir steroid enjeksiyonu yapmanın, tek enjeksiyona kıyasla klinik, elektrofizyolojik veya fonksiyonel olarak ek bir fayda sağlamadığını rapor etmişlerdir.

Marshall ve ark., 1996-2006 arasındaki lokal steroid enjeksiyonu ile ilgili araştırmaları taradıkları derlemelerinde, steroid enjeksiyonunun KTS semptomlarının geriletilmesinde 1 aylık izlemde plasebo enjeksiyonuna kıyasla ve 3 aylık izlemde oral steroide kıyasla daha üstün olduğunu, ancak daha uzun süreli etkilerinin bilinmediğini rapor etmişlerdir.⁹¹ Ancak enjeksiyon tedavisinin 8 hafta sonunda istirahat splinti ile steroid olmayan antiinflamatuvar ilaçların kombinasyonuna kıyasla ve 6 ay sonunda Helyum-Neon lazer tedavisine kıyasla ek bir fayda sağlamadığını bildirmişlerdir.

Yakın dönemde Nalamachu ve ark., KTS hastaları üzerinde yaptıkları iki ayrı çalışmanın sonuçlarında %5'lik lidokain içeren yamaların ağrı kontrolünde oral analjezik (naproksen 2 x 500 mg) ve intrakarpal enjeksiyon (0,5 cc %1 lidokain + 40 mg metilprednizolon) tedavisi ile aynı oranda etkin ve güvenli olduğunu ortaya koymuşlardır.^{92,93}

Özellikle gece belirginleşen ve uykudan uyanıran nöropatik ağrının kontrolünde amitriptilin ve opioidler de faydalı olabilir. Bu ilaçlar uzun yıllardır nöropatik ağrı tedavisinde yüksek bir etkinlik ve kabul edilebilir bir tolerabilite ile kullanılmaktadır. Karbamazepin ve 1990'lı yıllarda refrakter epilepsi tedavisi için piyasaya sunulan yeni jenerasyon antiepileptik ilaçların (gabapentin, pregabalin, lamotrijin, oxcarbazepin v.b.) hayvan çalışmalarında, nöropatik ağrı ile ilişkili hiperaljezi ve allodiniyi etkili bir biçimde azalttığı gösterilmiştir.^{94,95} Bu yeni kuşak ilaçlar yüksek etkinlik ve tolerabiliteleri nedeni ile nöropatik ağrı tedavisinde

giderek daha sık tercih edilen tedaviler haline gelmişlerdir. Ayrıca trigeminal nevralsi, diyabetik nöropatik ağrı ve postherpetik nevralsi gibi nöropatik ağrı ile karakterize hastalıkların tedavisindeki etkinlikleri de klinik çalışmalarda gösterilmiştir.⁹⁶⁻¹⁰⁰ Klinik pratikte bu ilaçlar KTS'nin semptomatik tedavisi için giderek artan bir oranda kullanılsalar da, KTS'deki etkinlikleri ve güvenilirlikleri ile ilgili çift kör, plasebo kontrollü çalışmalar mevcut değildir.

Günümüzde karpal ligamanın serbestleştirilmesine dayalı olan açık cerrahi tekniği KTS tedavisinde en etkin tedavi yöntemi olarak kabul edilmektedir. Konservatif tedavi yöntemleri ile tedavi edilen hastaların çoğunluğunun uzun dönemde cerrahiye ihtiyaç duyduğu bilinmektedir. Gerek klinik gerekse nörofizyolojik parametrelerdeki iyileşmeler baz alındığında cerrahinin konservatif tedavi yöntemlerine kıyasla daha üstün olduğu gösterilmiştir.¹⁰¹ Son dönemde güncel olan endoskopik cerrahi ile karpal ligamanın serbestleştirilmesi hastaların günlük aktivitelere daha erken dönmesini sağlamaktadır. Tedavideki başarı oranı ise klasik açık cerrahiden farklı değildir.¹⁰²

SONUÇ

KTS tanısı genellikle dikkatli bir klinik öykü ve nörolojik muayene ile konulabilir. Sinir ileti çalışmaları ve ultrasonografi, KTS tanısının doğrulanmasında, olguların takibinde ve tedavi yönteminin kararlaştırılmasında önemli bir yere sahiptir. Son dönemdeki teknolojik gelişmeler ve yeni parametrelerin pratikte kullanımı ile KTS tanısında kullanılan laboratuvar yöntemlerinin duyarlılık ve özgünlükleri yükselmiştir. Dördüncü parmak median-ulnar sinir duyusal latans farklılıkları, birinci parmak median-radial sinir duyusal latans farklılıkları ve median sinir inching çalışmaları gibi yeni yöntemlerin kullanımı ile elektronöromiyografinin KTS tanısındaki güvenilirliği daha da artmıştır. Kullanılan aletlerin çözünürlüklerindeki artış sayesinde median sinirin karpal tünelin proksimalindeki kesitsel alanın saptanabilmesi ve sinirin tünelindeki longitudinal hareketinin gözlenebilmesi

ile ultrasonografi KTS pratiğinde giderek sık kullanılır hale gelmiştir. Çok kesitli BT, BT ile üç boyutlu rekonstrüksiyon ve MRG, KTS araştırmalarında kullanılan güncel görüntüleme yöntemleridir. Ancak elde edilen veriler henüz yeterince doğrulanmamış ve olgunlaşmamıştır. Karpal ligamanın serbestleştirilmesine dayalı olan cerrahi tedavi halen KTS'nin altın standart tedavisi olarak kabul

edilmektedir. Ancak hasta seçimi doğru yapılırsa konservatif tedavi yöntemlerinin de güvenilir olduğu değişik klinik çalışmalar ile gösterilmiştir. Ne var ki hangi tedavi türünün hangi hasta grubunda kullanımının daha doğru olacağını tespiti, elektrofizyolojik, radyolojik ve klinik parametrelerin kullanılacağı, uzun süreli, kontrollü çalışmaları gerektirmektedir.

KAYNAKLAR

- Phalen GS. Reflections on 21 years' experience with the carpal-tunnel syndrome. *JAMA* 1970;212(8):1365-7.
- de Krom MC, Kester AD, Knipschild PG, Spaans F. Risk factors for carpal tunnel syndrome. *Am J Epidemiol* 1990;132(6):1102-10.
- Vessey MP, Villard-Mackintosh L, Yeates D. Epidemiology of carpal tunnel syndrome in women of childbearing age. Findings in a large cohort study. *Int J Epidemiol* 1990;19(3):655-9.
- Atroshi I, Gummesson C, Johnsson R, Ornstein E, Ranstam J, Rosén I. Prevalence of carpal tunnel syndrome in a general population. *JAMA* 1999;282(2):153-8.
- Mondelli M, Giannini F, Giacchi M. Carpal tunnel syndrome incidence in a general population. *Neurology* 2002;58(2):289-94.
- Schrijver HM, Gerritsen AA, Strijers RL, Uitendaaq BM, Scholten RJ, de Vet HC, et al. Correlating nerve conduction studies and clinical outcome measures on carpal tunnel syndrome: lessons from a randomized controlled trial. *J Clin Neurophysiol* 2005;22(3):216-21.
- Lew HL, Date ES, Pan SS, Wu P, Ware PF, Kingery WS. Sensitivity, specificity, and variability of nerve conduction velocity measurements in carpal tunnel syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 2005;86(1):12-6.
- Chang MH, Wei SJ, Chiang HL, Wang HM, Hsieh PF, Huang SY. Comparison of motor conduction techniques in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Neurology* 2002; 58(11):1603-7.
- Stevens JC. AAEM minimonograph #26: the electrodiagnosis of carpal tunnel syndrome. *American Association of Electrodiagnostic Medicine. Muscle Nerve* 1997;20(12):1477-86.
- American Association of Electrodiagnostic Medicine, American Academy of Neurology, and American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation. Practice parameter for electrodiagnostic studies in carpal tunnel syndrome: summary statement. *Muscle Nerve* 2002;25(6):918-22.
- Jablecki CK, Andary MT, Floeter MK, Miller RG, Quartly CA, Vennix MJ, et al. American Association of Electrodiagnostic Medicine; American Academy of Neurology; American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation. 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(11):1589-92.
- Radecki P. Carpal tunnel syndrome. Effects of personal factors and associated medical conditions. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 1997;8(3):419-37.
- Kouyoumdjian JA, Zanetta DM, Morita MP. Evaluation of age, body mass index, and wrist index as risk factors for carpal tunnel syndrome severity. *Muscle Nerve* 2002; 25(1):93-7.
- Werner RA, Albers JW, Franzblau A, Armstrong TJ. The relationship between body mass index and the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 1994;17(6):632-6.
- Stallings SP, Kasdan ML, Soergel TM, Corwin HM. A case-control study of obesity as a risk factor for carpal tunnel syndrome in a population of 600 patients presenting for independent medical examination. *J Hand Surg [Am]* 1997;22(2):211-5.
- Becker J, Nora DB, Gomes I, Stringari FF, Seitens R, et al. An evaluation of gender, obesity, age and diabetes mellitus as risk factors for carpal tunnel syndrome. *Clin Neurophysiol* 2002;113(9):1429-34.
- Aygül R, Varoğlu AO, Deniz O, Ulvi H, Kotan D, Demir R. Karpal tünel sendromunda konvansiyonel ve yeni sinir ileti çalışmalarının vücut kitle indeksi ile ilişkisi. *Tıp Araştırmaları Dergisi* 2005;3(3):1-7.
- Balcı N, Tüzüner S, Balcı MK. [Hand and upper extremity pathologies in Diabetes Mellitus] *Türkiye Klinikleri J Med Sci* 1999;19(1):18-24.
- Nathan PA, Meadows KD, Doyle LS. Relationship of age and sex to sensory conduction of the median nerve at the carpal tunnel and association of slowed conduction with symptoms. *Muscle Nerve* 1988;11(11):1149-53.
- Sander HW, Quinto C, Saadeh PB, Chokroverty S. Sensitive median-ulnar motor comparative techniques in carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 1999;22(1):88-98.
- Atroshi I, Gummesson C, Johnsson R, Ornstein E. Diagnostic properties of nerve conduction tests in population-based carpal tunnel syndrome. *BMC Musculoskelet Disord* 2003;4:9.
- Demirci S, Sonel B. Comparison of sensory conduction techniques in the diagnosis of mild idiopathic carpal tunnel syndrome: which finger, which test? *Rheumatol Int* 2004; 24(4):217-20.
- McNamara B. Clinical anatomy of the median nerve. *ACNR* 2003;2(6):19-20.
- Ertekin C. Sentral ve periferik EMG. *Anatomi-Fizyoloji-Klinik*. 1. Baskı. İzmir: Meta Basım; 2006.
- Güdemez E. [Compression neuropathies in the upper extremity] *Turkish Journal of Family Practice* 2007;11(1):5-12.

26. Rotman MB, Donovan JP. Practical anatomy of the carpal tunnel. *Hand Clin* 2002;18(2): 219-30.
27. Hunter JM, Davlin LB, Fedus LM. Major neuropathies of the upper extremity: the median nerve. Chapter 51. In: Mackin EJ, Callahan AD, Skirven TM, Schneider LH, Osterman AL, eds. *Rehabilitation of The Hand and Upper Extremity*. 4th ed. St. Louis: CV Mosby, 1995. p.905-16.
28. Gelberman RH, Hergenroeder PT, Hargens AR, Lundborg GN, Akeson WH. The carpal tunnel syndrome. A study of carpal canal pressures. *J Bone Joint Surg Am* 1981;63(3):380-3.
29. Bleecker ML, Bohlman M, Moreland R, Tipton A. Carpal tunnel syndrome: role of carpal canal size. *Neurology* 1985;35(11):1599-604.
30. Dekel S, Papaioannou T, Rushworth G, Coates R. Idiopathic carpal tunnel syndrome caused by carpal stenosis. *Br Med J* 1980; 280(6227):1297-9.
31. Maghsoudipour M, Moghimi S, Dehghaan F, Rahimpanah A. Association of occupational and non-occupational risk factors with the prevalence of work related carpal tunnel syndrome. *J Occup Rehabil* 2008;18(2):152-6.
32. Balci K, Utku U. Carpal tunnel syndrome and metabolic syndrome. *Acta Neurol Scand* 2007;116(2):113-117.
33. Schrijver HM, Gerritsen AA, Strijers RL, Uitdehaag BM, Scholten RJ, de Vet HC, et al. Correlating nerve conduction studies and clinical outcome measures on carpal tunnel syndrome: lessons from a randomized controlled trial. *J Clin Neurophysiol* 2005;22(3): 216-21.
34. Jensen MP, Gammaitoni AR, Olaleye DO, Oleka N, Nalamachu SR, Galer BS. The pain quality assessment scale; assessment of pain quality in carpal tunnel syndrome. *J Pain* 2006;7(11):823-32.
35. Mondelli M, Filippou G, Gallo A, Frediani B. Diagnostic utility of ultrasonography versus nerve conduction studies in mild carpal tunnel syndrome. *Arthritis Rheum* 2008;59(3): 357-66.
36. Kilmer DD, Davis BA. Electrodiagnosis in carpal tunnel syndrome. *Hand Clin* 2002;18(2): 243-55.
37. Wilder-Smith EP, Ng ES, Chan YH, Therimadasamy AK. Sensory distribution indicates severity of median nerve damage in carpal tunnel syndrome. *Clin Neurophysiol* 2008; 119(7):1619-25.
38. El Miedany Y, Ashour S, Youssef S, Mehanna A, Meky FA. Clinical diagnosis of carpal tunnel syndrome: old tests-new concepts. *Joint Bone Spine* 2008;75(4):451-7.
39. Gooch CL, Pulman S. Electromyography, nerve conduction studies and magnetic stimulation. In: Rowland LP, ed. *Merritt's Neurology*. 11th ed. NY: Lippincott: Williams & Wilkins; 2008 p.89-92.
40. Padua L, Padua R, Apnle I, Tonah P. Italian multi-centre study of carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg (Br)* 1999;24(5):579-82.
41. Jablecki CK, Andary MT, So YT, Wilkins DE, Williams FH. Literature review of the usefulness of nerve conduction studies and electromyography for the evaluation of patients with carpal tunnel syndrome. *AAEM Quality Assurance Committee. Muscle Nerve* 1993; 16(12):1392-414.
42. Mishra S, Prabhakar S, Lal V, Modi M, Das CP, Khurana D. Efficacy of splinting and oral steroids in the treatment of carpal tunnel syndrome: a prospective randomized clinical and electrophysiological study. *Neurol India* 2006;54(3):286-90.
43. Diagnoses and Treatment of Work-Related Carpal Tunnel Syndrome (OCTS). The Washington State Medical Association (WSMA) Medical Treatment Guidelines Subcommittee and the Department of Labor and Industries Office of the Medical Director. *The Medical Treatment Guidelines* 2004. p.32-40.
44. Leblebici B, Adam M, Bağış S, Nafiz Akman MN. [The usefulness of latency difference tests of median-ulnar and median-radial nerves in mild Carpal Tunnel Syndrome] *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation* 2008;54(1):22-6.
45. Jackson DA, Clifford JC. Electrodiagnosis of mild carpal tunnel syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 1989;70(3):199-204.
46. Schuhfried O, Vacariu G, Kopf A, Paternostro-Sluga T. Relative slowing of the median antidromic sensory nerve conduction velocity to the ring finger in screening for carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg [Am]* 2004; 29(5):947-52.
47. Pease WS, Cannell CD, Johnson EW. Median to radial latency difference test in mild carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 1989;12(11): 905-9.
48. Ferrari FS, Della Sala L, Cozza S, Guazzi G, Belcapo L, Mariottini A, et al. High-resolution ultrasonography in the study of carpal tunnel syndrome. *Radiol Med (Torino)* 1997;93(4): 336-41.
49. Kele H, Verheggen R, Bittermann HJ, Reimers CD. The potential value of ultrasonography in the evaluation of carpal tunnel syndrome. *Neurology* 2003;61(3):389-91.
50. Dille A, Greening J, Lynn B, Leary R, Morris V. The use of cross-correlation analysis between high-frequency ultrasound images to measure longitudinal median nerve movement. *Ultrasound Med Biol*. 2001; 27(9): 1211-8.
51. 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.
52. Colak A, Kutlay M, Pekkaşali Z, Saraçoğlu M, Demircan N, Simşek H, et al. Use of sonography in carpal tunnel syndrome surgery. A prospective study. *Neurol Med Chir (Tokyo)*. 2007;47(3):109-115.
53. Visser LH, Smidt MH, Lee ML. High-resolution sonography versus EMG in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2008;79(1):63-67.
54. Koyuncuoglu HR, Kutluhan S, Yesildag A, Oyar O, Guler K, Ozden A. The value of ultrasonographic measurement in carpal tunnel syndrome in patients with negative electrodiagnostic tests. *Eur J Radiol* 2005;56(3):365-9.
55. 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(1):65-71.
56. Rhombert M, Herczeg E, Piza-Katzer H. Pitfalls in diagnosing carpal tunnel syndrome. *Eur J Pediatr Surg* 2002;12(1):67-70.
57. Boya H, Ozcan O, Araç S, Tandoğan R. Incomplete scapholunate and trapeziotrapezoid coalitions with an accessory carpal bone. *J Orthop Sci* 2005;10(1):99-102.
58. Sorene ED, Goodwin D. Bilateral hook of hamate non-unions presenting as carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg [Br]* 2006;31(5): 582.
59. Duey RE, Beall DP, Ahluwalia JS, Makel MT, Ly JQ. Carpal tunnel syndrome resulting from hydroxyapatite deposition. *Curr Probl Diagn Radiol* 2006;35(6):261-3.
60. Stocker RL, Neuhold N. Ossification in the carpal tunnel as a rare cause for untypical carpal tunnel syndrome. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 2008;40(5):299-303.
61. Konishiike T, Hashizume H, Nishida K, Inoue H, Nanba T. Cystic radio-lucency of carpal bones in haemodialysis patients. An early indicator of the onset of carpal tunnel syndrome. *J Hand Surg [Br]* 1994;19(5):630-5.

62. Schaeffer J, Floege J, Koch KM. Diagnostic aspects of beta 2-microglobulin amyloidosis. *Nephrol Dial Transplant* 1996;11(Suppl 2):144-6.
63. Winn FJ Jr, Habes DJ. Carpal tunnel area as a risk factor for carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 1990;13(3):254-8.
64. Widgerow AD, Sacks L, Greenberg D, Becker PJ. Intergroup comparisons of carpal tunnel dimensions. *J Hand Surg [Am]* 1996;21(3):357-9.
65. Tan M, Tan U. Correlation of carpal tunnel size and conduction velocity of the sensory median and ulnar nerves of male and female controls and carpet weavers. *Percept Mot Skills* 1998;87(3 Pt 2):1195-201.
66. Buitrago-Téllez CH, Horch R, Allmann KH, Stark GB, Langer M. Three-dimensional computed tomography reconstruction of the carpal tunnel and carpal bones. *Plast Reconstr Surg* 1998;101(4):1060-64.
67. Feipel V, Dourdoufis M, Salvia P, Rooze M. The use of medical imaging-based kinematic analysis in the evaluation of wrist function and outcome. *Hand Clin* 2003;19(3):401-9.
68. Fahr LM, Sauser DD. Imaging of peripheral nerve lesions. *Orthop Clin North Am* 1988;19(1):27-41.
69. Chen CK, Chung CB, Yeh L, Pan HB, Yang CF, Lai PH, et al. Carpal tunnel syndrome caused by tophaceous gout: CT and MR imaging features in 20 patients. *AJR Am J Roentgenol* 2000;175(3):655-9.
70. Hochman MG, Zilberfarb JL. Nerves in a pinch: imaging of nerve compression syndromes. *Radiol Clin North Am* 2004;42(1):221-45.
71. Andreisek G, Crook DW, Burg D, Marincek B, Weishaupt D. Peripheral neuropathies of the median, radial, and ulnar nerves: MR imaging features. *Radiographics* 2006;26(5):1267-87.
72. Kim S, Choi JY, Huh YM, Song HT, Lee SA, Kim SM, et al. Role of magnetic resonance imaging in entrapment and compressive neuropathy--what, where, and how to see the peripheral nerves on the musculoskeletal magnetic resonance image: part 2. Upper extremity. *Eur Radiol* 2007;17(2):509-22.
73. Aslam N, Kerr G. Multiple schwannomas of the median nerve: a case report and literature review. *Hand Surg* 2003;8(2):249-52.
74. Pasternack II, Malmivaara A, Tervahartiala P, Forsberg H, Vehmas T. Magnetic resonance imaging findings in respect to carpal tunnel syndrome. *Scand J Work Environ Health* 2003;29(3):189-196.
75. Bekkelund SI, Pierre-Jerome C. Does carpal canal stenosis predict outcome in women with carpal tunnel syndrome? *Acta Neurol Scand* 2003;107(2):102-5.
76. Martin BI, Levenson LM, Hollingworth W, Kliot M, Heagerty PJ, Turner JA, et al. Randomized clinical trial of surgery versus conservative therapy for carpal tunnel syndrome [ISRCTN84286481]. *BMC Musculoskelet Disord* 2005;6:2.
77. Korthals-de Bos IB, Gerritsen AA, van Tulder MW, Rutten-van Mölken MP, Adèr HJ, de Vet HC, et al. Surgery is more cost-effective than splinting for carpal tunnel syndrome in the Netherlands: results of an economic evaluation alongside a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord* 2006;7:86.
78. Pinar L, Enhos A, Ada S, Güngör N. Can we use nerve gliding exercises in women with carpal tunnel syndrome? *Adv Ther* 2005;22(5):467-75.
79. Moraska A, Chandler C, Edmiston-Schaetzel A, Franklin G, Calenda EL, Enebo B. Comparison of a targeted and general massage protocol on strength, function, and symptoms associated with carpal tunnel syndrome: a randomized pilot study. *J Altern Complement Med* 2008;14(3):259-67.
80. Brininger TL, Rogers JC, Holm MB, Baker NA, Li ZM, Goitz RJ. Efficacy of a fabricated customized splint and tendon and nerve gliding exercises for the treatment of carpal tunnel syndrome: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2007;88(11):1429-35.
81. Baysal O, Altay Z, Ozcan C, Ertem K, Yologlu S, Kayhan A. Comparison of three conservative treatment protocols in carpal tunnel syndrome. *Int J Clin Pract* 2006;60(7):820-8.
82. Hui AC, Wong S, Leung CH, Tong P, Mok V, Poon D, et al. A randomized controlled trial of surgery vs steroid injection for carpal tunnel syndrome. *Neurology* 2005;64(12):2074-2078.
83. Ortiz-Corredor F, Enríquez F, Díaz-Ruiz J, Calambas N. Natural evolution of carpal tunnel syndrome in untreated patients. *Clin Neurophysiol* 2008;119(6):1373-8.
84. Mondelli M, Rossi S, Monti E, Aprile I, Calianro P, Pazzaglia C, et al. Long term follow-up of carpal tunnel syndrome during pregnancy: a cohort study and review of the literature. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2007;47(6):259-71.
85. Mondelli M, Rossi S, Monti E, Aprile I, Calianro P, Pazzaglia C, et al. Prospective study of positive factors for improvement of carpal tunnel syndrome in pregnant women. *Muscle Nerve* 2007;36(6):778-83.
86. O'Connor D, Marshall S, Massy-Westropp N. Non-surgical treatment (other than steroid injection) for carpal tunnel syndrome. *Cochrane Database Syst Rev* 2003;(1):CD003219.
87. Shoostari SM, Badiie V, Taghizadeh SH, Nematollahi AH, Amanollahi AH, Grami MT. The effects of low level laser in clinical outcome and neurophysiological results of carpal tunnel syndrome. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2008;48(5):229-31.
88. Ekim A, Armagan O, Tascioglu F, Oner C, Colak M. Effect of low level laser therapy in rheumatoid arthritis patients with carpal tunnel syndrome. *Swiss Med Wkly* 2007;137(23-24):347-52.
89. Dammers JW, Roos Y, Veering MM, Vermeulen M. Injection with methylprednisolone in patients with the carpal tunnel syndrome: a randomised double blind trial testing three different doses. *J Neurol* 2006;253(5):574-7.
90. Wong SM, Hui AC, Lo SK, Chiu JH, Poon WF, Wong L. Single vs. two steroid injections for carpal tunnel syndrome: a randomised clinical trial. *Int J Clin Pract* 2005;59(12):1417-1421.
91. Marshall S, Tardif G, Ashworth N. Local corticosteroid injection for carpal tunnel syndrome. *Cochrane Database Syst Rev* 2007;(2):CD001554.
92. Nalamachu S, Crockett RS, Gammaitoni AR, Gould EM. A comparison of the lidocaine patch 5% vs naproxen 500 mg twice daily for the relief of pain associated with carpal tunnel syndrome: a 6-week, randomized, parallel-group study. *MedGenMed* 2006;8(3):33.
93. Nalamachu S, Crockett RS, Mathur D. Lidocaine patch 5 for carpal tunnel syndrome: how it compares with injections: a pilot study. *J Fam Pract* 2006;55(3):209-14.
94. Fox A, Gentry C, Patel S, Kestingland A, Bevan S. Comparative activity of the anti-convulsants oxcarbazepine, carbamazepine, lamotrigine and gabapentin in a model of neuropathic pain in the rat and guinea-pig. *Pain* 2003;105(1-2):355-62.
95. Jang Y, Kim ES, Park SS, Lee J, Moon DE. The suppressive effects of oxcarbazepine on mechanical and cold allodynia in a rat model of neuropathic pain. *Anesth Analg* 2005;101(3):800-6.
96. Dogra S, Beydoun S, Mazzola J, Hopwood M, Wan Y. Oxcarbazepine in painful diabetic neuropathy: a randomized, placebo-controlled study. *Eur J Pain* 2005;9(5):543-54.

97. Magenta P, Arghetti S, Di Palma F, Jann S, Sterlicchio M, Bianconi C, et al. Oxcarbazepine is effective and safe in the treatment of neuropathic pain: pooled analysis of seven clinical studies. *Neurol Sci* 2005;26(4):218-26.
98. Erdemoglu AK, Varlibas A. Effectiveness of oxcarbazepine in symptomatic treatment of painful diabetic neuropathy. *Neurol India* 2006;54(2):173-7.
99. Criscuolo S, Auletta C, Lippi S, Brogi F, Brogi A. Oxcarbazepine monotherapy in postherpetic neuralgia unresponsive to carbamazepine and gabapentin. *Acta Neurol Scand* 2005; 111(4):229-32.
100. Zakrzewska JM, Patsalos PN. Oxcarbazepine: a new drug in the management of intractable trigeminal neuralgia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1989;52(4):472-6.
101. Verdugo RJ, Salinas RA, Castillo JL, Cea JG. Surgical versus non-surgical treatment for carpal tunnel syndrome. *Cochrane Database Syst Rev* 2008;(4):CD001552.
102. Scholten RJ, Mink van der Molen A, Uitdehaag BM, Bouter LM, de Vet HC. Surgical treatment options for carpal tunnel syndrome. *Cochrane Database Syst Rev* 2007;(4): CD003905.