



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ANATOMİ ANABİLİM DALI

**KARPAL TÜNEL SENDROMLU HASTALARDA
CANALIS CARPI'NİN MANYETİK REZONANS
GÖRÜNTÜLERİ ÜZERİNDEN, STEREOLOJİK OLARAK
KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Gürsel AK GÜVEN

**Samsun
Ağustos-2016**



ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ANATOMİ ANABİLİM DALI

**KARPAL TÜNEL SENDROMLU HASTALARDA
CANALIS CARPI'NİN MANYETİK REZONANS
GÖRÜNTÜLERİ ÜZERİNDEN, STEREOLOJİK OLARAK
KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Gürsel AK GÜVEN

DANIŞMAN
Prof. Dr. Mehmet EMİRZEOĞLU

II. Tez Danışmanı
Prof. Dr. Bünyamin ŞAHİN

Samsun
Ağustos-2016

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Gürsel AK GÜVEN tarafından Prof. Dr. Mehmet EMİRZEOĞLU ve II. tez danışmanı Prof. Dr. Bünyamin ŞAHİN Danışmanlığında hazırlanan “Karpal Tünel Sendromlu Hastalarda Canalis Carpi’nin Manyetik Rezonans Görüntüleri Üzerinden, Stereolojik Olarak Karşılaştırmalı İncelenmesi” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından 26/08/2016 tarihinde yapılan sınav ile Anatomi Anabilim Dalında DOKTORA Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Mehmet EMİRZEOĞLU (Ondokuz Mayıs Üniversitesi)

Üye: Prof. Dr. Bünyamin ŞAHİN (Ondokuz Mayıs Üniversitesi)

Üye: Prof. Dr. Mustafa AYYILDIZ (Ondokuz Mayıs Üniversitesi)

Üye: Prof. Dr. Orhan BAŞ (Ordu Üniversitesi)

Üye: Yrd. Doç. Dr. Engin ÇİFTÇİOĞLU (Ondokuz Mayıs Üniversitesi)

Üye: Yrd. Doç. Dr. Fikri ÖZDEMİR (Hitit Üniversitesi)

ONAY:

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

..../..../2016

Prof. Dr. Ahmet UZUN
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEŞEKKÜR

Çalışmamızın planlama aşamasından bitirilmesine kadar her basamağında bilimsel ve teknik bilgilerinden faydalandığım değerli hocam ve 2. danışmanım sayın Prof. Dr. Bünyamin ŞAHİN ve her türlü yardım ve desteğini aldığım değerli hocam ve aynı zamanda danışmanım olan sayın Prof. Dr. Mehmet EMİRZEOĞLU' başta olmak üzere Doktora eğitimim süresince bilgi ve destekleri ile emeği geçen Anatomi Anabilim Dalındaki hocalarıma ve asistan arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında yardımlarını, sabrını ve zamanını esirgemeyen Biyoistatistik Anabilim Dalı Başkanı çok değerli hocam Prof. Dr. Yüksel BEK'e, hem doktora eğitimim hem de tez çalışmam süresince bana destek olan bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren Prof. Dr. Mustafa AYYILDIZ'a teşekkür ederim.

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Nöroloji ABD öğretim üyesi sayın Doç. Dr. Murat Terzi ve sayın Prof. Dr. Kemal Balcı'ya, Radyoloji bölümü öğretim üyesi sayın Prof. Dr. Mustafa Bekir Selçuk ve Esra Emirzeoğlu başta olmak üzere tüm MRG çalışanlarına teşekkür ederim.

Her zaman sevgi, destek ve duaları ile yanımda olan, beni destekleyen; anneme, rahmetli babam Mehmet AK'a, ablama ve kardeşlerime, yine destek ve varlıkları ile beni çok mutlu eden değerli eşim ve canım oğlum Mehmet Emir'e çok teşekkür ederim.

Bu çalışma, **Proje No: PYO.TIP.1904.11.004** proje numarası ile Ondokuz Mayıs Üniversitesi Proje Yönetim Ofisi Başkanlığı tarafından desteklenmiştir.

ÖZET

KARPAL TÜNEL SENDROMLU HASTALARDA CANALIS CARPI'NİN MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLERİ ÜZERİNDEN, STEREOLOJİK OLARAK KARŞILAŞTIRMALI İNCELENMESİ

Amaç: Karpal tünel sendromu (KTS), el bileğinde nervus medianus'un karpal tüneli geçişi sırasında kompresyona uğraması sonucu ortaya çıkan tuzak nöropatisidir. Bu çalışmada KTS'li ve sağlıklı bireylerde canalis carpi hacmi, kanal içeriklerinin hacim ve hacim oranlarının Cavalieri prensibi ile elde edilmesi ve değerlendirilmesi amaçlandı.

Materyal ve Metot: Çalışmaya 25-70 yaş arasında olan klinik ve elektrofizyolojik olarak KTS tanısı almış 30 kadın hasta ile gönüllü 16 sağlıklı kadın dahil edildi. Hasta grupta 50 el bileği, kontrol grubunda ise 30 el bileği değerlendirildi. KTS şiddeti klinik ve elektrofizyolojik olarak; KTS yok, hafif KTS, orta KTS ve ağır KTS olarak derecelendirildi. T1 ağırlıklı aksiyal el bilek manyetik rezonans (MR) görüntüleri Cavalieri prensibi ile incelendi. Elde edilen morfolojik bulguların klinik sınıflama ile ilişkisi araştırıldı.

Bulgular: KTS'li bireylerde canalis carpi hacim (V_{cc}) ortalamasının ($4,26 \pm 0,57 \text{cm}^3$) sağlıklı bireylere ($4,66 \pm 0,73 \text{cm}^3$) göre daha düşük olduğu, nervus medianus hacim (V_{nm}) ortalamasının ($0,41 \pm 0,07 \text{cm}^3$) ise büyük olduğu görüldü ($p < 0,05$). KTS'li ve sağlıklı bireylerde tendon hacim (V_t) ortalamaları arasında fark saptanmadı ($p = 0,646$). KTS'lilerde nervus medianus (V_{nm}/V_{cc}) ve tendon hacim oranlarının (V_t/V_{cc}) daha büyük olduğu görüldü ($p < 0,05$). Canalis carpi boşluk oranının ise sağlıklı bireylerde büyük olduğu saptandı ($p < 0,05$). Belirtilen dört KTS şiddeti arasında; canalis carpi ve nervus medianus hacim ortalamaları ile nervus medianus, tendon ve canalis carpi boşluk hacim oranlarında anlamlı farklılıklar saptandı ($p < 0,05$).

Sonuç: Elde edilen hacim ve hacim oranlarının KTS'nin doğru teşhis edilmesi, KTS şiddetinin belirlenmesi, tedavisinin erken planlanması ve KTS'ye yatkınlığı olan kişilerin belirlenmesi için yararlı olacağı düşünülmektedir. Kullanılan yöntem rutini bozmadan uygulanabilmektedir ve maliyetli olan KTS tedavi masraflarının azaltılmasında da önemli olabileceği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Cavalieri prensibi; hacim; karpal tünel sendromu; manyetik rezonans görüntüleme; nervus medianus; stereoloji

Gürsel AK GÜVEN, Doktora Tezi
Ondokuz Mayıs Üniversitesi – Samsun, Ağustos–2016

ABSTRACT

STEREOLOGICAL AND COMPARATIVE EVALUATION OF THE CARPAL TUNNEL IN THE PATIENTS WITH CARPAL TUNNEL SYNDROME USING THE MAGNETIC RESONANCE IMAGES

Aim: Carpal tunnel syndrome (CTS) is entrapment neuropathy, which occurs as a result of the compression of the median nerve in the course of carpal tunnel of the wrist. The aim of this study is to obtain and evaluate the volume of the carpal tunnel, and the volume and volume fraction of the carpal tunnel contents using the Cavalieri principle on subjects with CTS and healthy group.

Material and Method: The study included 30 female patient diagnosed with CTS clinically and electrophysiologically and 16 healthy female volunteers ranging from 25 to 70 years old. In patient group 50 and in control group 30 wrists were examined. Additionally, CTS severity was ranked clinically and electrophysiologically as non-CTS, mild CTS, moderate CTS and severe CTS. T1-weighted axial MR images of the wrists were examined by the Cavalieri principle. The relation between the morphological data obtained and the clinical classification was analysed.

Results: The average volume of the carpal tunnel in the patient group ($4.26 \pm 0.57 \text{cm}^3$) was found to be lower than that of control group ($4.66 \pm 0.73 \text{cm}^3$), while the average volume of the median nerve in the patient group ($0.41 \pm 0.07 \text{cm}^3$) was found higher than in the control group ($p < 0.05$). No difference was determined in average volume of the tendons between patient and control groups ($p = 0.646$). The volume fraction of median nerve and tendons in patient group were higher than the control group ($p < 0.05$). Space fraction of the carpal tunnel in the control group was determined as higher ($p < 0.05$). Meaningful differences were determined in average volume of the carpal tunnel and median nerve, and space volume fractions of median nerve, tendons and carpal tunnel among four specified CTS severities ($p < 0.05$).

Conclusion: The obtained volume and volume fractions are considered as useful in diagnosing CTS truly, determining the severity of CTS, early planning of treatment and specifying the subjects prone to the CTS. The method used can be applied without breaking the routine and may be said to be important in reduction of the expenses of CTS treatment which is quite costly.

Keywords: Carpal tunnel syndrome; Cavalieri principle; magnetic resonance imaging; median nerve; stereology; volume

Gürsel AK GÜVEN, Ph. D. Thesis

Ondokuz Mayıs University – Samsun, August–2016

SİMGELER VE KISALTMALAR

AAOS : American Academy of Orthopaedic Surgeons

A : Nesnenin taban alanı

a. : Arteria

art. : Articulatio

BT : Bilgisayarlı tomografi

Cc : Canalis carpi

cm³ : Santimetre küp

KTS : Karpal tünel sendromu

lig. : Ligamentum

N. : Nervus

m. : Musculus

M. : Musculus (kas)

MRG : Manyetik rezonans görüntüleme

MSA : Median sinir alanı

msn : Milisaniye

P(a) : Her bir noktanın temsil ettiği alan

t : Ortalama kesit kalınlığı

t : Flexör tendonlar

TKL : Transvers karpal ligament

USG : Ultrasonografi

v. : Venae

V : Hacim

Vcc : Canalis carpi hacmi

Vnm : Nervus medianus hacmi

Vt : Tendon hacmi

Σ : Toplam

Σa : Toplam yüzey alanı

ΣP : Bir örnekte sayılan toplam nokta sayısı

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Canalis Carpi Anatomisi	4
2.1.1. Karpal Kemikler	4
2.1.1.1. Proksimal sıradaki karpal kemikler	4
2.1.1.2. Distal sıradaki karpal kemikler	5
2.1.2. Canalis Carpi'den Geçen Oluşumlar	7
2.1.2.1. Nervus Medianus	7
2.1.2.1.1. Nervus medianus'un dalları	8
2.1.2.2. M. Flexor Digitorum Superficialis	12
2.1.2.3. M. Flexor Digitorum Profundus	12
2.1.2.4. M. Flexor Pollicis Longus	13
2.1.3. Retinaculum Fleksorum (Ligamentum Carpi Transversum).....	13
2.2. Karpal Tünel Sendromu	15
2.2.1. Patofizyolojisi	16
2.2.2. Etiyoloji	18
2.2.3. Elektrofizyolojik inceleme	18
2.2.4. Tedavi	19
2.3. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)	19
2.4. Stereoloji	21
2.4.1. Cavalieri Prensibi	23
2.4.2. Bileşen Hacim Oranları Hesaplamaları	24
3. MATERYAL VE METOT	26
3.1. KTS Şiddetlerinin Belirlenmesi	27
3.2. Hacim Ölçümü ve Hesaplama.....	27
3.3. İstatistiksel Analiz	36
3.4. Hata Katsayısı Hesaplaması	37

4. BULGULAR.....	38
4.1. Ortalama Toplam Hacim Sonuçları	39
4.2. Ortalama Toplam Hacim Oran Sonuçları	43
4.3. KTS Şiddetinin Dağılımı.....	47
4.3.1 KTS Şiddetlerine Göre Hacim Değerleri ve Karşılaştırılması	48
4.3.2 KTS Şiddetlerine Göre Hacim Oranları ve Karşılaştırılması	53
4.4. Sağ ve Sol El Bilek Hacim Sonuçları	59
4.4.1. KTS Olan Bireylerde Sağ ve Sol El Bilek Hacim Sonuçları.....	59
4.4.2. KTS Olan Bireylerde Sağ ve Sol El Bilek Hacim Oran Sonuçları.....	60
4.4.3. Sağlıklı Bireylerde Sağ ve Sol El Bilek Hacim İle Hacim Oran Sonuçları...	60
5. TARTIŞMA.....	62
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	74
KAYNAKLAR	76
EKLER	88
ÖZGEÇMİŞ	90

1. GİRİŞ

Tüm tuzak nöropatilerinin %90'ını oluşturan karpal tünel sendromu (KTS), en sık görülen ve en iyi bilinen n. medianus nöropatilerinden biridir. Nervus medianus'un retinaculum fleksorum'un altında çeşitli patolojik nedenlere bağlı olarak sıkışmasıyla ortaya çıkan klinik semptomlardır. KTS özellikle 40-60 yaş arasındaki popülasyonun %4-5'ini etkiler. KTS 45-54 yaş arasındaki kadınlarda daha sık gözlenir. Prevalansı erkeklerde %6 iken, kadınlarda %9,2'dir (Aroori ve Spence, 2008). Tanık ve ark. (2014), KTS için kadın ve erkek oranını 5,6/1 olarak bildirmişlerdir. Yıllık insidansı kadınlarda 428–491/100000 iken erkeklerde 182–258/100000 olarak belirtilmektedir (Gelfman ve ark., 2009; Atroshi ve ark., 2011). ABD'de de yıllık insidansı yaklaşık % 3,7'dir (Papanicolaou ve ark., 2001). İlk olarak dominant el etkilense de hastaların %60'ının bilateral KTS olduğu bildirilmiştir (Ertekin, 2006)

Fizik muayene ve klinik bulgular ile bu bulguların elektrofizyolojik olarak desteklenmesi ile KTS tanısı konulur. KTS'nin en önemli ilk belirtileri ise geceleri elde n. medianus dağılım alanında hissedilen parestezi, ağrı ve ödemdir. KTS ilerledikçe hastayı uykudan uyandıran bu belirtilerin sıklığı artar ve önkol ile omuza kadar yayılır. Belirtiler gündüz de görülmeye başlar, geç dönemde ise tenar kaslarda atrofi meydana gelir. Şikayetlerin gece artması, ellerin sallanması ile ağrının hafifletilmesi ve parestezilerin kaybolmasının tanıya yardımcı olduğu belirtilmiştir (Eversmann, 1993; Ertekin, 2006).

Canalis carpi'nin daralması, canalis carpi içindeki boşluğun azalması, kanalın içinden ve dışından gelen baskının artmasını tetikleyen durumlar kolaylıkla KTS'ye neden olur. Literatürde tekrarlı el kullanımı ve eli zorlayan meslekler, artan yaş, fazla kilolu olma, cinsiyet/kadın olma, antropometrik faktörler gibi birçok kişisel özellikler ve özellikle sapmış bilek duruşları KTS ile ilişkilendirilmiştir (Ghasemi-Rad ve ark., 2014; AAOS, 2016). Birçok ortopedik ve metabolik hastalıklar da KTS'ye neden olabilir. Klinik birçok araştırma, KTS riskini artmasına neden olan hastalıkların sistemik rolü üzerinde yoğunlaşmıştır (Silverstein ve ark., 1987). Yapılan çalışmalarda bu etiyolojik faktörlerin, karpal tünelde basınç artışı ile nervus medianus'un sıkışmasına neden olduğu belirtilmiştir (Gelberman ve ark., 1981; Keir ve ark., 1997). Nervus medianus'un sıkışması nedeniyle KTS'nin oluşması net olarak ortaya konulmuş fakat sinirin neden sıkıştığı ve sıkışma mekanizması hala belirsizdir.

Yakın zamanlarda yapılan biyokimyasal, manyetik rezonans (MR) ve histolojik çalışmalar; idiyopatik KTS gelişiminde, canalis carpi içinde yer alan flexor tendonlar, sinoviyal dokular ve nöronal damarların yetersiz fonksiyonu arasındaki ilişkinin araştırılmasını önermektedir (Sud ve ark., 2002; Vanhees ve ark., 2012; Ghasemi-Rad ve ark., 2014).

Nervus medianus'un sıkışması veya travması artmış karpal tünel basıncı ile ilişkilendirilmiştir (Richman ve ark., 1987; Szabo ve Chidgey, 1989). Çeşitli çalışmalar, KTS'li hastaların karpal tünel basınçlarının kontrol grubuna göre daha yüksek olduğunu, karpal tünel büyüklüğünün ise hastalarda daha küçük olduğunu belirtmişlerdir (Horch ve ark., 1997). Karpal tünel basıncı (KTS) ve nervus medianus sıkışmasının ise karpal tünelin boyutu ve şekliyle ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Karpal tünel boyut ve şeklinin bilek duruşuna (nötral, fleksiyon, ekstansiyon) göre karpal tünelin enine kesit alanının (CTA), proksimalde değiştiği bildirilmiştir. (Dekel ve ark., 1980; Merhar ve ark., 1986; Yoshioka ve ark., 1993; Horch ve ark., 1997; Monagle ve ark., 1999).

Klinik uygulamalarda radyolojik görüntüler aracılığı ile hacim hesaplama yöntemi olarak Cavalieri prensibinin sıklıkla kullanıldığı gözlenmektedir (Odacı ve ark., 2005). Bilgisayarlı tomografi (BT) ve MR ile elde edilen kesit görüntülerinden 3 boyutlu rekonstrüksiyon yazılımları kullanılarak özellikle izole edilemeyen biyolojik yapıların hacimlerinin hesaplanması yapılabilmektedir.

Cavalieri Prensibi ile yapılan stereolojik çalışmalar; ilgili biyolojik yapının hacmi, bu yapıyı oluşturan içerik hacmi, içeriklerin oranı veya içinde buldukları toplam hacime olan oranları gibi önemli parametrelerin literatüre katılmasını sağlayacaktır. Bu durumda doğru tanı ve etkin tedavi için stereolojideki hacim ve hacim oranı yaklaşımı ile yapı içeriklerinin hacimsel ilişkileri incelendiğinde elde edilen referans değerlerinin oldukça önemli olduğu görülmektedir (Kalkan ve ark., 2007; Sahin ve ark., 2006).

Yapılan çalışmalarda KTS'nin tanı kriterleri için klinik disiplinler arasında fikir birliği olmadığı ve ciddi anlamda MR ve BT gibi kesitsel görüntüleme yöntemleri ile yapılan stereolojik çalışmalara ihtiyaç olduğu gözlenmiştir. American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS), 2016'da gelecekte yapılacak olan çalışmalarda standart

referansların belirlenmesinin önemli olduğunu vurgulamıştır (AAOS, 2016). Standart referansların tanımlanması etkin ve hızlı bir tedavi için gereklidir.

Sunulan çalışmada KTS'li ve sağlıklı olan bireylerde canalis carpi hacmi, canalis carpi içinde bulunan nervus medianus ve tendonların hacmi ile canalis carpi içeriklerinin kanala olan hacim oranlarının ve canalis carpi boşluk hacim oranının KTS tanı ve tedavisine katkı sağlaması için KTS ile olan ilişkisi araştırıldı.



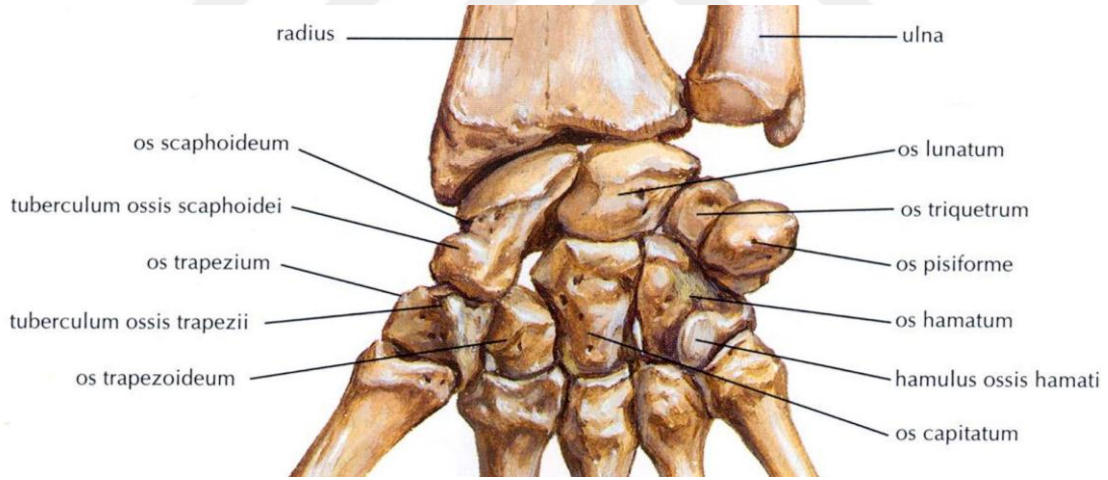
2. GENEL BİLGİLER

2.1. Canalis Carpi Anatomisi

Canalis carpi, bileğin ön tarafında retinaculum fleksorum ile derinde palmar bağlarla birbirine tutunmuş karpal kemiklerin oluşturduğu, sert fibro-osseöz yapıda bir kanaldır (Mazurek ve Shin, 2001; Drake ve ark., 2007; Yugueros ve ark., 2007; Arıncı ve Elhan, 2014). Canalis carpi'nin sınırı el bileğindeki proksimal fleksiyon çizgisi ile başlar ve distalde 3. metakarpın proksimalinde sonlanır (Mazurek ve Shin, 2001; Yugueros ve ark., 2007).

2.1.1. Karpal Kemikler

Canalis carpi'nin tabanında konkavitesi tünele bakacak şekilde sıralanmış kemik elemanlar yer alır. Tünelin girişinde os radius ve os ulna distal uçları yer alırken, tünelin orta ve distal kesiminde karpal kemikler bulunur. Karpal kemikler, proksimal ve distalde dörder adet olmak üzere iki sıra halinde yer alır (Şekil 1) (Drake ve ark., 2010).



Şekil 1. Karpal kemikler (Netter, 2014)'ten

Karpal kemikler, lateralden mediale doğru şu şekilde sıralanır:

Proksimal sıra: Os scaphoideum, os lunatum, os triquetrum, os pisiforme

Distal sıra: Os trapezium, os trapezoideum, os capitatum, os hamatum

2.1.1.1. Proksimal sıradaki karpal kemikler

Os scaphoideum: Sandala benzer. Ön yüzünde retinaculum fleksorum'un tutunduğu tuberculum ossis scaphoidei olarak isimlendirilen bir çıkıntısı vardır.

Proksimal sıranın en büyük kemiğidir. El bilek kemikleri arasında en sık kırılan kemiktir.

Os lunatum: Yarım ay şeklindedir. Proksimal sıranın ortasında yer alır. Os lunatum travma sırasında öne doğru çıkarak nervus medianus'a bası yapabilir. Bu durum karpal tünel sendromuna neden olabilir.

Os triquetrum: Sıranın ulnar tarafında yer alır.

Os psiforme: Canalis carpi'de bulunan karpal kemiklerin en küçüğüdür. Bu kemiğe retinaculum fleksorum ve musculus (m.) adductor digiti minimi, m.flexör carpi ulnarisin tendonları tutunur (Arıncı ve Elhan, 2014).

2.1.1.2. Distal sıradaki karpal kemikler

Os trapezium: El bileğinin radial tarafında bulunur. Os scaphoideum ile birinci metakarpal kemik arasında yer alır. Ön yüzünde tuberculum ossis trapezi denilen bir çıkıntısı bulunur. Bu çıkıntıya da retinaculum fleksorum tutunur. Yine önyüzün proksimalinde derin bir oluk bulunur ve bu oluk içerisinde m. flexor carpi radialis'in kirişi geçer.

Os trapezoideum: Bu sıranın en küçük kemiğidir.

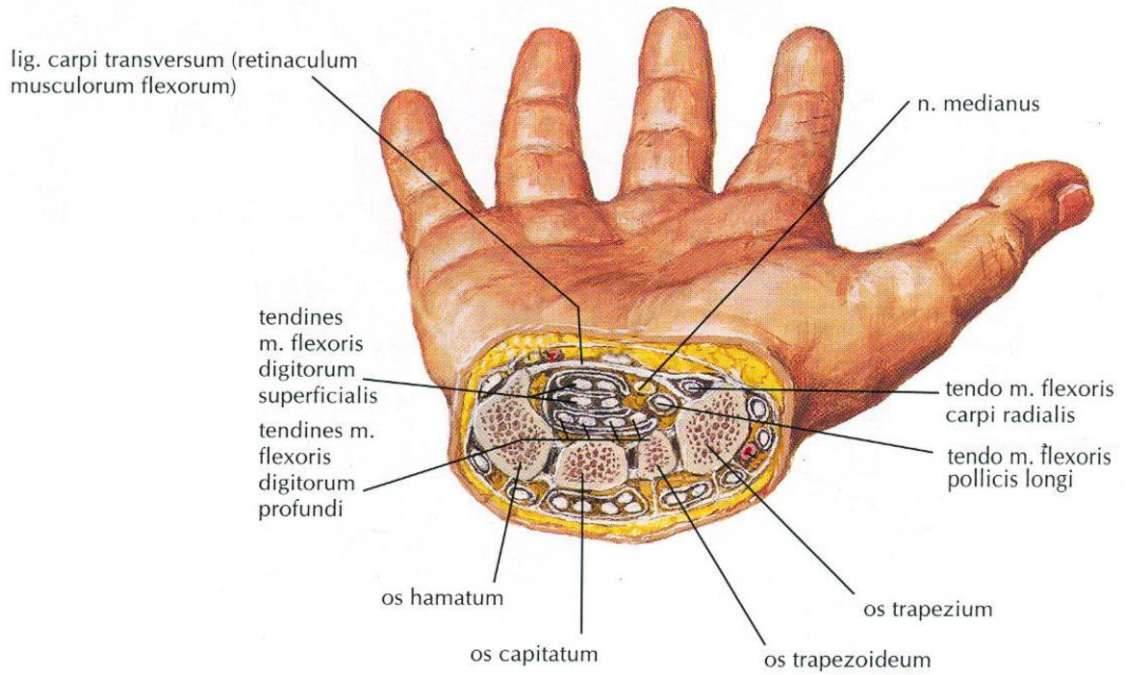
Os capitatum: Karpal kemiklerin en büyüğüdür. Bileğin merkezinde yer alır.

Os hamatum: Distal sıranın en medial tarafında yer alan kemiktir. Palmar tarafta retinaculum fleksorum'un tutunduğu hamulus ossis hamati denilen çengel şeklinde bir çıkıntısı vardır (Arıncı ve Elhan, 2014).

Kanalın etrafını dorsalde karpal kemikler, palmar tarafını ise bir fibröz bir bant olan retinaculum fleksorum oluşturur. Kanalın kemik duvarları ise karpal kemikler ve onları çevreleyen eklem kapsülü tarafından oluşturulur. Dorsal duvarını os capitatum, os trapezoideum ve os lunatum meydana getirir. Canalis carpi'nin açıklığı öne bakan konkav bir arktır. Bu arkın ulnar duvarını hamulus ossis hamati ile os psiforme, radial duvarını ise os scaphoideum ile os trapezium'un tüberkülleri oluşturur (Mazurek ve Shin, 2001; Drake ve ark., 2010; Delisa ve ark., 2007; Arıncı ve Elhan, 2014). Kanalın tavan kısmını ise radial ve ulnar duvar arasındaki açıklığı bir köprü gibi kapatan kalın fibröz bir bağ dokusu retinaculum fleksorum (transvers carpal ligament) oluşturur. Böylece ark, canalis carpi'ye dönüşür (Drake ve ark., 2005; Standing, 2008).

Canalis carpi ön kolun distali ile derin avuç içi arasındaki geçiti oluşturur (Yugueros ve ark., 2007). Kanalın en dar yeri os trapezium ile os hamatum seviyesidir.

Karpal tünelin transvers kesitte palmar taraftan dorsal tarafa olan yüksekliği 1-1,5 santimetre (cm) iken, radial taraftan ulnar tarafa genişliği ise yaklaşık 2,5-2,8 cm'dir (Yu ve ark., 2004). Canalis carpi'nin proksimal ve distal uçları açıktır. Bu kanalın içerisinden n. medianus, 2-5. parmaklarda yer alan 4 adet flexor digitorum profundus tendonu, 4 adet flexor digitorum superficialis tendonu ve 1 adet m. flexor pollicis longus tendonu geçer (Tablo 1) (Mazurek ve Shin, 2001; Bencardino ve Rosenberg, 2006; Bower ve ark., 2006).



Şekil 2. Canalis carpi'nin aksiyal kesit görünümü (Netter, 2010)'dan

Parmaklara uzanan sekiz derin ve yüzeysel tendon, ortak bir kılıfın içinde yer alır. 2. ve 5. yüzeysel tendonlar, 3. ve 4. yüzeysel tendonlara göre daha derinde bulunur. 2. ve 5. yüzeysel tendonların altında da derin fleksor tendonlar yan yana bulunurlar (Şekil 2). Canalis carpi içinde bulunan bütün tendonlar bir sinoviyal doku ile sarılıdır. Bu sinoviyal doku tendonların hareket alanını rahatlatır. Derin ve yüzeysel tendonları kaplayan ulnar bir bursa ve m. fleksor pollicis longus'u saran radial bir bursa bulunur. Bu bursalar, MR görüntülemeye tendonların daha rahat görülmesini sağlar (Middleton ve ark., 1987; Teefey ve ark., 2000; Şen ve Kömürcü, 2011).

Tablo 1. Canalis carpi'den geçen oluşumlar

-
1. Nervus medianus
 2. M. Flexor digitorum superficialis tendonları
 3. M. Flexor digitorum profundus tendonları
 4. M. Flexor pollicis longus tendonu
-

2.1.2. Canalis Carpi'den Geçen Oluşumlar

2.1.2.1. Nervus Medianus

Fasciculus lateralis'ten gelen radix lateralis nervi mediani ile fasciculus medialis'ten gelen radix medialis nervi mediani arteria axillaris'in önünde birleşerek nervus medianus'u oluşturur (Arıncı ve Elhan, 2001; Moore ve Dalley, 2007; Standring, 2008).

Nervus medianus aksillanın lateral kısmından axillar artere yakın olarak seyreder. Kolda m. biceps brachii'nin medialinde bulunan sulcus musculi bicipitis brachii medialis denilen oluğun içinde a.brachialis ve n.ulnaris ile aşağı doğru seyreder. Kolun orta kısımlarında brachial arter üzerinden mediale kıvrılır ve arterin medial yanı boyunca fossa cubitalis'e girer (Arıncı ve Elhan, 2001; Preston ve Shapiro, 2005; Ertekin, 2006; Moore ve Dalley, 2007). M. biceps brachii tendonunun medialinden geçer ve fossa cubitalis'i bicipital kas aponevrozunun (lacertus fibrosus) altından geçerek terk eder (Arıncı ve Elhan, 2001; Ertekin, 2006). Sonra ön kolun üst kısmında bulunan m.pronator teres'in ulnar ve humeral başları arasından geçer. Nervus medianus, musculus pronator teres'in distalinde n. interosseus anterior'u verdikten sonra önkolun ortalarında m.flexör digitorum superficialis ve profundus arasından aşağı doğru el bileğine kadar seyreder. El bileği bölgesinde yüzeyelleşerek m.flexor digitorum superficialis ile m. flexor carpi radialis'in tendonlarının arasında uzanır (Arıncı ve Elhan, 2001; Drake ve ark., 2005; Standring, 2008; Drake ve ark., 2010). Nervus medianus bilekte m. flexor carpi radialis ile m. palmaris longus'un tendonları arasında uzanarak daha yüzeyelleşir ve önkoldan uzaklaşır. Retinaculum fleksorum'un derininde canalis carpi içinden geçer ve elin palmar yüzüne geçer (Moore ve Dalley, 2007; Drake ve ark., 2010) .

Nervus medianus digital fleksör kasların tendonları ile birlikte önkoldan canalis carpi içerisine girer. Nervus medianus elin proksimalinde daha az korunmuş olup derin ve yüzeysel parmak fleksörleri arasından yüzeye çıkar, m. flexor carpi radialis tendonunun ulnar tarafında fasyanın altında seyrederek (Atroschi ve ark., 1999).

Canalis carpi içinde sinirin kalınlığı ile genişliği ters orantılıdır. Nervus medianus retinaculum fleksorum girişinde 6 mm genişliğinde olup, distale doğru genişliği artar ve kanalın orta kısmında 6,1 mm iken, kanalın çıkışında ise 7,7 mm'dir. Sinirin kalınlığı ise proksimalden (2,1 mm) distale doğru (1,9 mm) düzenli olarak ve az da olsa azalır, karpal kemiklerin distaline doğru giderek daha fazla yassılaştır (Schmidt ve ark., 1987; Schmidt ve Lanz, 1992).

Kanal içerisinde nervus medianus'un terminal dalları toplu olarak bir arada bulunur daha sonra motor ve duyuşal dallara ayrılırlar (Şekil 3). Motor dallar dorsalde bulunur ve m. pronator quadratus, m. pronator teres, m. palmaris longus, m. flexor carpi radialis ve fleksör kaslar (4 ve 5. parmaklar hariç) innerve eder. Nervi digitales palmares communes'den ayrılan rami musculares dalları ile II. ve III. parmakların hareketleri ile ilgili olan mm. lumbricales I-II'yi, ramus tenaris dalı ile başparmağın diğer parmaklara doğru o pozisyon hareketinden sorumlu olan tenar kasları (m. adductor pollicis ve m. flexor pollicis brevis caput profundum'u hariç) innerve eder. Duyuşal dallar ise parmakların palmar sinirleri olan nervi digitales palmares communes olarak radial tarafta yer alan üç parmağı ve yüzük parmağının radial yarısının duyuşunu alır. Ramus palmaris nervi mediani dalıyla da el bileğinin radial tarafını, tenar deriyi ve radial avuç içini innerve eder (Alp ve ark., 2005; Drake ve ark., 2010).

2.1.2.1.1. Nervus medianus'un dalları

Axilla'da ya da kolda dal vermez (Snell, 1997; Arıncı ve Elhan, 2001; Standring, 2008). Bazen m.pronator terese giden dalı kolun distal kısmından ayrılabilir. Bir iki duyuş dalı dirsek eklemine uzanabilir (Arıncı ve Elhan, 2001).

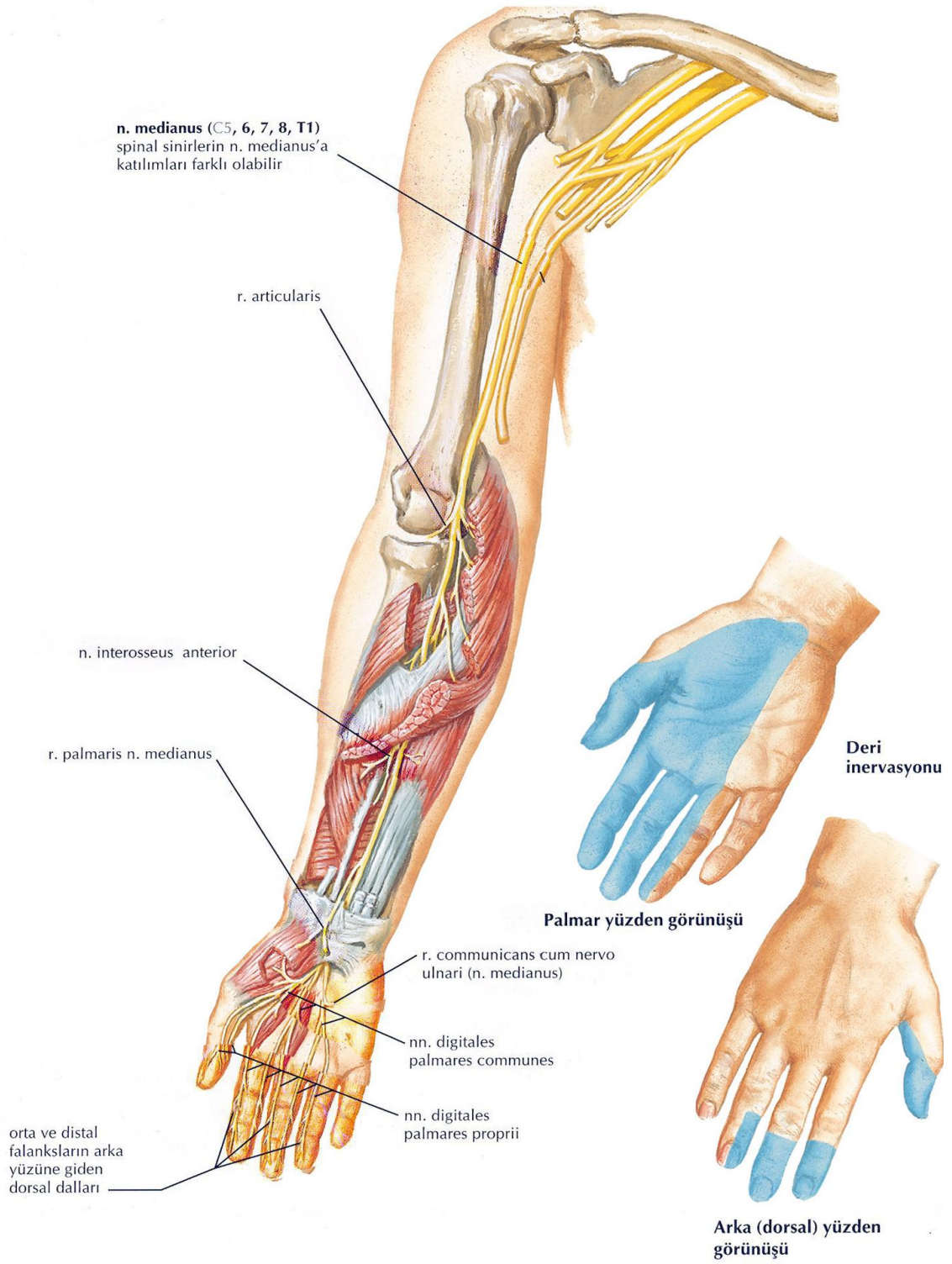
Nervus medianus'un ön kolda verdiği dallar

Nervus medianus önkolda duyuşal innervasyon sağlamaz.

Rami musculares: m. flexor carpi ulnaris ve m. flexor digitorum profundus'un ulnar yarımı hariç m. pronator teres, m. palmaris longus ve ön kolda bulunan diğer fleksör kasları innerve eder (Arıncı ve Elhan, 2001; Moore ve Dalley, 2007; Standring, 2008).

Nervus interosseus anterior: Klinik olarak önemli bir sinirdir. A. interosseus anterior ile beraber m. flexor pollicis longus ve m. flexor digitorum profundus arasında bileğe kadar uzanır. M. quadratus ve el bilek eklemine dağılan uç dallar verir. Ön kolun ön yüzünde bulunan m. flexor digitorum profundus'un ulnar tarafı ve m. flexor carpi ulnaris hariç tüm fleksor kasları (m. flexor digitorum profundus'un radial yarımı, m.pronator quadratus, m. flexor pollicis longus) inerve eder (Arıncı ve Elhan, 2001; Moore ve Dalley, 2007; Standring, 2008).





Şekil 3. Nervus medianus ve dalları (Netter, 2014)'ten

Nervus medianus'un elde verdiği dallar

Motor dalları

Rami musculares thenaris (Ramus recurrens): Retinaculum fleksorum'un distaline ve derinine geçer geçmez n. medianus'dan ayrılır ve tenar kasları inerve eder. Somotomotor liflerden oluşur. M. adductor pollicis ve m. flexor pollicis brevis'in derin başı hariç diğer tenar kasları (m. abductor pollicis brevis, m. opponens pollicis ve m. flexor pollicis brevis'in yüzeysel başı) inerve eder (Arıncı ve Elhan, 2001; Alp ve ark., 2005; Moore ve Dalley, 2007).

Sensitif dalları

Ramus palmaris nervi mediani (ramus cutaneus palmaris): Retinaculum fleksorum'un proksimal'inden yaklaşık 3 cm uzağında ayrılan bir duyu daldır. Bu dal fascia antebrachii'yi bileğin yukarısında delerek yüzeyleşir. Sonra retinaculum musculorum flexorum'un yüzeyselinden geçerek tenar bölge derisine dağılan medial ve lateral dallarına ayrılır (Arıncı ve Elhan, 2001). Lateral dalı tenar bölgeyi örten deriyi inerve eder ve n. cutaneus antebrachii lateralis ile birleşir. Medial dalı ise avuç ortasında bulunan deriyi inerve eder ve n. ulnaris'in ramus palmaris nervi ulnaris ile birleşir (Standring, 2008).

Nervi digitales palmares communes ve nervi digitales palmares proprii:

Nervus medianus canalis carpi'den geçer geçmez çoğunlukla duyu liflerinden oluşan ve n. digitalis palmaris communis denilen üç dala ayrılır. Bunlar da n. digitalis palmaris proprius denilen uç dalları vererek armak arterleri ile birlikte parmakların yan palmar kenarlarının ucuna kadar uzanır. Nervus digitalis palmaris communis'lerin birincisi (radial tarafta) üç dala ayrılır. İlk ikisi başparmağın her iki tarafında, üçüncüsü ise işaret parmağının radial tarafında dağılır. Bu üçüncü dal ayrıca 1. lumbrikal kasa da somatomotor dal verir. Nervus digitalis palmaris communis'in ikincisi 2. lumbrikal kasa bir somatomotor dal verdikten sonra işaret ve orta parmakların kökleri arasında ikiye ayrılarak (n. digitalis palmaris proprius) bu parmakların birbirine bakan yüzlerinde uzanırlar. Nervus digitalis palmaris communis'in üçüncüsü seyrek olarak 3. lumbrikal kasa bir somatomotor dal verir. Bu gibi durumlarda 3. lumbrikal kas hem n. ulnaris'ten hem de n. medianus'tan inerve olur. Orta ve yüzük parmakların kökünde iki dala ayrılarak (n. digitalis palmaris proprius) bu parmakların birbirine bakan yüzlerinde uzanır (Arıncı ve Elhan, 2001; Standring, 2008).

2.1.2.2. M. Flexor Digitorum Superficialis

Ön kolun yüzeysel grup kaslarının en derininde yer alan bu geniş kasın iki başı vardır.

Caput humero-ulnare; humerusun epicondylus medialis'inden ve ulna'nın processus coronoideus'un iç yan kenarı yakınından başlangıç yapar.

Caput radiale; radius'un ön yüzündeki linea obliqua'dan orijin alır.

Nervus medianus ve a. ulnaris bu iki başın arasında, m. flexor digitorum superficialis derininde ilerler. Önkolun distal bölümünde; m. flexor digitorum superficialis'in, el bileğindeki karpal tünel içinden geçip dört parmağa (II-V.) giden dört tendon bulunur. Orta ve yüzük parmaklarına ait olan tendonlar yüzeyside, küçük parmak ve işaret parmak tendonları ise derinde bulunur. Retinaculum fleksorum'un derininde yer alan bu tendonlar canalis carpi'den geçerek avuç içinden bu dört parmağa uzanırlar. Parmak kemiklerinin proksimal basislerinde m. flexor digitorum profundus tendonunun her iki yanında çatallanarak ikiye ayrılır ve phalanx medianın orta-yan kısımlarına tutunarak sonlanırlar. Önkolda, karpal tünelde ve dört parmağın proksimal tarafında m. flexor digitorum superficialis'in tendonları, m. flexor digitorum profundus'un tendonlarına göre ön tarafta bulunur (Şekil 4) (Arıncı ve Elhan, 2014).

M. flexor digitorum superficialis, öncelikle parmakların ince hareketlerinden sorumludur. El bileğine ve 2.-5. parmakların birinci ve ikinci falanks'larına da (art. metacarpophalangea ve art. Interphalangea proksimalis'ine) fleksiyon yaptırır. Nervus medianus tarafından inerve edilir (Drake ve ark., 2007; Drake ve ark., 2010; Arıncı ve Elhan, 2014).

2.1.2.3. M. Flexor Digitorum Profundus

Yüzeysel kasların derininde ve ön kolun ulnar tarafında yer alır. Ulna'nın ön ve medial yüzünün ve membrana interossea antebrachii'nin ön yüzünün komşu yarısından orjin alır. Ön kolun distal 1/3'ünde dört kirişe ayrılır ve baş parmak hariç diğer dört parmağa uzanır (Şekil 4). Canalis carpi'yi yüzeysel kas tendonlarının derininde ilerleyerek geçer ve avuç içinde seyredir. Birinci falanks hizasında, hiatus tendineus denilen yüzeysel kas kirişindeki oluktan geçerek yüzeyelleşir ve phalanx distalis'in tabanında sonlanır. El bileğine kadar yüzük, orta ve küçük parmaklara giden kas krişleri kısmen birbiriyle kaynaşırken kasın radial tarafındaki lifleri ayrı bir grup oluşturur ve işaret parmağına gider. M. flexor digitorum profundus, 2.-5. parmakların phalanx

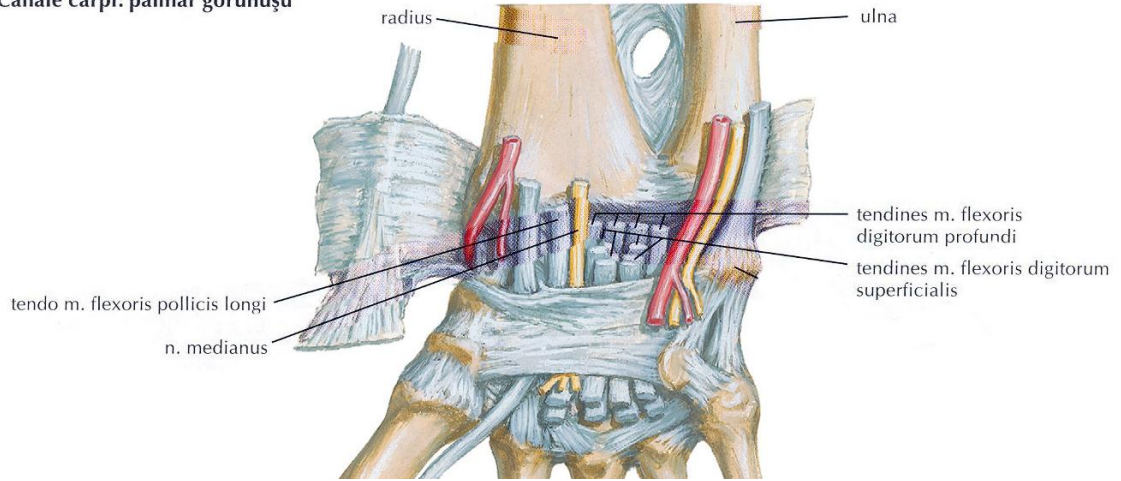
distalis'lerine ve ele fleksiyon yaptırır. Derin fleksor kaslar, tutma kavrama gibi kaba fonksiyonları yaparlar. Kasın medial kısmı n. ulnaris, lateral kısmı ise n. medianus'un dalı n. interosseus antebrachii anterior tarafından inerve edilir (Drake ve ark., 2007; Drake ve ark., 2010; Arıncı ve Elhan, 2014).

2.1.2.4. M. Flexor Pollicis Longus

M. flexor digitorum profundus'un lateralinde yer alır. Tuberositas radii'den m. pronator quadratus'a kadar, radius'un ön tarafında uzanır ve membrana interossea'dan orjin alır. Güçlü bir kastır. M. flexor digitorum superficialis ile m. flexor digitorum profundus tendonlarının dış yanında canalis carpi'den geçer. Elde tenar kaslar arasından geçer ve başparmağın basis phalanges distalisine tutunan tek bir geniş tendon ile sonlanır.

M. flexor pollicis longus baş parmağın en kuvvetli fleksorudur. Ayrıca baş parmağa adduksiyon ve opozisyon yaptırır. Nervus medianus'un dalı olan n. interosseus anterior tarafından inerve olur (Drake ve ark., 2007; Drake ve ark., 2010; Arıncı ve Elhan, 2014).

Canale carpi: palmar görünüşü



Şekil 4. Canalis carpi'den geçen oluşumları (Netter, 2014)'ten

2.1.3. Retinaculum Fleksorum (Ligamentum Carpi Transversum)

Elin hareketleri sırasında retinaculum fleksorum, fleksor kas kirişlerinin eklem ekseninden uzaklaşmalarını önler. El bileği ve elin derin fasyası olan fascia antebrachii'nin transvers yönde uzanan lifleri ile kuvvetlendirilmiş kalın parçasıdır.

Fascia antebrachii elin merkezinde kalınlaşarak aponeurosis palmaris oluştururken, parmakların üzerinde kalınlaşmasıyla fibröz fleksör kılıflar oluşur (Şekil 4). Palmar bağlar ile birbirine tutunan karpal kemiklerin oluşturduğu karpal arkı karpal tünele dönüştüren güçlü fibröz bir banttır. Distalde palmar aponeöz ile devam eder. Retinaculum fleksorum radial tarafta os scaphoideum'un tüberkülü ile os trapezium'a, ulnar tarafta ise os pisiforme ile hamulus ossis hamati'ye tutunur (Snell, 1997; April ve Yıldırım, 1998; Drake ve ark., 2010).

Retinaculum, hem transvers hem de proximal-distal uzunluk olarak 2,5-3 cm ölçülerindedir. Önceden retinaculum fleksorum yüzeysel ligamentum carpi palmare ve derinde lig. carpi transversum olarak iki ayrı yapı gibi tanımlanıyordu. Bazı kaynaklar da retinaculum fleksorum ile ligamentum carpi transversum'u eş anlamlı olarak kabul ederler. Lig. carpi transversum, retinaculum fleksorum'un esasını teşkil eder. Medialde os pisiforme ile hamulus ossis hamati'ye tutunur. Lateralde ise derin ve yüzeysel olarak iki yaprağa ayrılır. Yüzeysel yaprağı os scaphoideum'un tüberkülüne ve os trapezium'un oluşunun lateral kenarına, derin yaprağı ise bu oluşun medial kenarına tutunur. Os trapezium'daki bu olukla iki yaprak arasında sinoviyal zarla kaplı bir kanal oluşur ve bu kanal içerisinde m. flexor carpi radialis'in tendonu geçer. Lig. carpi transversum, proksimalde; proc. styloideus ulna ve radii arasında yer alan fascia antebrachii'nin distalini oluşturan lig. carpi palmare (volare) ile kaynaşır. Bileğin medial tarafından lig. carpi transversum ve lig. carpi palmare arasında arteria ulnaris ve n. ulnarisin geçtiği Guyon kanalı yer alır. Birbiri ile kaynaşmış olan bu iki yapı sadece Guyon kanalı adı verilen bu geçitin olduğu yerde birleşmezler. Lig. carpi transversum, distalde avuç içini kaplayan aponeurosis palmaris ile devam eder. Aponeurosis palmaris'in derin yüzünde lig. carpi transversum'un oblik lifleri bulunur. Bu bağda m. flexor carpi ulnaris'in giriş lifleri de bulunur. 1. ve 5. parmakların kısa kasları lig. carpi transversumdan başlar. Retinaculum fleksorum'un önünden m. palmaris longus'un uzun tendonu geçer. M. palmaris longus daha sonra aponeurosis palmaris ile devam eder. (Snell, 1997; Drake ve ark., 2010; Arıncı ve Elhan, 2014).

Retinaculum fleksorum radius'un distalinden 3. metakarpal'ın tabanına kadar uzanan üç ayrı ve devam eden parçadan oluşur. Retinaculum fleksorum'un proksimal parçası ön kol fasiyasının derisi ile devam eder. Volar karpal ligament olarak adlandırılan ince bir parçadır. Retinaculum fleksorum'un merkezini, parçasını karpal

tünelin çatısı olarak bilinen lig. carpi transversum oluşturur. Retinaculum fleksorum'un son parçası ise aponeurosis palmaris'dir. Aponeurosis palmaris tenar ve hipotenar kaslar arasında uzanır (Cobb ve Grefenstette, 1993).

2.2. Karpal Tünel Sendromu

KTS el bileğinde sık karşılaşılan mononöropatik bir sendromdur. Nervus medianus'un canalis carpi içinden geçişi sırasında retinaculum fleksorum altında sıkışması nedeniyle oluşan bir kronik bası hastalığıdır (Ertekin, 2006; Drake ve ark., 2007; Standring, 2008). Canalis carpi'nin alt yüzü ve lateral kısımlarında karpal kemikler yer alır, bu karpal kemiklerin üzerinde önkol kaslarına ait dokuz fleksor kas tendonu, bu tendonların da üzerinde nervus medianus bulunur, kanalın üstünü de fibröz bir bant şeklinde olan retinaculum fleksorum örter. Kanal içinde retinaculum fleksorum ve fleksor tendonlar arasında kalan alan oldukça az olduğu için nervus medianus'un bu kanal içinde retinaculum fleksorum tarafından sıkışma olasılığı çok fazladır (Ertekin, 2006). Bu sendrom canalis carpi'nin daralmasına neden olan sinoviyal kılıfların iltihabi durumları gibi herhangi bir lezyonda da ortaya çıkar. Canalis carpi'de yer alan içeriklerden en çok etkilenen nervus medianus'tur (Moore ve Dalley, 2007). Kanal içinde ve dışında meydana gelen basılar kolaylıkla KTS'ye neden olur. Dominant el, daha sık ve şiddetli olarak kullanıldığı için ilk olarak etkilenir. Bir süre sonra da iki elde birden belirtiler ortaya çıkar (Ertekin, 2006).

KTS'nin en belirleyici bulguları; karıncalanma, uyuşma, ağrı veya bunların kombinasyonudur (Delisa ve ark., 2007). Genel olarak önce duyuşal lifler etkilenir, elin radialindeki ilk üç parmakta ve 4. parmağın yarımında (nervus medianus dağılım alanında) görülür. Nervus medianus'un palmar dalının karpal tünele girmeden önce nervus medianus'dan ayrıldığı için, KTS'de tenar bölge derisinin duyusu normal hissedilir. Genel olarak 2. ve 3. parmakta belirgin olarak dizestetik yakınmalar görülür. Bu yakınmalar gece ellerin uzun süre fleksiyonda kalması ile artar. Bu pozisyonda nervus medianus hem köşelenir hem de kanal içinde venöz stazın artması nedeniyle daha fazla sıkışır (Preston ve Shapiro, 2005; Ertekin, 2006). Bilekte fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerinin sürekli olarak tekrarlandığı, bulaşık yıkama, çekiç sallama, boya yapma, araba kullanma, telefonla konuşma, kitap okuma gibi hobi ve meslekler ağrı ve paretezilerin artmasına neden olur. Geceleri hastayı uyandıran bu ağrı ve

paresteziler sadece elde de görülebilir veya ön kol ile omuza da yayılabilir (Ertekin, 2006).

KTS'li hastalar semptomları azaltmak için ellerini sallayarak veya silkeleyerek rahatladıklarını belirtirler (Phalen ve Kendrick, 1957). Zamanla şikayetler gün içinde de olur ve tekrarlı el hareketlerinin yapılması ile semptomların sıklığı ve şiddeti artar. Hastalığın ilerlemesi ile motor lifler de etkilenir ve geç dönemde tenar kaslarda güçsüzlük ve tenar kas atrofisi meydana gelir. Başparmak ile abduksiyon ve opozisyon yapılamaz (Ertekin, 2006).

2.2.1. Patofizyolojisi

Canalis carpi basıncı; kanal hacmini azaltan herhangi bir anormal durumda, el bileğinin fleksiyon ve ekstansiyonunda, kanal duvarlarının kalınlaşmasında, yer kaplayan lezyonlarda, inflamatuvar patolojiler gibi şekil değişikliklerinde artar (Ertekin, 2006). Nervus medianus, canalis carpi'de artan basınca en duyarlı olan yapıdır (Standring, 2008). Periferik sinirde oluşan kronik bir bası, hasar kompresyon nöropatisi ile sonuçlanır. KTS'nin patogenezi henüz netlik kazanmamıştır ve çoğu vaka idiyopatik olarak değerlendirilir. Fakat klinik ve sinir iletim çalışmaları değerlendirildiğinde ortaya çıkan nedenler; mekanik kompresyon, mikrovasküler yetmezlik ve vibrasyondur (Werner ve Andary, 2002; Aroori ve Spence, 2008).

Mekanik kompresyona göre, nervus medianus'un canalis carpi'de bası altında kalması nedeniyle semptomlar görülmeye başlar. Fakat etiyoloji belirlenemeyebilir. Ancak tekrarlayıcı ve uzamış el bileği hareketleri gibi KTS gelişiminde etkili olabileceği belirtilmiştir (Brain ve ark., 1947). Tekrarlayan el hareketleri tendonların kalınlaşmasına, karpal tünel içinde volüm artışına ve mekanik basınca neden olur. Histolojik çalışmalar kronik kompresyona uğrayan sinirlerde değişik derecelerde segmental demyelinizasyonu ve Wallerian dejenerasyonu ortaya koymuştur (Stewart, 1993). Patolojik analizlerde ise sinir liflerinde dejenerasyon ve rejenerasyonun yanı sıra myelin katmanında incelleme, perinöral ve endonöral kan damarlarında kalınlaşma gösterilmiştir (Keir ve Rempel, 2005)

KTS'nin etiyolojisinde iskemi gelişimi önemlidir (Lundborg ve ark., 1987). Kan akımının azalması ile mikrovasküler yetmezlik gelişir. Mikrovasküler yetmezlik sonucu nervus medianus'da iskemi ve sinir iletim hızında azalma olur. Yapılan bir

çalışmada nervus medianus iletim hızındaki yavaşlama iskemik kompresyonla ve/veya bozulmuş miyelinizasyonla açıklanmıştır (Kiernan ve ark., 1999).

KTS'li olan bireylerde kanalın kesitsel alanı $1,75\pm 0,21$ cm², sağlıklı bireylerde $2,53\pm 0,15$ cm² olarak bulunmuştur. Basınç, karpal kanaldaki interstisyel sıvı basınç artışı veya nervus medianus'a yakın dokuların oluşturduğu direkt basınç şeklindedir. Sıvı basıncındaki artışın yol açtığı sinovyal kalınlaşma, karpal tünelin başlangıç ve bitiş noktalarında tendonların fleksör retinakulumları oluşturduğu bölgede sık görülür (Werner ve Armstrong, 1997).

Vibrasyon teorisinde ise titreşim yaratan alet ve cihazların uzun süreli kullanımına bağlı olarak KTS gelişebileceği belirtilmiştir (Falkiner, 2003).

Sonuç olarak karpal tünel içinde basınç artışı ile sinirin beslenmesi bozulur, uzun süren kronik basılar; ödem, fibroblast invazyonuna neden olur ve bunun sonucunda sinir içinde sıkıştırıcı skar dokusu oluşur. Bası bölgesinin proksimalinde sinir gövdesinin şişmesi ve endonöral konnektif doku miktarındaki artış, endonöral bölge epinöriumundaki ödem ve aksoplazmik akımın obstrüksiyonuna bağlıdır (Uchiyama ve ark., 2010).

2.2.2. Etiyoloji

Birçok faktör nervus medianus'un canalis carpi içinde sıkışmasına neden olabilir (Tablo 2). Vakaların çoğu idiopatikdir (Falkiner ve Myers, 2002).

Tablo 2. Karpal tünel sendrom nedenleri (Viera, 2003; Ertekin, 2006)

1. İdiyopatik
2. Anatomik nedenler
<ul style="list-style-type: none">• Küçük karpal tünel, kalın transvers karpal ligament• Sinir, kas, bursa anomalileri, aberrant arter
3. Canalis carpi 'de boşluğu azaltan nedenler
<ul style="list-style-type: none">• Kemik çıkıntıları, eski bilek kırıklarına bağlı değişimler, kas ve tendon anomalileri• Palmar enfeksiyonlar• Gut tofusu, ganglion kisti, lipom, vasküler anomali• Konjenital karpal tünel darlığı
4. Ellerin günlük olarak aşırı ve sürekli kullanımını gerektiren meslek ve hobiler
5. Sinovit yapan faktörler
<ul style="list-style-type: none">• Sistemik lupus eritematozus, dermatomiyozit, skleroderma kristal depo hastalıkları• Romatoid artrit• İnfeksiyonlar
6. Sistemik hastalıklar ve baskıyı arttıran nedenler
<ul style="list-style-type: none">• Diabetes mellitus, tiroid hastalıkları, hipoparatiroidizm, akromegali, gut• Kronik böbrek yetmezliği ve diyaliz• Paget hastalığı, osteoartroz, amiloidoz, mukopolisakkaridozlar, sarkoidoz• Gebelik, oral kontraseptif kullanımı, piridoksin eksikliği

Diş hekimleri, sekreterler, müzisyenler, daktilograflar/sekreterler, gibi meslek gruplarında gözlenen kronik süreç mesleki nöropatiler olarak isimlendirilir. Ellerin tekrarlı hareketleri ile bilek aşırı gerilir ve bu durumda da transvers karpal ligamentde hipertrofi gelişir (Viera, 2003).

2.2.3. Elektrofizyolojik inceleme

Elektrodiagnostik testler, periferik sinirleri değerlendirmek için altın standart olduğu düşünülür. Elektrodiagnozda en sık kullanılan çalışmalar, sinir iletim çalışmaları ve iğne elektromiyografisidir. EMG, herhangi bir patoloji varlığında anormalliğin yeri (kas, periferik sinir, sinir kökü, pleksus), tutulumun yaygınlığı (polinöropati) ve ayrıca lezyonun başlangıç zamanı (akut-kronik), aktivitesi ve şiddeti (parsiyel-total) hakkında

önemli bilgiler verir. EMG bulguları, bir etiyolojik tanı vermektten çok klinik tablo ile birlikte tanıya gidilmesine yardımcı olur (Akyüz ve Oğuz, 2004; Yagci ve ark., 2009). Bu testler sıklıkla tanının desteklenmesi, zamanla iyileşmenin ve tedaviye cevabın değerlendirilmesinde kullanılır (Yağcı ve ark., 2009).

2.2.4. Tedavi

KTS tedavisi özellikle KTS şiddetine göre planlanır. Tedavi konservatif ve cerrahidir. Tedavi sürecinde hastanın uygulama koşulları ve isteği de dikkate alınır. Hafif-orta dereceli KTS'de %20-93 oranında başarılı sonuçlarla öncelikle konservatif tedavi seçenekleri tercih edilir (McClure, 2003).

Konservatif Tedavi

Konservatif tedavi seçenekleri; kortikosteroid enjeksiyonları, oral glukokortikoidler, splintleme, sinir ve tendon kaydırma egzersizleri, karpal kemik mobilizasyonu ve ultrason sayılabilir. Kombine tedavi, tekli tedavi yaklaşımından daha etkili olabilmektedir (AAOS, 2016).

Cerrahi

Transvers karpal ligamentin cerrahi olarak gevşetilmesi işlemidir. Cerrahi tedavi elektrodyagnostik kanıt varlığında önerilir. Ağrı, uyuşma, azalmış el fonksiyonu veya tenar atrofi gibi belirtiler eşliğinde orta ve şiddetli KTS yakınmaları olanlarda, konservatif tedaviye rağmen iyileşme olmayan veya tedaviden sonra semptomları tekrarlayan olgularda düşünülebilir. Endoskopik ya da açık yöntemle yapılır (Trumble ve ark., 2002).

2.3. Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)

Manyetik rezonans görüntüleme; başta beyin, omurilik, kas-iskelet sistemi, tümörler, bazı kalp hastalıkları ve yumuşak dokular olmak üzere çeşitli klinik değerlendirmeler için oldukça sık kullanılan etkinliği kanıtlanmış kesitsel bir radyolojik inceleme yöntemidir. Radyasyon içermez (Oyar, 2008). Çocuk ve hamilelerde iyonizan radyasyon riski olmadığı için rahatlıkla kullanılabilir ve aynı hastada birden fazla uygulanabilir (Squire ve Novelline, 1985; Mısırlıoğlu ve Yardımcı, 2012).

MRG lipitler ve hücre sıvısı içinde bulunan hidrojen atomlarını rezonansa uğratacak güçlü bir manyetik alan içerisinde radyo-frekans dalgası ile uyarıp titreştirme

yoluyla elde edilen sinyallerin görüntüye dönüştürüldüğü en yüksek doku kontrast rezolusyonu olan ileri radyolojik görüntüleme tekniğidir (Oyar, 2008).

MRG, kontrast rezolusyonu en yüksek olan ve multi-planar kesitsel inceleme gücü ile patolojilerin saptanmasında ve katekorize edilmesinde önemlidir.

Su içeren dokularda hidrojen atomu fazladır. İnsan vücudunda da su ve yağ bol bulunur. Su ve yağ içerisinde hidrojen atomu en fazla bulunan atom olduğu için, MRG kullanımı özellikle beyin, kas-iskelet sistemi ve batın içi organlar gibi solid organların değerlendirilmesinde çok etkindir. MRG'nin kontrast rezolusyonu yüksek olup multi-planar kesitsel inceleme gücü ile patolojilerin saptanmasında ve değerlendirilmesinde çok önemli rolü vardır. MRG'de temel olarak T1 ve T2 ağırlıklı iki ana sekans kullanılır. T1 ağırlıklı sekanslar, çok iyi yumuşak doku kontrastı ve uzaysal 3 boyutlu rezolüsyon sağlayarak anatomik ve klinik değerlendirmelere olanak sağlar. Enfeksiyon, tümör ve normal olmayan sıvı birikimi gibi patolojik süreçler ise T1 ağırlıklı görüntülerde orta düzeyde sinyal yoğunluğu gösterir ve T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens hale gelir.(Bittner, 1998; Müller, 2002; Delisa ve ark., 2007; Herek ve Karabulut, 2010).

Kompakt kemik, bağ, tendon, fiberokartilajlar ve kan damarları içinde hızla akan kan çok düşük sinyal yoğunluğu oluşturur, bu sinyal olmadığını gösterir ve siyah olarak görünür. Kaslar, orta derecede düşük sinyal yoğunluğu gösterir ve koyu gri olarak görünür. Miyelinli fibrillerin yağ içeriği fazla olduğu için periferik sinirlerde kaslardan biraz yüksek sinyal yoğunluğu görülür. Hiyalin kıkırdaklar, orta düzeyde sinyal yoğunluğu oluştururlar ve açık gri renkte görünürler. Yağ çok yüksek sinyal yoğunluğu oluşturur ve beyaz görünür. Yağ çoğunlukla bağ ve tendonlara bitişik olarak bulunduğundan, bu yapıların bütünlüğünün değerlendirilmesinde yüksek kontrastlı bir ara yüz sağlayabilir. Akışkanlığı olmayan normal vücut sıvılarınının büyük bir kısmı T1 ağırlıklı görüntülerde düşük sinyal yoğunluğu gösterirken, T2 ağırlıklı görüntülerde yüksek sinyal yoğunluğu gösterir. Distal radioulnar eklemden metakarpallere kadar olan el bilek MR görüntüleri bu bölgede yer alan tüm eklem, kemik, kas, damar, sinir ve tendonların açık ve net olarak görülmesini sağlar (Delisa ve ark., 2007).

MRG ile karpal tünelin boyutlarını, sınırlarını, nervus medianus'da oluşan ödemi, retinakulumların yapışma yerlerini ve tendonları yüksek çözünürlükte görüntülemek mümkündür. MRG'nin n. medianus patofizyolojisini bozan iç faktörlerin

belirlenmesinin yanı sıra n. medianus'a bası yaparak KTS oluşturabilecek; kanalda yer kaplayan lezyonların, anatomik varyasyonların veya patolojik durumların belirlenmesindeki yeri de oldukça önemlidir. KTS belirtileri olan ancak meslek ve yaş ilişkisi bulunmayan vakalar ile canalis carpi'de yer kaplayan patolojilere sekonder olduğu düşünülen ya da unilateral KTS olan vakalarda ve nervus medianus anomalilerinde en duyarlı ve en özgül tanı aracının MRG olduğu bildirilmiştir (Bagatur ve ark., 2002; Jarvik ve ark., 2004; Bagatur, 2006). MRG ile KTS'nin tanı ve evrelendirilmesinde önemli morfolojik veriler sağlandığı böylelikle MRG'nin tedaviyi yönlendirmede yardımcı olduğu bildirilmiştir (Pierre-Jerome, 1996).

KTS'nin MRG ile görülebilen evrensel bulguları

1. Nervus medianus'un karpal tünel proksimalinde pisiform düzeyinde şişmesi
2. Distalde tünel çıkışında hamatum düzeyinde nervus medianus'da yassılaşma
3. T2 ağırlıklı görüntülerde nervus medianus'un sinyal yoğunluğunda artış
4. Hamatum çengeli düzeyinde transvers karpal ligamentte palmar kavsin artması (Bagatur, 2006; Delisa ve ark., 2007; Oge ve ark., 2012).

Klinik bulgular ve/veya elektrodiagnostik test sonuçlarının yetersiz ya da çelişkili olduğu durumlarda MRG yardımcı bir araştırma yöntemi olarak değerlendirilmelidir. Ayrıca MRG cerrahi tedavi olmasına rağmen yetersiz ya da iyileşme sağlanamamış hastalarda, sorunu anlamakta oldukça yararlı bir yöntemdir. TKL'in yetersiz gevşetilmesi, cerrahi dekompresyon alanında nervus medianus'daki genişleme, nervus medianus'a olan bası veya nedbe dokusu MRG ile görüntülenebilir. Böylece gelişebilecek cerrahi sonrası komplikasyonların takibi yapılabilir (Cudlip ve ark., 2002; Bagatur, 2006).

2.4. Stereoloji

Stereoloji terimi; Yunancada üç boyutluluk, üç boyutlu cisim, anlamı olan "stereos" kelimesinden türemiştir (Mouton, 2002). Stereoloji, üç boyutlu olan canlı ya da cansız yapıların iki boyutlu kesitlerinden elde edilen verilerden yola çıkarak onların gerçekteki üç boyutlu özellikleri hakkında sayısal olarak bilgi elde edilmesini sağlayan bir bilim dalı olarak tanımlanmaktadır (<http://www.stereoloji.org/sayfa/3,1998>;

Howard ve Reed, 1998). Ayrıca Stereoloji, bir yapı veya oluşumun geometrik ve istatistiksel yapısı hakkında matematiksel veriler elde etmek için ilgili yapının kesitlerini kullanan bir yöntem olarak da tanımlanabilir. Stereolojik yöntemler ile yapıların; hacimleri, içerik hacim oranları, yüzey alanları, yoğunluklar ve uzunlukları gibi önemli sayısal değerleri elde edilebilir (Cruz-Orive, 1993; Akalan ve Demirkan, 2013).

Stereoloji, model temelli yaklaşımların aksine tasarım temellidir.

Model Temelli Yaklaşım, üzerinde çalışılan nesne veya taneciklerin geometrik yapıları ile ilgili bazı ön kabuller (örneğin, x organındaki tüm hücreler küreseldir; çapları ve hacimleri arasında şöyle bir ilişki vardır; vs. gibi) yapılarak, nesnelerin kurmaca matematiksel modelleri üzerinden ölçüm yapılması esasına dayanan bilim dalıdır (Kaplan, 2006). Gerçekte yapılar, modellenen geometrik özelliklerin aynısını taşımadıklarından; yöntemlerin taraflı sonuçlar verme riski yüksektir (<http://www.stereoloji.org/sayfa/3,1998>; Cruz-Orive, 1997).

Tasarım Temelli Stereoloji, yapılar hakkında herhangi bir ön kabul yapılmadan, çalışma tasarımına bağlı olarak verilerin elde edildiği stereoloji alanıdır (Kaplan, 2006). Temelini tarafsızlık ve etkinlik oluşturmaktadır (Odacı ve ark., 2005). Tarafsızlık, etkinlik ve kesinlik stereoloji için önemli terimlerdir.

Tarafsızlık; gerçek değerden istatistiksel olarak sapma göstermeyen, tekrarlandıkça gerçek değere yaklaşan hesaplamaları, ölçümleri belirtir (Howard ve Reed, 1998).

Etkinlik/Verimlilik (Efficiency); yapılacak biyolojik araştırmada materyal, zaman, malzeme gibi kaynakların maksimum düzeyde kullanılması ile daha kısa zamanda daha az hatalı iş yapmayı ifade eder (Gundersen ve ark., 1988; Mouton, 2002).

Kesinlik; verilerin istatistiksel olarak güvenlik sınırı içerisinde gerçek değere en yakın sonuç vermesidir (Odacı ve ark., 2003).

BT ve MR görüntüleri ile kemik, karaciğer, dalak gibi sert olmayan dokuların değerlendirilmesi ve patolojik durumların teşhisi kolaylıkla yapılır (Goh ve ark., 2000; Odacı ve ark., 2005). Fakat radyolik değerlendirme kişinin deneyimine dayalıdır. Radyolojik yorum ve değerlendirmeler ise o yapının şekline, boyutuna veya yoğunluk artışına göre büyümüş-küçülmüş ya da artmış-azalmış gibi objektif olmayan değerlere göre tanımlama yapılır (Iseda ve ark., 2001; Odacı ve ark., 2005). Bu şekilde nicel

olmayan değerlendirmeler ise "tarafli" olarak kabul edilmektedir (Howard ve Reed, 1998). Her yapının tarafsız ve etkin bir biçimde hacminin sayısal gerçek değerler ifade etmesi için görüntü analiz sistemleri aracılığı ile stereolojik metotlardan Cavalieri prensibi kullanılarak, BT ve MR görüntüleri üzerinden değerlendirilmesinin yapılabileceği gösterilmiştir (Vaithianathar ve ark., 2002; Odacı ve ark., 2005).

Stereolojik metotlar hem araştırma laboratuvarları için hazırlanmış bilgisayar destekli stereolojik analiz sistemlerinde uygulanabilmekte hem de basit araç-gereçler ve düşük maliyetlerle kullanılabilir (Canan ve ark., 2004; Odacı ve ark., 2005).

2.4.1. Cavalieri Prensibi

Morfometrik çalışmalarda, bir yapının veya yapıyı oluşturan içeriklerin hacimleri ve bu içeriklerin birbirlerine veya ilgili yapının tamamına olan oranı önemli parametrelerdir. Belli bir içeriğin birim hacmindeki değerinden o içeriğin toplam sayısal değerine ulaşmak için toplam hacim değerinin bilinmesi gerekir. Düzensiz şekilli biyolojik yapıların toplam hacimlerini veya içerik hacimlerini hesaplamak için yer değiştiren suyun miktarı, paketleme, doldurma gibi değişik farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan en çok bilineni Arşimed Prensibi'dir. Fakat düzensiz şekilli olan ve izole edilemeyen yapıların ve yapıyı oluşturan içerik hacimlerinin ölçülmesi için Cavalieri prensibi tarafsız ve etkin bir yöntemdir. (Gundersen ve ark., 1988; Canan ve ark., 2002).

Yüzey alanının hesaplanmasında, Cavalieri prensibi'ne dayanan iki yöntem; planimetri ve nokta sayma yöntemi vardır (Sahin ve Ergur, 2006; Niyazi, 2008) Nokta sayım yöntemi daha az zaman harcanması ve daha ucuz bir yöntem olmasına rağmen, planimetri yöntemi daha net sonuçlar vermesi nedeniyle daha çok tercih edilmektedir.

Planimetrik yöntemler, bir bilgisayar yazılımı aracılığı ile izdüşümlerin sınırlarının belirlenmesi ve belirlenen bu alanlar içinde ölçümler yapılmasını içeren yöntemlerin genel adıdır. Bu yöntemde uygun biçimde kalibrasyonu yapılmış mikroskop görüntüleri veya radyolojik görüntülerini işlemek üzere tasarlanmış bilgisayar yazılım programları ile sınırları belirlenmiş yüzeylerin alanları ölçülebilir. OsiriX, Onis ve ImageJ gibi programlar planimetrik ölçümlerde kullanılabilir (Canan ve ark., 2002).

İtalyan matematikçi Bonaventura Cavalieri, düzensiz şekle sahip yapıların hacimlerinin birbirine paralel dilimlere ayırarak hesaplanabileceğini üç asır önce ortaya

koymuştur. Günümüzde bu yöntemle stereolojide düzensiz şekilli objelerin, organların ve organ içinde yerleşik halde bulunan herhangi bir bölge hacmini hesaplamak mümkündür. Bunun için hacmi hesaplanacak olan yapı baştan sona kadar, eşit aralıklı ve birbirine paralel kesitlerle dilimlere ayrılır. Bundan sonra tüm dilimlerin aynı yöne bakan yüzeylerinin alanı uygun bir yöntem kullanılarak hesaplanır. Tüm dilimlerden elde edilen yüzey alanları toplanarak, ortalama dilim kalınlığı ile çarpılır. Bu şekilde yapının hacmi tarafsız bir hesaplama ile elde edilmiş olur (Gundersen ve Jensen, 1987; Howard ve Reed, 1998).

V_{ref} , ilgilenilen yapının toplam veya referans hacmini; a_i , i numaralı kesitteki yapı izdüşümünün yüzey alanını; t , toplam kesit kalınlığını gösterir (Canan ve ark., 2002; Odacı ve ark., 2003; Odacı ve ark., 2005). Matematiksel olarak ifadesi aşağıda verilmiştir:

$$V_{ref} = \sum a_i \times t \quad (1)$$

Bu prensibin uygulanması için değerlendirilecek olan yapının sınırlarının, görüntüdeki diğer yapılardan ayırt edilmesi önemlidir. Bu metot ile kişisel taraflılıktan uzak gerçek sayısal değerler elde edilir. Elde edilen veriler kesinlikle güvenilir ve tarafsızdır (Gundersen, 1986; Black, 1999).

Bu sebepten dolayı bu yöntemle elde edecek hacim ve hacim oranı değerleri; teşhiste, tedavinin planlanmasında ve tedavi sonrası değerlendirmelerde hekim için önemli bir veri olacaktır. Cavalieri prensibi ile hacim hesaplanması için özel geliştirilmiş bilgisayar programları ve bu konuda deneyim kazanmış teknik personele gereksinim duyulmaması nedeniyle Cavalieri prensibi, ilave bir mali yük de oluşturmaz Basoğlu ve ark., 2007; Kalkan ve ark., 2007).

2.4.2. Bileşen Hacim Oranları Hesaplamaları

Bileşenin hacim oranı, herhangi bir yapıyı oluşturan alt içeriklerin tüm yapının hacmine (referans hacim) oranını belirlemek amacıyla kullanılır. Y gibi bir bileşenin referans hacim içindeki hacme oranı basitçe, Y bileşeni tarafından kaplanan birim hacim miktarı olarak söylenebilir (Başoğlu ve ark., 2007; Kalkan ve ark., 2007).

$$V_v (Y,ref) = Y \text{ bileşenin hacmi} / \text{referans hacim} \quad (2)$$

Örneğin, *nervus medianus* hacminin tüm *canalis carpi* hacmine oranı V_v (*nervus medianus*, *canalis carpi*) şeklinde tanımlanır. Hacim oranı 1 ile 0 arasında değişir ve genellikle (%) olarak ifade edilir. Bilgisayar destekli görüntü analiz cihazları

ile izdüşüm alanları planimetrik olarak hesaplanarak iki yapının birbiri ile olan hacim ilişkisi belirlenir (Basoğlu ve ark., 2007; Kalkan ve ark., 2007).



3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, Mart 2011 ile Mart 2015 tarihleri arasında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji polikliniğine başvuran klinik ve elektrofizyolojik testlerle KTS tanısı doğrulanan 30 kadın hasta çalışmaya alındı.

Kontrol grubu ise çeşitli nedenlerle Nöroloji polikliniğine başvuran ancak KTS'yi düşündürecek şikayetleri bulunmayan kadın gönüllülerden oluşturuldu.

Hasta grubunda, yaş ortalaması (\pm SS) $51,07\pm 11,09$ yıl olan 30 kadına ait sağ (R): 30 ve sol (L): 30 olmak üzere toplam 60 el bilek MR görüntüsü; kontrol grubunda ise yaş ortalaması $48,56\pm 10,09$ yıl olan 16 kadının sağ (R):16 ve sol (L):14 olmak üzere toplam 30 el bilek MR görüntüsü değerlendirildi.

Çalışmaya dahil edilen hasta ve sağlıklı bireylere anket yöntemiyle sorulan sorular ve verdikleri cevaplar eşliğinde, el bilek bölgesinde; travma, steroid enjeksiyonu, cerrahi operasyon öyküsü olan bireyler çalışmaya dahil edilmedi. Çalışmaya dahil olduğu halde, çekim sırasında elin hareket ettirilmesine bağlı olarak dokuları net olarak değerlendirilemeyen hastalar çalışma dışı bırakıldı.

Çalışma öncesinde Ondokuz Mayıs Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan onay alındı (Ek 1). Gönüllüler; çalışmanın içeriği, amacı ve uygulanışı konusunda bilgilendirildi ve onayları alındı. Çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi Bilimsel Araştırma Projesi (PYO.TIP.1904.11.004) olarak kabul edilip desteklendi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji ve Radyoloji ABD desteği ile gerçekleştirildi.

MR görüntüleri, Philips 1,5 Tesla achivie cihazı kullanılarak elde edildi. T1 ağırlıklı ve üç boyutlu görüntüler, Canalis Carpi Magnetization Prepared Rapid Acquisition (MP-RA) protokolü kullanılarak elde edildi. Kullanılan protokol kısa sürede yüksek kalitede doku ayrımı sağlayan bir protokoldü. Aksial yönelimde ve 3 mm kalınlığında elde edilen ardışık kesit görüntüleri şu parametreler kullanılarak elde edildi: Görüntü alanı 200x244 mm, TR 570 ms, TE 24 ms, flip açısı 90°, faz çözünürlüğü %100, kesit çözünürlüğü %50 ve görüntüleme süresi 10 dakika 18 saniye.

Toplamda yaklaşık 10-12 dakika süren T1 ağırlıklı 3 turbo spin eko sekansları (TSE); (FOV: RL 106 mm, AP 60 mm, FH 142 mm), voxel size: RL 0.429, AP 0.3 mm, kesit kalınlığı: 3 mm, reconvoxel size 0.165 mm, faz yönü: RL, type: paralel, kesitler aksiyal planda radio-karpal eklemden başlayıp metakarpal kemiklerin proksimal

düzeyine kadar el bilek koili kullanılarak elde edildi. T1 ağırlıklı görüntüler canalis carpi ve canalis carpi içeriklerinin hacmini ölçmek için kullanıldı.

3.1. KTS Şiddetlerinin Belirlenmesi

Karpal tünel sendromlu vakalarda EMG bulgularına göre KTS; Nervus medianus'un duyu dalı etkilenirse "hafif" KTS, motor latans etkilenirse "orta" KTS, motor latans ile birlikte motor amplitüd etkilenirse "ağır" KTS olarak sınıflandırılmaktadır. Ayrıca nervus medianus'un hem duyu dalı hem de motor dalı normal olduğu halde hastanın klinik öyküsü eşliğinde 4. parmakta ulnar-nervus medianus latans farkı 0,5 ms'den yüksek ise vaka "hafif KTS" olarak kabul edilmektedir (Aulisa ve ark., 1998; Bengston ve Brault, 2005; Bağatur, 2006).

Klinik ve elektrofizyolojik test (EMG) sonuçlarına göre hasta grubunda olan 60 el bileğin 10 el bileği sağlıklı, 21 el bileği hafif KTS, 24 el bileği orta KTS, 5 el bileğinin de ağır KTS olduğu belirlendi.

3.2. Hacim Ölçümü ve Hesaplama

Canalis carpi (cc), fleksör tendonlar (t) ve nervus medianus (nm) gibi yapıların her bir kesitteki hacimleri ve bu yapıların kanal hacmine olan hacim oranlarının hesaplanması için (V_t/V_{cc} , V_{nm}/V_{cc}) stereolojik metotlardan Cavalieri prensibine göre hacim ölçümü yapıldı. Bu prensip İtalyan matematikçi Bonaventura Cavalieri'nin 17. yüzyılda geliştirdiği hacim hesaplama yöntemidir. Yöntem, günümüzde değişik şekilli objelerin hacimlerinin hesaplanmasında kullanılan tarafsız bir prensip haline gelmiştir. Prensibin temeli bir objeden birbirine paralel ve belirli aralıklarla geçen her bir kesitin yüzey alanının (A) hesaplanarak kesit aralığı (t) çarpımı ile o kesitin hacmini bulduktan sonra diğer kesitler için benzer şekilde elde edilmiş hacim değerlerini toplayıp tüm yapının hacmini elde etmektir (Sahin ve Elfaki, 2012).

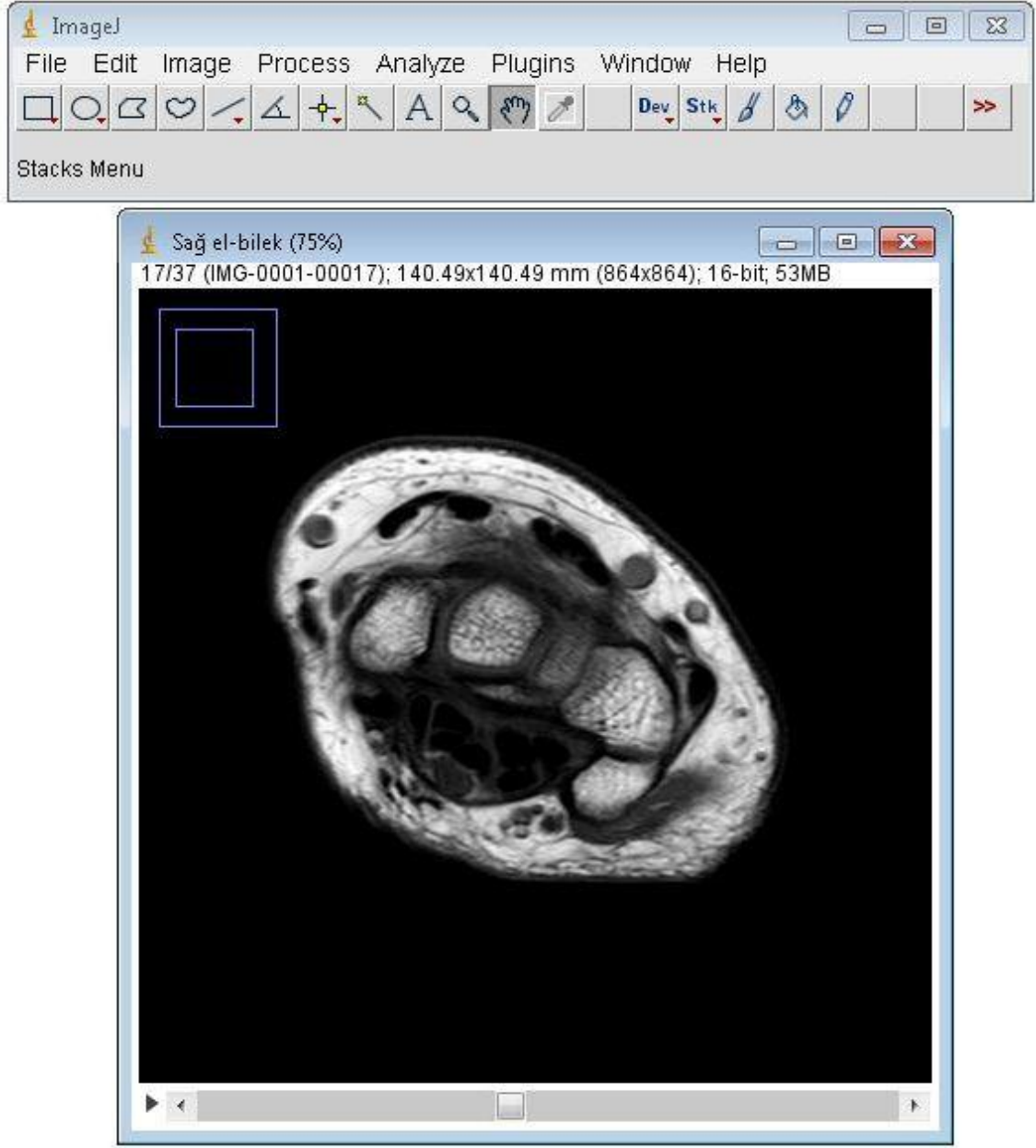
$$V=t \times \Sigma A \quad (3)$$

Hacim ölçüm hesaplamaları için stereolojik çalışmalara uygun olan ImageJ programı kullanıldı. ImageJ programı, Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Sağlık Enstitüsü tarafından geliştirilmiş Java tabanlı DICOM formatında görüntüleri analiz edebilen ve işleyebilen bir programdır. Ücretsiz olarak dağıtılan bu program internetten ücretsiz olarak indirildi.

Çalışmamızda hasta ve kontrol gruplarının her iki el bilek T1 ağırlıklı aksiyal MR görüntüleri CD ortamına aktarıldı. Bu görüntüler, Radi Ant Viewer programının File>Import>Importfiles sekmesi ile ayrı bir klasör olarak DICOM formatında kaydedilerek arşivlendi.

DICOM formatında kaydedilen aksiyal MR görüntü serilerini içeren klasörler, hacim ölçümü yapılmak üzere ImageJ programında “sürükle bırak” yöntemi ile açıldı (Şekil 5).

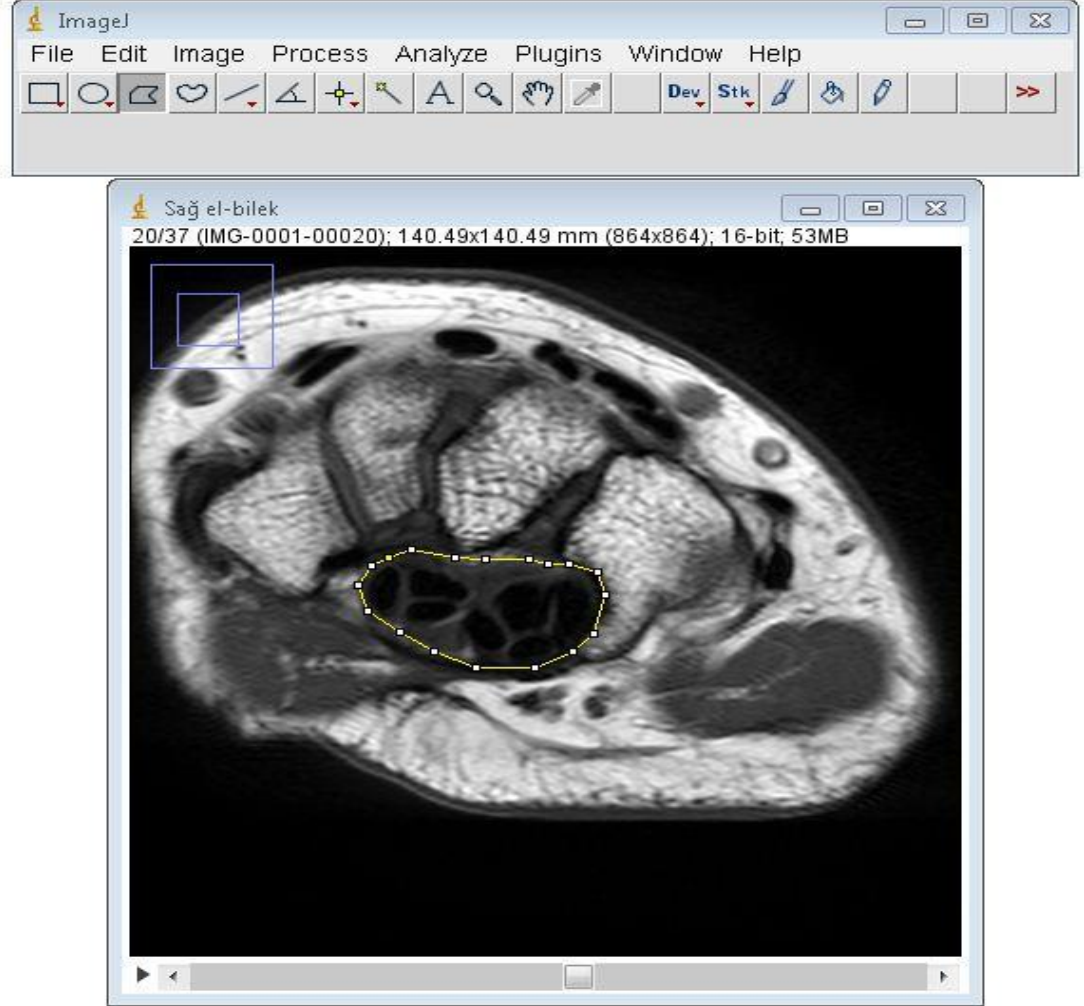
Aksiyal plandaki görüntü sayısı yaklaşık 43 kesittir. Canalis carpi proximal-distali arasında 6-9 kesitte görülmekteydi. T1 ağırlıklı aksiyal MR görüntüleri kesit kalınlığı 3,0 mm olacak şekilde alındı. Kesitler arası geçiş aralığı ise 0,3 mm olarak ölçüldü. Böylelikle canalis carpi'nin proximal-distal uzunluk genişliği yaklaşık 2,5-3,0 cm olduğunu düşündüğümüzde alınabilecek en ideal kesit sayısı üzerinde çalışılmıştır (Yu ve ark., 2004).



Şekil 5. ImageJ programında açılmış bir aksiyal MR görüntüsü

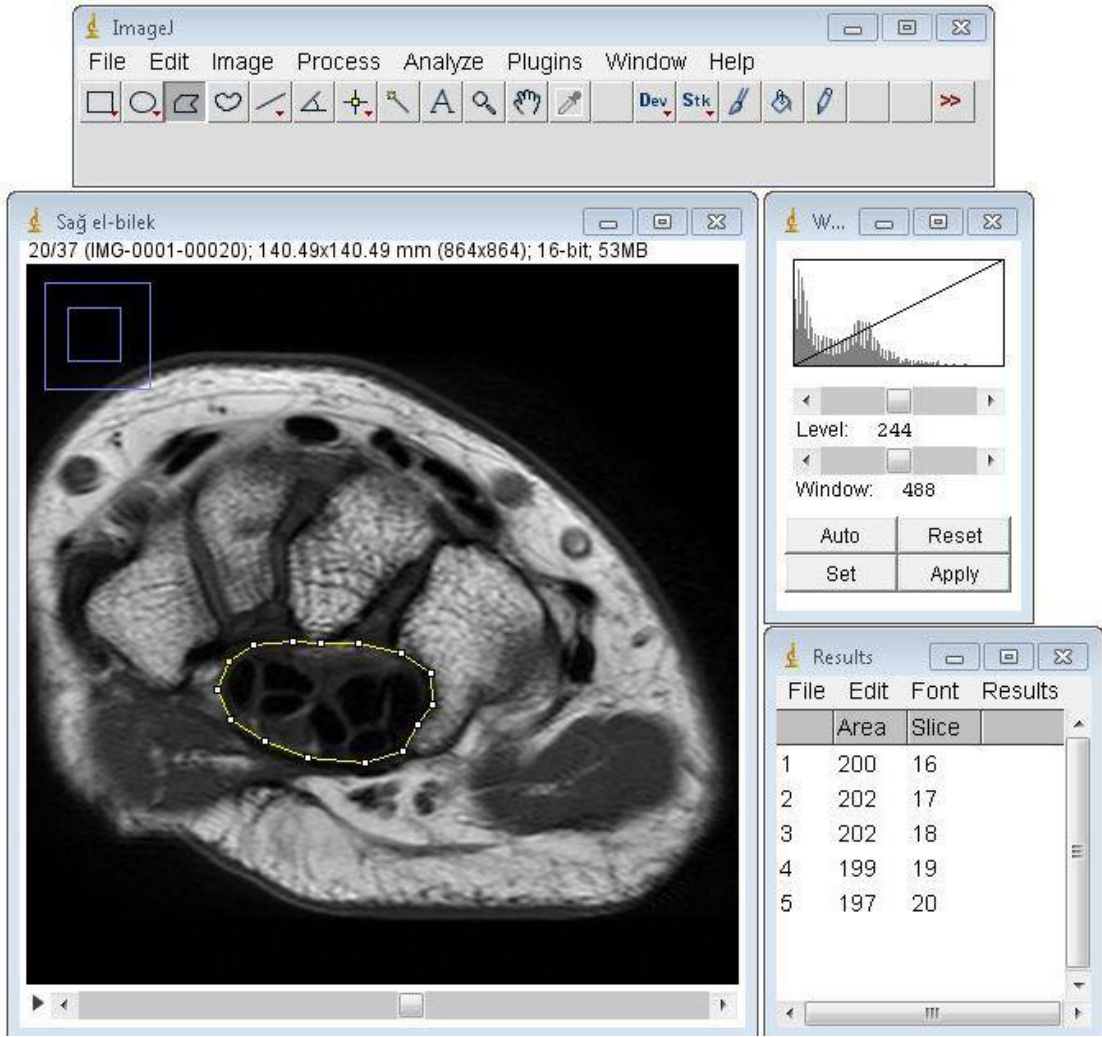
Yarı otomatik planimetri yöntemi kullanılarak her bir el bilek MR kesitinde görülen canalis carpi yüzey alanı, tendonların kapladığı yüzey alanı ve nervus medianus'un yüzey alanı ImageJ programı ile hesaplanıp analiz edildi (Şekil 5).

Canalis carpi ve nervus medianus'un etrafı, programın "Poligon Selection" seçeneği ile diğer yapılardan ayrılacak şekilde çevrelendi (Şekil 6, 8).

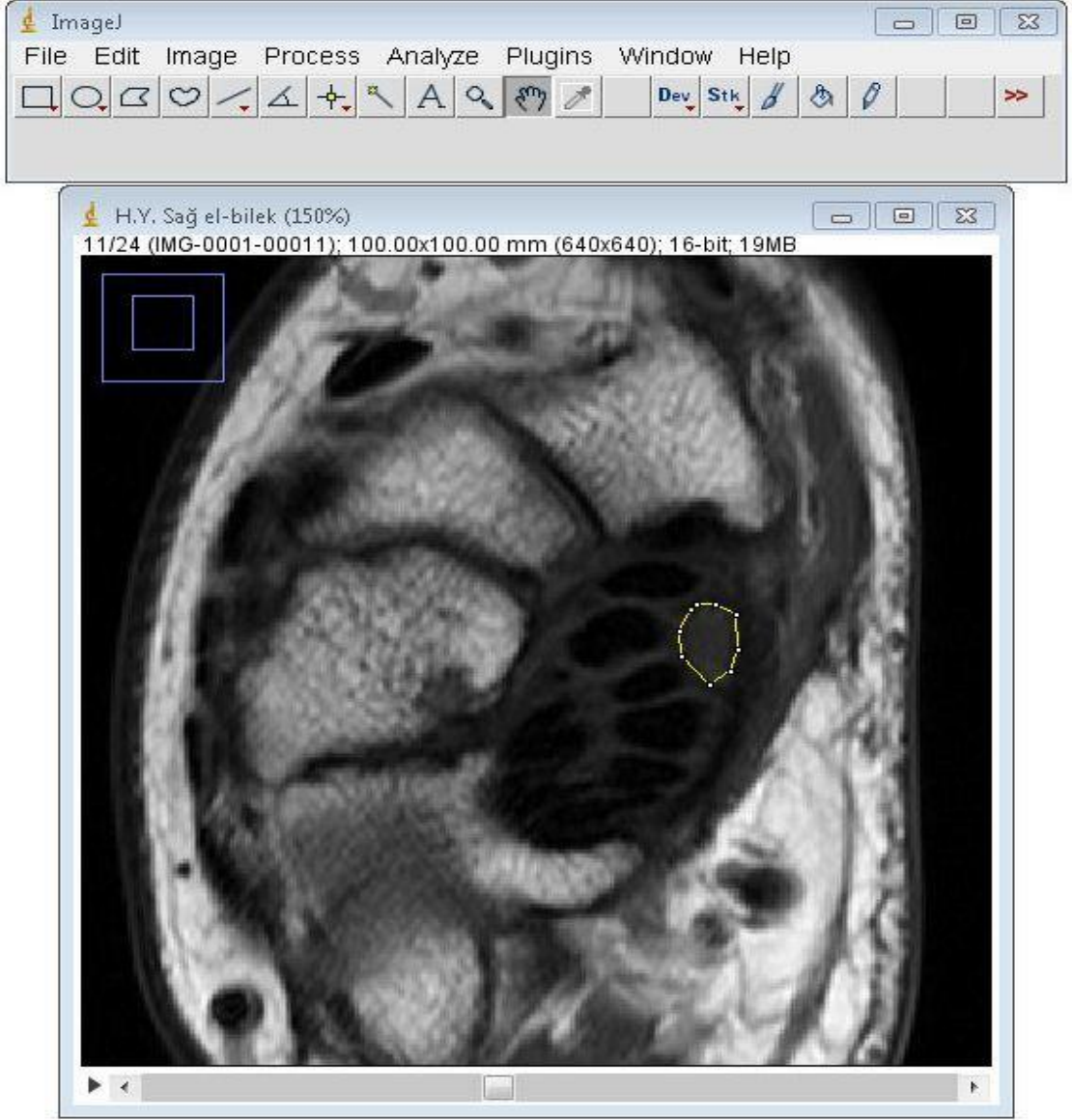


Şekil 6. Canalis carpi'nin ImageJ programında planimetri ile sınırlarının çizilmesi

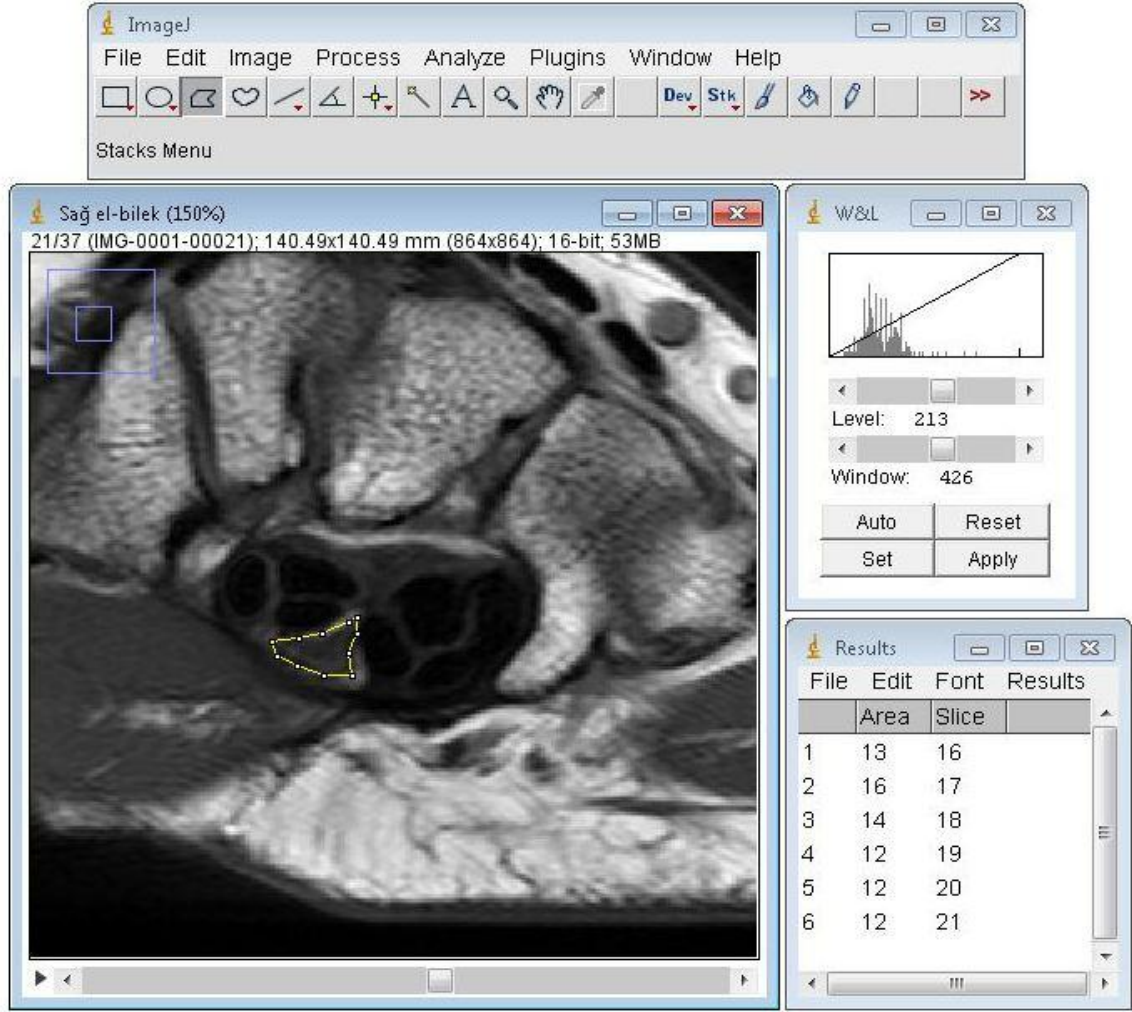
"Analyze>Measure" seçeneği ile her bir kesitteki iz düşüm alanı ölçüldü (Şekil 7, 9).



Şekil 7. Canalis carpi'nin ImageJ programında planimetri ile sınırlarının çizilerek yüzey alanının ölçülmesi

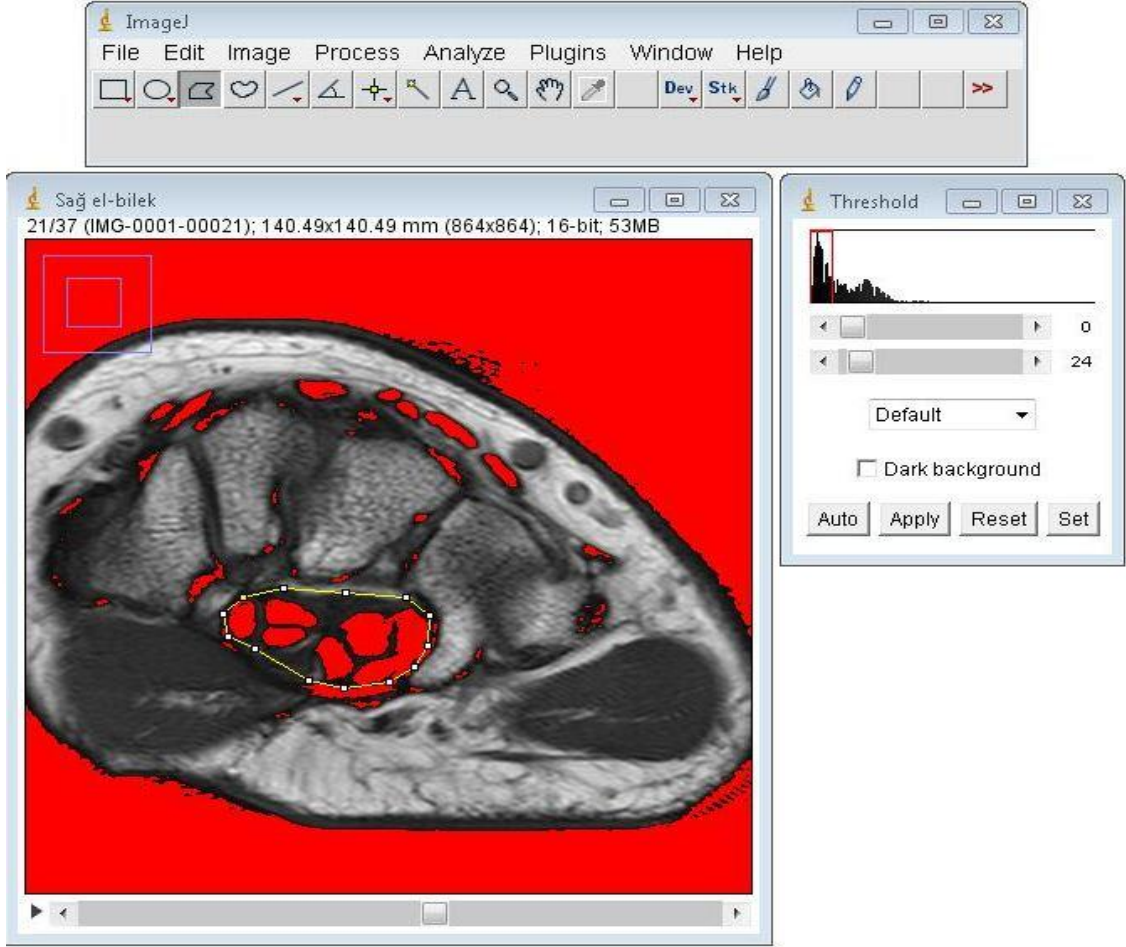


Şekil 8. Canalis carpi'de bulunan n. medianus'un ImageJ programında planimetri ile sınırlarının çizilmesi

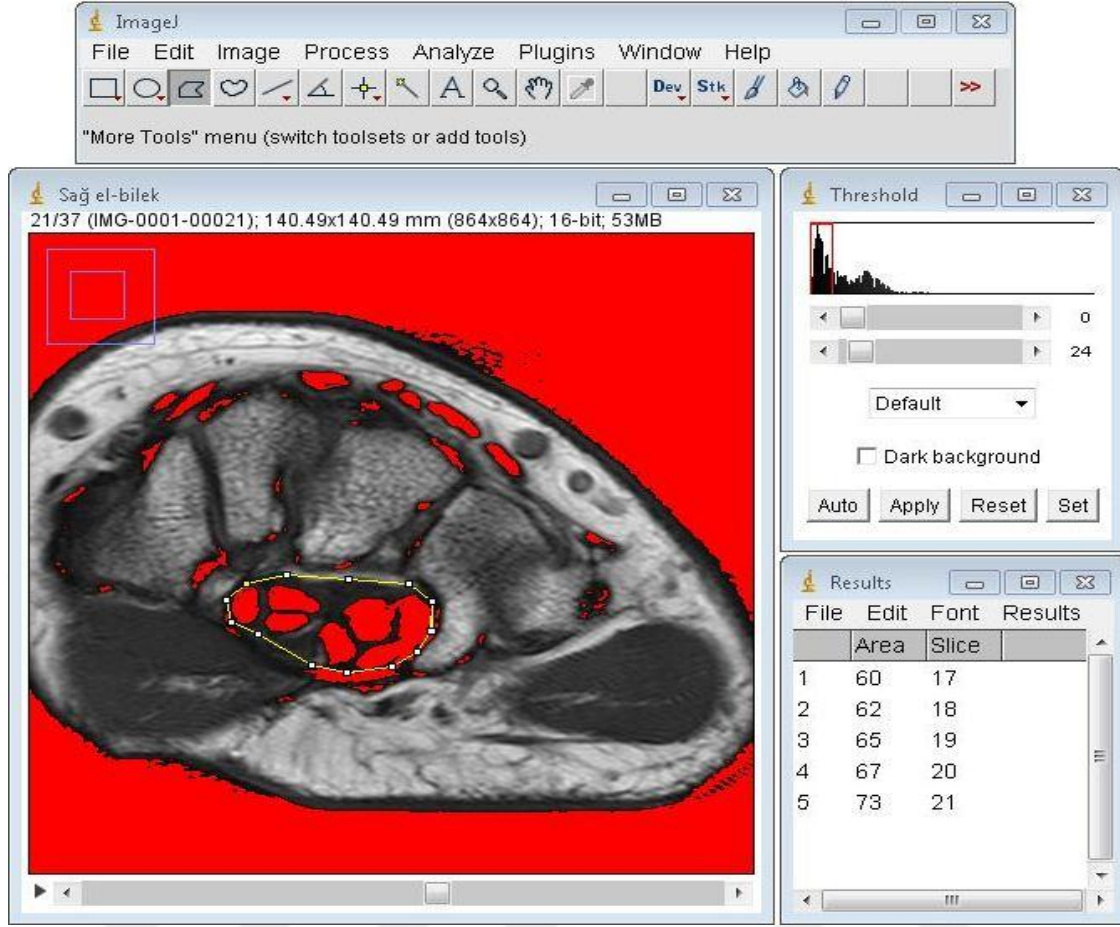


Şekil 9. Canalis carpi’de bulunan n. medianus’un ImageJ programında planimetri ile sınırlarının çizilerek alanının ölçülmesi

Tendonların iz düşüm alanlarını hesaplamak için ise “Image >Adjust>Threshold” sekmesi kullanılarak tendonların tüm kesit yüzeyini kapsayacak bir alan işaretlemesi yapıldı ve “Freehand selection veya Poligon Selection” seçeneği ile bu alanlar çevrelendi (Şekil 10). Sonra programın “Analyze>Measure” komutu ile her bir kesitteki iz düşüm alanı ölçüldü (Şekil 11).



Şekil 10. ImageJ programında canalis carpi'de bulunan fleksör tendonların threshold yöntemi ile işaretlenmesi ve kesit yüzey alanının sınırlandırılması



Şekil 11. ImageJ programında canalis carpi'de bulunan fleksör tendonların threshold yöntemi ile işaretlenmesi ve yüzey alanlarının ölçülmesi

Yarı otomatik planimetri yöntemi kullanılarak her bir el bilek MR kesitinde görülen canalis carpi yüzey alanı, nervus medianus'un yüzey alanı ve tendonların kapladığı yüzey alanı ImageJ programı ile hesaplanıp analiz edildi (Şekil 7, 9, 11). Belirtilen tüm ölçümler çalışmaya başlamadan önce bir hastada 10 kez tekrar edildi. Ölçümler bir kişi (GAG) tarafından yapıldı. Excel'de hazırlanmış şablonlar kullanılarak kesit yüzey alanlarının toplamı ile kesit kalınlıkları çarpılmak suretiyle toplam canalis carpi, tendonlar ve nervus medianus'a ait hacim değerleri cm^3 olarak hesaplandı.

Cavalieri yöntemi olarak tanımlanan bu işlem aşağıdaki formül ile ifade edilebilir.

$$V_{\text{ref}} = \sum a_i \times t \quad (4)$$

V_{ref} , ilgilendiğimiz yapının toplam hacmini; $\sum a_i$, tüm kesitlerdeki yapının izdüşümlerinin toplam yüzey alanını; t ise ortalama kesit veya dilim kalınlığını belirtir.

Nervus medianus'un hacminin, canalis carpi hacmine oranı ise aşağıdaki formül ile hesaplandı.

$$V_{V_{n.medianus}}=(\text{Nervus medianus hacmi}/\text{canalis carpi hacmi}) \times 100 \quad (5)$$

Elde edilen değer yüzde cinsinden nervus medianus'un kanal içindeki oranını ifade etmektedir.

Tendonların hacminin, canalis carpi hacmine oranı ise aşağıdaki formülle hesaplandı.

$$V_{V_{tendon}}=(\text{Tendon hacmi}/\text{canalis carpi hacmi}) \times 100 \quad (6)$$

Elde edilen değer, yüzde cinsinden tendonların kanal hacmi içindeki oranını ifade etmektedir.

Canalis carpi boşluk hacim oranı aşağıdaki formüller ile hesaplandı.

$$\text{Canalis carpi boşluk hacim oranı}=100-(\text{Kanal içeriklerinin hacim oranları})$$

$$\text{Canalis carpi boşluk hacim oranı}=100-[(V_{V_{nervus medianus}})+(V_{V_{tendon}})]$$

$$\text{Canalis carpi boşluk hacim oranı } (V_{V_{ccb}}) =100-[(V_{V_{nm}})+(V_{V_{t}})] \quad (7)$$

3.3. İstatistiksel Analiz

Elde ettiğimiz tüm verilerin, Statistical Package for the Social Sciences (SPSS V.15) İstatistiksel Analiz Programı kullanılarak değerlendirilmesi yapıldı. Tüm bireylerin canalis carpi ve kanal içeriklerinin hacimleri ile fleksör tendon ve n. medianus'un kanala olan hacim oranlarının ortalama değerleri hesaplandı.

Canalis carpi, fleksör tendonlar ve n. medianus gibi yapıların normal dağılışa uygunlukları kontrol edildi normal dağılım gösterdiği için grup karşılaştırılmalarında parametrik istatistik kullanıldı. İkili gruplarda Student *t* Testi, çoklu gruplarda Tek Yönlü ANOVA kullanıldı. İkili karşılaştırma için TUKEY testinden faydalanıldı. Bağımlı grupların karşılaştırılmasında Eşli *t* testi kullanıldı.

İstatistiksel anlamlılık düzeyi ise $P < 0,05$ olarak alındı. Parametrik testlerden, Independent Sample test (Bağımsız gruplar *t*-testi) ile *P* değerinin 0,05'den küçük olması durumunda istatistiksel fark olduğuna karar verildi. Veriler, ortalama±standart sapma ($\bar{X} \pm SS$) şeklinde ifade edildi.

3.4. Hata Katsayısı Hesaplaması

Hata katsayısı %5 veya daha az ise çalışmada kullanılan örnekleme sayısı yeterli olarak kabul edilir (Gundersen ve Jensen, 1987; 1999). Planimetri yönteminde şu formülle hata katsayısı hesaplandı.

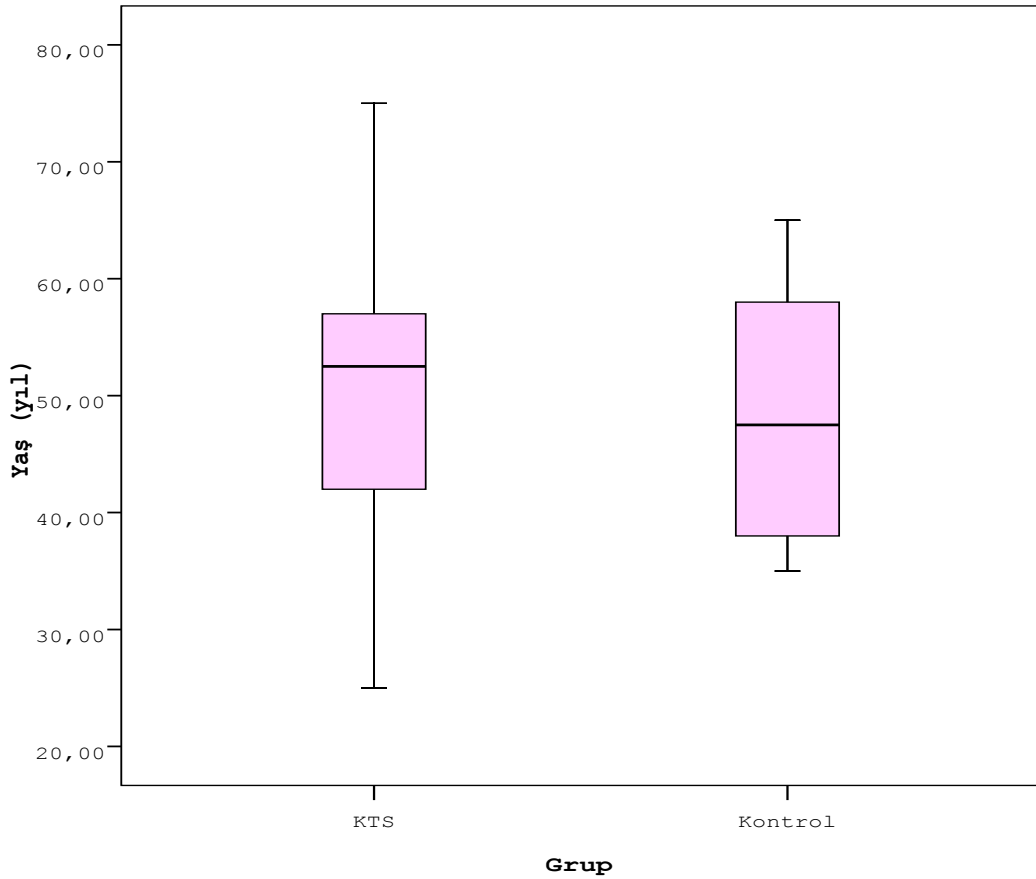
$$CE = \left(\sum_{i=1}^n A_i \right)^{-1} \times \left[\frac{1}{240} \left(3 \sum_{i=1}^n A_i^2 - 4 \sum_{i=1}^{n-1} A_i A_{i+1} + \sum_{i=1}^{n-2} A_i A_{i+2} \right) \right]^{1/2} \quad (8)$$

Bu formül ardışık kesit iz düşüm alanlarının değerlendirilmesine izin verir (Mazonakis ve ark. 2002).



4. BULGULAR

Çalışmamızda EMG sonucuna göre KTS tanısı almış 30 kadın ve kontrol grubu olarak KTS olmayan 16 sağlıklı kadın gönüllü olmak üzere toplam 46 bireye ait görüntü kullanılmıştır. KTS'li olan 20 kadın hastanın bilateral KTS (%66,6), diğer kadın hastaların ise 3'nün sol (%10), 7'sinin sağ (%23,4) unilateral KTS olduğu belirlendi. KTS'li bireylerin %86,7'si, kontrol grubunun ise %87,5'i sağ ellerini kullanıyordu. Hasta grubunun yaş ortalaması $51,07 \pm 11,90$ yıl (minimum 25, maximum 75), kontrol grubunun yaş ortalaması $48,56 \pm 10,09$ yıl (minimum 35, maximum 65) olduğu tespit edildi. Hasta ve kontrol gruplarında yaş ortalamaları arasında istatistiksel olarak bir fark gözlenmedi ($p > 0,05$; Şekil 12).



Şekil 12. Hasta ve kontrol grubunun yaş ortalamaları

4.1. Ortalama Toplam Hacim Sonuçları

Hasta ve kontrol grubunda bulunan el bilek verileri sağ ve sol farkı gözetmeksizin KTS'li grupta toplam 50, kontrol grubunda 30 MR görüntü verileri değerlendirildi.

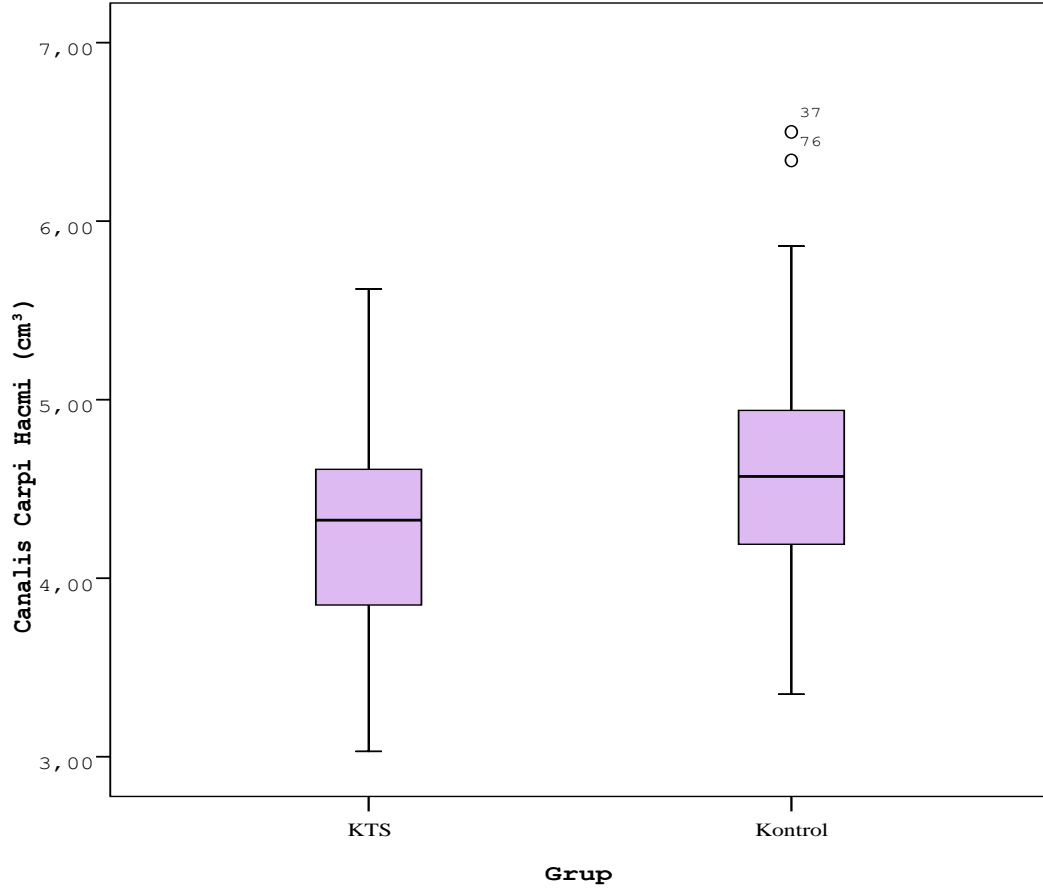
Hasta grubunda ortalama toplam canalis carpi hacmi küçük ve ortalama toplam n. medianus hacmi büyük olarak gözlemlendi ($P<0,05$) (Şekil 13,15). Ölçülen hacim değerleri ve istatistiksel karşılaştırılması Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. KTS'li hastalar ve kontrol grubunun ortalama hacim değerleri ve istatistiksel olarak karşılaştırılması

	Gruplar	N	%	Ortalama Toplam Hacim (cm ³ ±SS)	P
Canalis carpi	KTS	50	%100	4,26±0,57	0,008
	Kontrol	30	%100	4,66±0,73	
Tendon	KTS	50	%100	1,90±0,33	0,646
	Kontrol	30	%100	1,87±0,31	
N. medianus	KTS	50	%100	0,41±0,07	0,001
	Kontrol	30	%100	0,32±0,07	

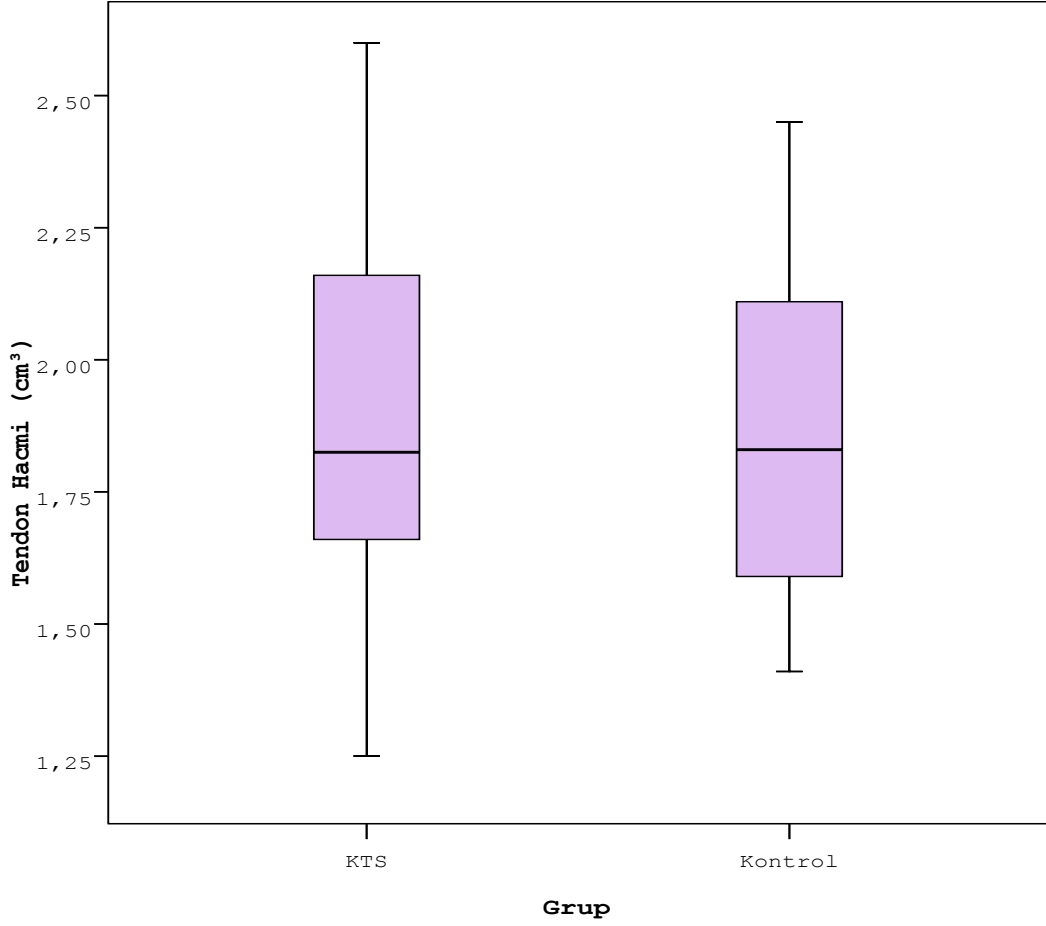
Hasta ve kontrol grubunda ortalama toplam tendon hacmi arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görüldü ($P>0,05$).

Ortalama toplam canalis carpi hacmi KTS'li grupta (n:50) $4,26 \pm 0,57 \text{ cm}^3$ iken; kontrol grubunda (n:30) $4,66 \pm 0,73 \text{ cm}^3$ olarak hesaplandı. Hasta grubunun ortalama toplam canalis carpi hacminin, kontrol grubuna göre istatistiksel olarak küçük olduğu görüldü ($P < 0,05$), (Tablo 3; Şekil 13).



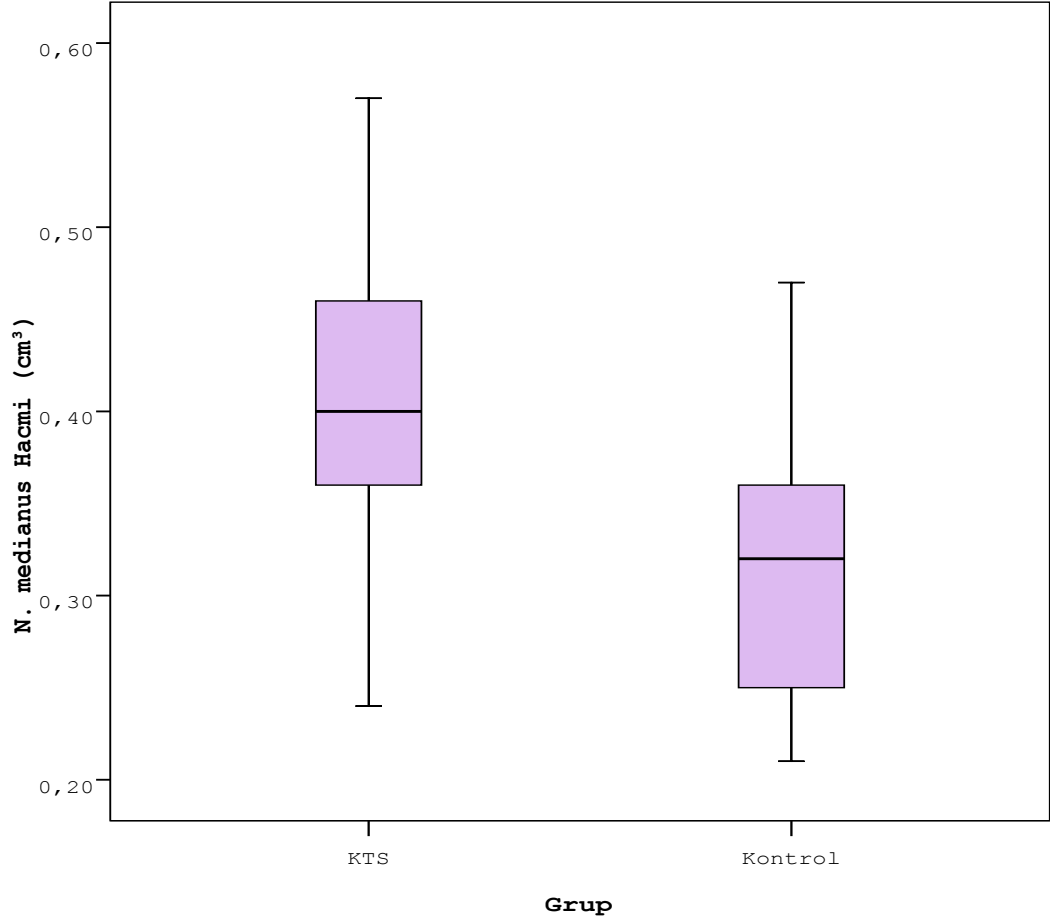
Şekil 13. Hasta ve kontrol grubunun ortalama canalis carpi hacmi

Ortalama toplam tendon hacmi ise, hasta grubunda $1,90 \pm 0,3 \text{ cm}^3$ iken; kontrol grubunda $1,87 \pm 0,31 \text{ cm}^3$ hesaplandı. Gruplar arasında ortalama toplam tendon hacimleri açısından istatistiksel olarak bir fark saptanmadı ($P > 0,05$), (Tablo 3; Şekil 14).



Şekil 14. Hasta ve kontrol grubunun ortalama tendon hacmi

Ortalama toplam nervus medianus hacmi, KTS'li grupta $0,41 \pm 0,07 \text{ cm}^3$ olarak ölçülürken kontrol grubunda ise $0,32 \pm 0,07 \text{ cm}^3$ olarak ölçüldü (Tablo 3; Şekil 15). Hasta grubunun ortalama n. medianus hacminin, kontrol grubuna göre istatistiksel olarak büyük olduğu saptandı ($P < 0,05$).



Şekil 15. Hasta ve kontrol grubunun ortalama nervus medianus hacmi

4.2. Ortalama Toplam Hacim Oran Sonuçları

Hasta ve kontrol grubunda bulunan el bilek verileri sağ ve sol yön farkı gözetmeksizin ortalama toplam hacim oranları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde ölçülen hacim değerleri ve istatistiksel karşılaştırılması Tablo 4'te verilmiştir.

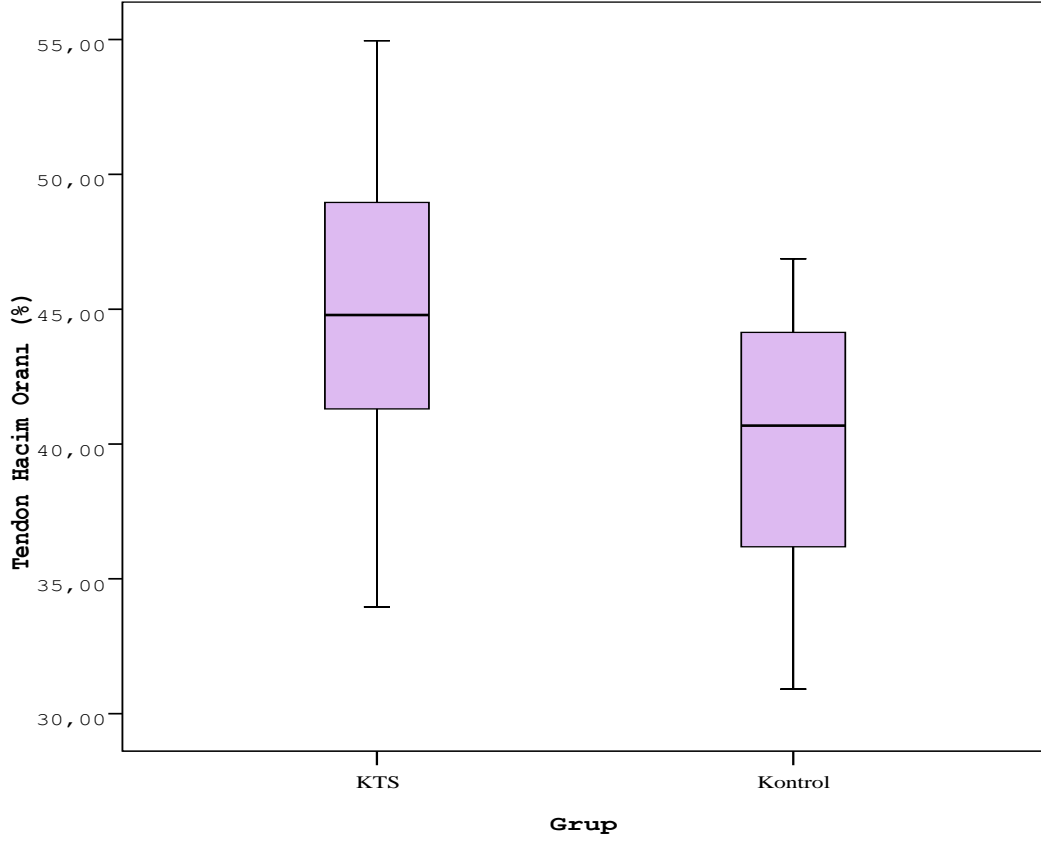
Tablo 4. Hasta ve kontrol grubunda ölçülen hacim oranları ve istatistiksel olarak karşılaştırılması

	Gruplar	N	%	Ortalama Toplam Hacim Oranı (%)	P
Tendon	KTS	50	%100	44,74±5,50	0,001
	Kontrol	30	%100	40,24±4,58	
N. medianus	KTS	50	%100	9,64±1,47	0,001
	Kontrol	30	%100	6,75±0,91	
Canalis carpi boşluk*	KTS	50	%100	45,62±6,01	0,001
	Kontrol	30	%100	53,02±4,51	

* **Canalis carpi boşluk hacim oranı** $(VV_{ccb})=100-[(VV_{nm})+(VV_t)]$

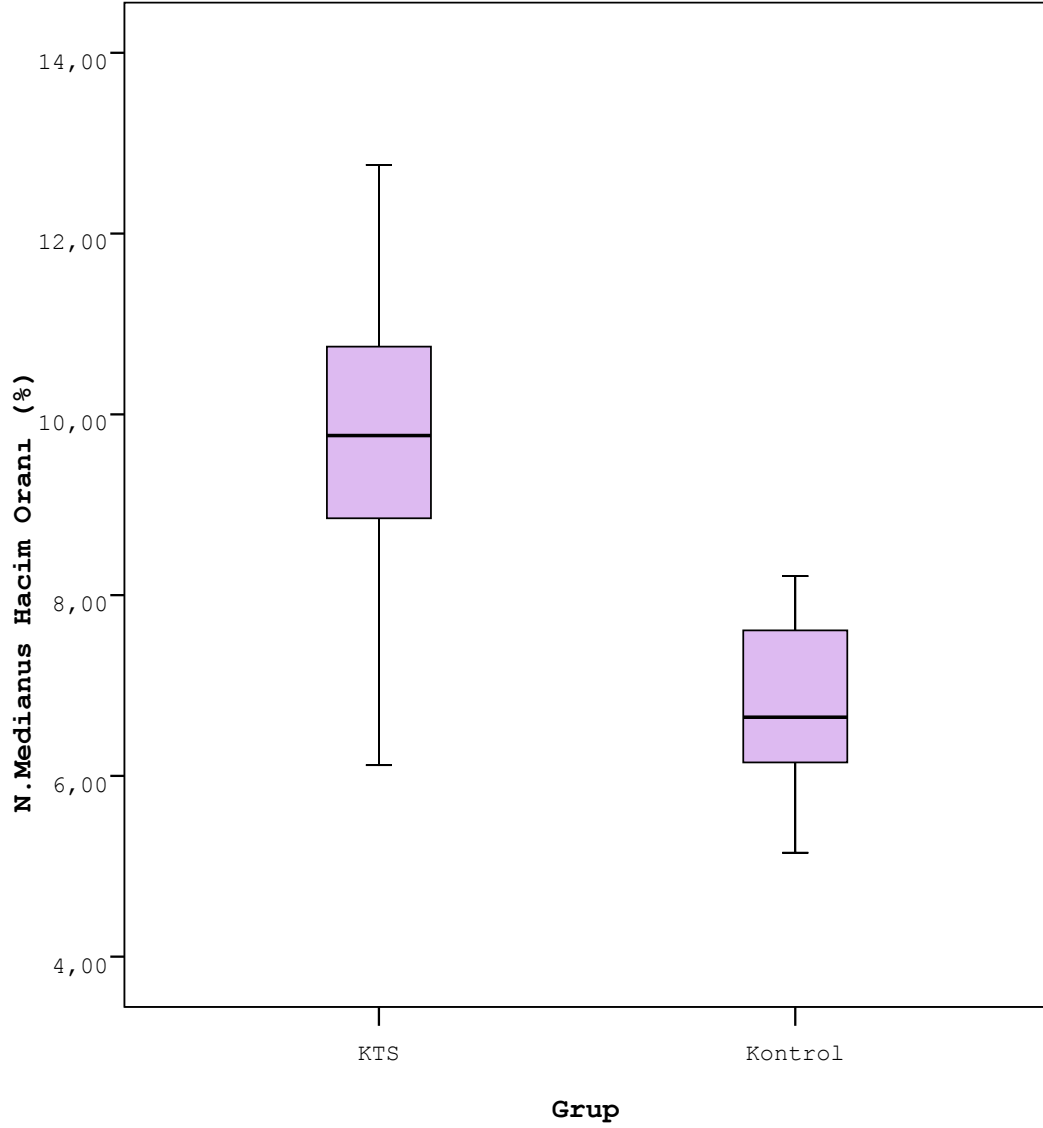
Kontrol grubu ile KTS'li grup arasında ortalama toplam tendon hacim oranı, ortalama toplam nervus medianus hacim oranı ve ortalama toplam canalis carpi boşluk hacim oranı arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($P<0,05$), (Şekil 16-18).

Ortalama toplam tendon hacim oranı, hasta grubunda $44,74 \pm 5,50$ iken; kontrol grubunda $40,24 \pm 4,58$ olarak hesaplandı (Tablo 4; Şekil 16). Hasta grubunun ortalama tendon hacim oranının, kontrol grubuna göre istatistiksel olarak daha büyük olduğu belirlendi ($P < 0,05$), (Tablo 4; Şekil 16).



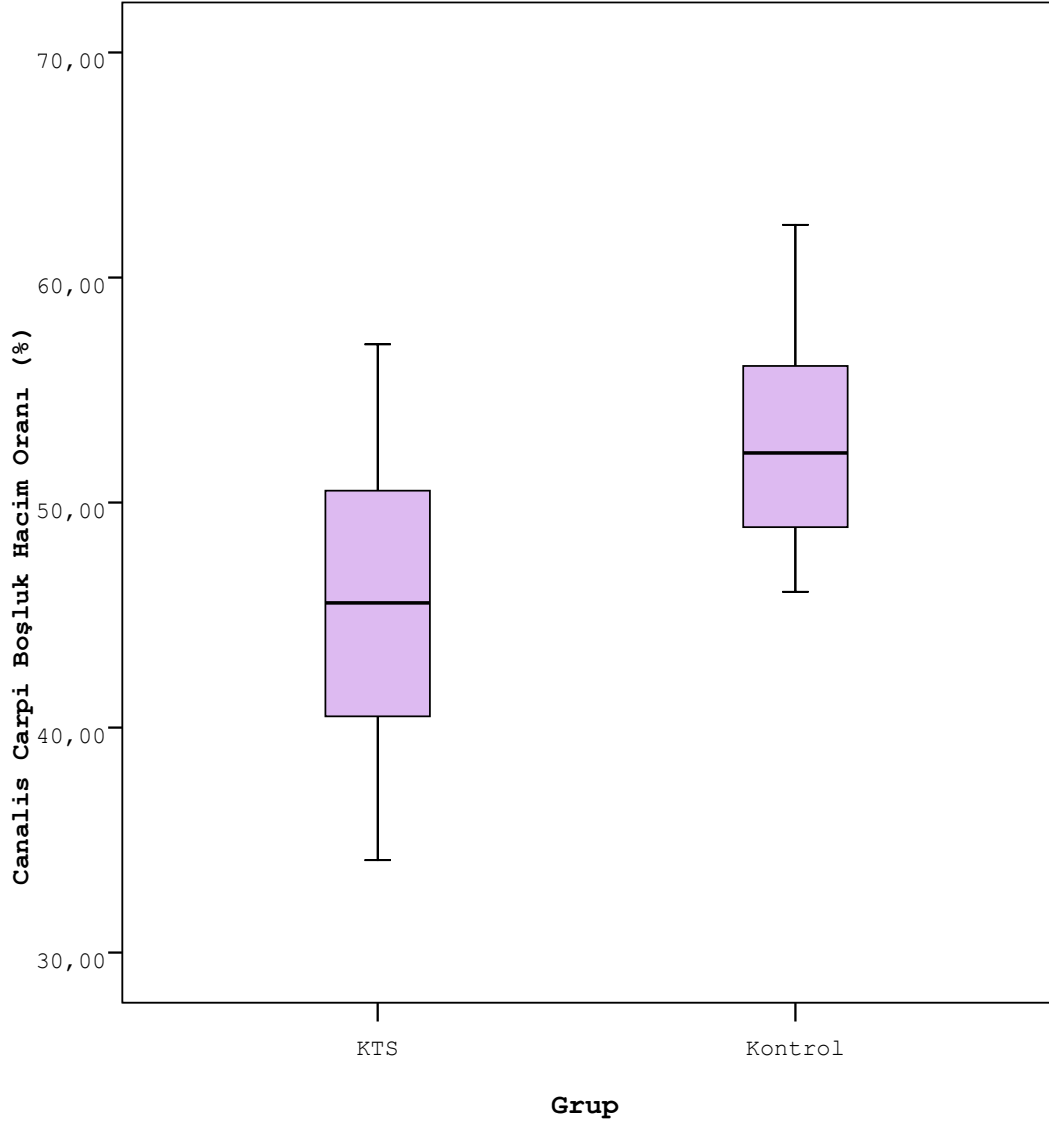
Şekil 16. Hasta ve kontrol grubunun ortalama tendon hacim oranı

Ortalama toplam nervus medianus hacim oranı ise, hasta grubunda $9,64 \pm 1,47$ iken; kontrol grubunda $6,75 \pm 0,91$ olarak hesaplandı (Tablo 4; Şekil 17). Hasta grubunun ortalama n. medianus hacim oranının, kontrol grubuna göre istatistiksel olarak oldukça büyük olduğu belirlendi ($P < 0,05$).



Şekil 17. Hasta ve kontrol grubunun ortalama nervus medianus hacim oranı

Ortalama toplam canalis carpi boşluk hacim oranına baktığımızda ise hasta grubunda $45,62 \pm 6,01$ iken; kontrol grubunda $53,02 \pm 4,51$ olarak hesaplandı (Tablo 4; Şekil 18). Hasta grubunun ortalama canalis carpi boşluk hacim oranının, kontrol grubuna göre istatistiksel olarak oldukça küçük olduğu saptandı ($P < 0,05$).



Şekil 18. Hasta ve kontrol grubunun ortalama canalis carpi boşluk hacim oranı

4.3. KTS Şiddetinin Dağılımı

KTS olan hastaların KTS şiddetleri, EMG sonuçlarına göre; hafif KTS, orta KTS ve ağır KTS olarak belirtilmiştir. Kontrol grubunda KTS olmayan bireyler olduğu için bu grupta yer alan 30 el bilek hacim ve hacim oranı verileri için KTS şiddeti 'KTS yok' olarak ifade edilmiştir.

KTS şiddetini gösteren; KTS yok, hafif KTS, orta KTS ve ağır KTS'nin sayı ve % ifadeleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Hasta ve kontrol grubundaki KTS şiddetlerinin dağılımı

Gruplar	KTS Şiddeti	n/(%)	Total n/(%)
Kontrol	KTS yok	30/100	30/37,5
	Hafif	21/42	21/26,25
KTS	Orta	24/48	23/28,75
	Ağır	5/10	5/6,25
Total n/(%)		80/100	80/100

Hasta grubunda KTS şiddetinin (hafif KTS, orta KTS, ağır KTS) dağılımına baktığımızda; 21 tane hafif KTS'li (%42), 24 tane orta KTS'li (%48) ve 5 tane de ağır KTS'li (%10) el bileğin olduğu saptandı. Geri kalan 10 (3 sol, 7 sağ) el bileğin ise sağlıklı olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubu, el bileği sağlıklı olan 16 kişiden oluşturulduğu için; 30 el bilek KTS yok (%100) olarak tespit edildi.

4.3.1 KTS Şiddetlerine Göre Hacim Değerleri ve Karşılaştırılması

KTS şiddetleri arasında ortalama canalis carpi ve ortalama tendon hacminde değişiklik gözlenmezken ($P>0,05$); ortalama canalis carpi ve n.medianus hacminde KTS şiddeti için oldukça anlamlı bir fark olduğu gözlemlendi ($P<0,05$). Görülen bu farkın KTS şiddetleri arasındaki anlamlılığını değerlendirmek için ise tek yönlü ANOVA ve TUKEY testi kullanıldı.

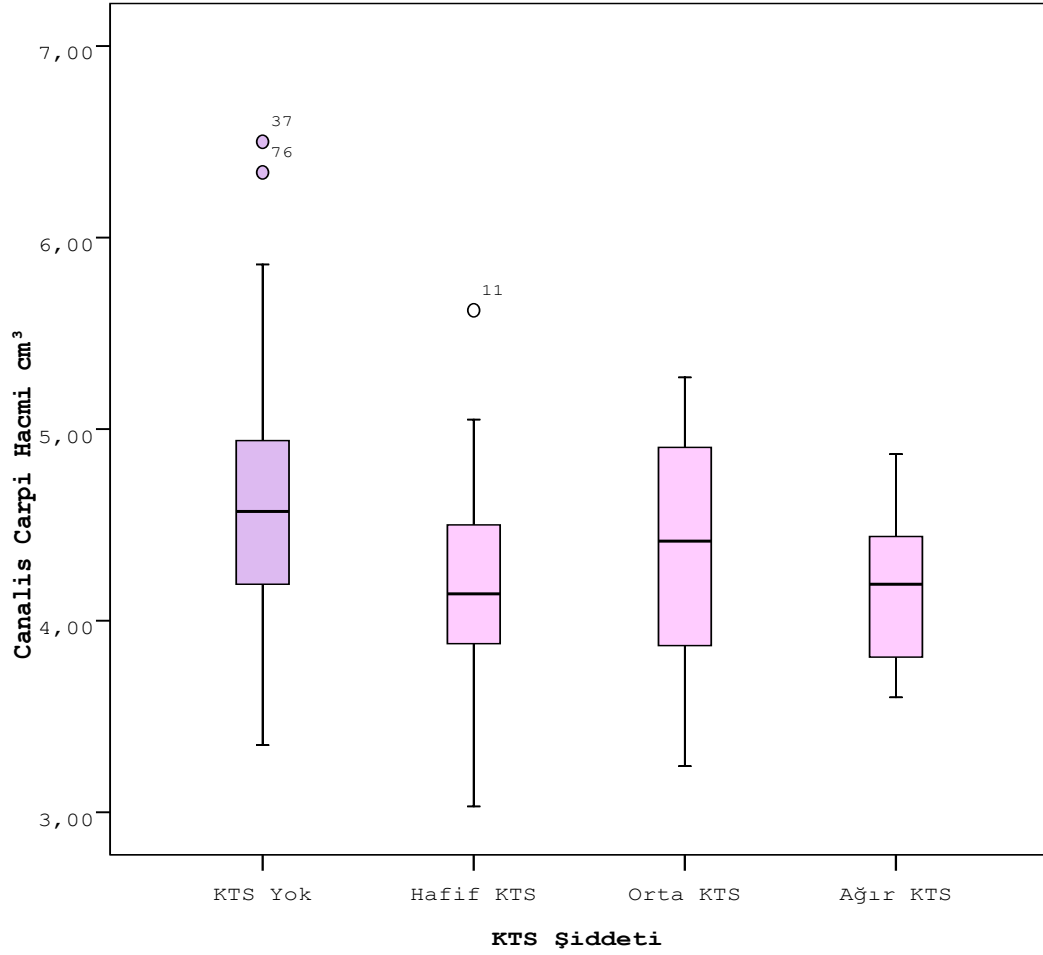
KTS yok, hafif KTS, orta KTS ve ağır KTS olan bireylerin hacim değerleri elde edilerek istatistiksel olarak değerlendirildi (Tablo 6-8).

Tablo 6. KTS şiddetlerine göre canalis carpi hacim değerleri ve istatistiksel olarak karşılaştırılması

	KTS Şiddeti	N	Ortalama Hacim X±SS (cm ³)	Şiddet Farklılıkları	P
Canalis carpi	KTS yok	30	4,66±0,73	a	0,047*
	Hafif KTS	21	4,17±0,61	ab	
	Orta KTS	24	4,35±0,56	b	
	Ağır KTS	5	4,18±0,50	b	
	P		KTS yok-Hafif KTS	0,044*	
	Total	80	4,41±0,66		

* Aynı harfleri taşıyan gruplar istatistiksel olarak önemli farklılık göstermezken, farklı harfi taşıyan KTS şiddetleri önemli derecede farklıdır.

KTS şiddetlerine göre ortalama canalis carpi hacim değerlerine bakıldığında, KTS olmayan ve hafif KTS şiddeti arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görüldü ($P < 0,05$; Şekil 19). P değerleri Tablo 6'da verilmiştir.

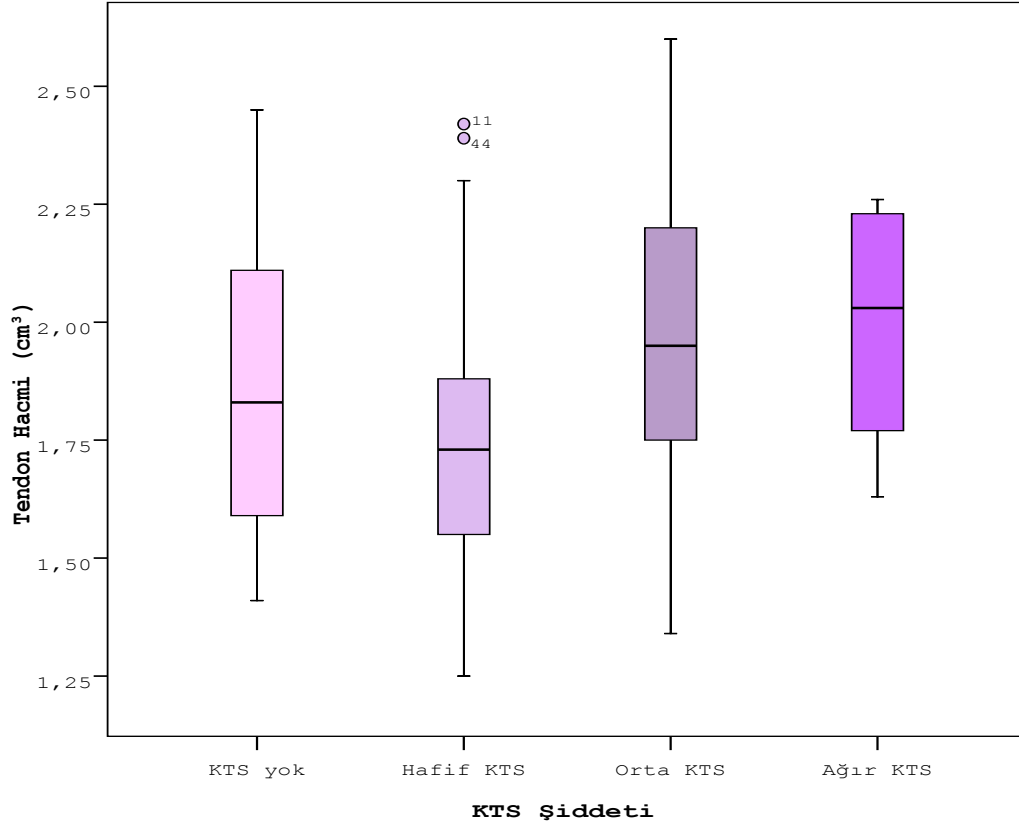


Şekil 19. KTS şiddetleri arasında ortalama canalis carpi hacmi

Tablo 7. KTS şiddetlerine göre tendon hacim değerleri ve istatistiksel olarak karşılaştırılması

	KTS Şiddeti	N	Ortalama Hacim X±SS (cm ³)	Şiddet Farklılıkları	P
Tendon	KTS yok	30	1,87±0,31	a	0,169
	Hafif KTS	21	1,79±0,31	a	
	Orta KTS	24	1,99±0,33	a	
	Ağır KTS	5	1,98±0,28	a	
	Total	80	1,89±0,32		

KTS şiddetleri arasında ortalama tendon hacim değerlerinin istatistiksel olarak farklı olmadığı görüldü ($P>0,05$; Şekil 20). P değeri Tablo 7’de verilmiştir.



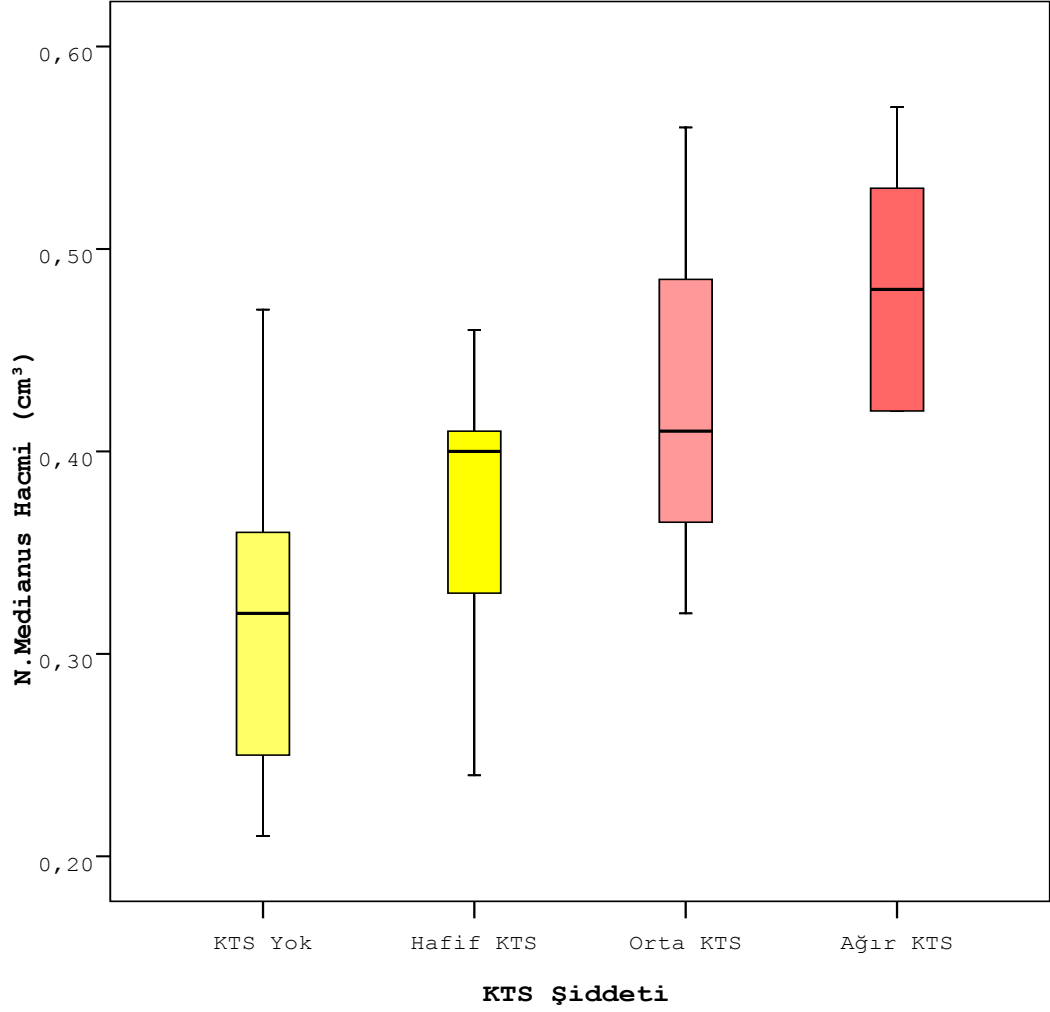
Şekil 20. KTS şiddetleri arasındaki ortalama tendon hacmi

Tablo 8. KTS şiddetleri arasında nervus medianus hacim değerleri ve istatistiksel olarak karşılaştırılması

	KTS Şiddeti	N	Ortalama Hacim X±SS (cm³)	Şiddet Farklılıkları	P
N.	KTS yok	30	0,32±0,07	a	0,001
	Hafif KTS	21	0,37±0,06	b	
	Orta KTS	24	0,42±0,07	bc	
	Ağır KTS	5	0,48±0,07	c	
Medianus			KTS yok-Hafif KTS	0,024*	
			KTS yok-Orta KTS	0,000*	
			KTS yok-Ağır KTS	0,000*	
			Hafif KTS-Ağır KTS	0,007*	
	Total	80	0,37±0,09		

* Aynı harfleri taşıyan gruplar istatistiksel olarak önemli farklılık göstermezken, farklı harfi taşıyan KTS şiddetleri önemli derecede farklıdır.

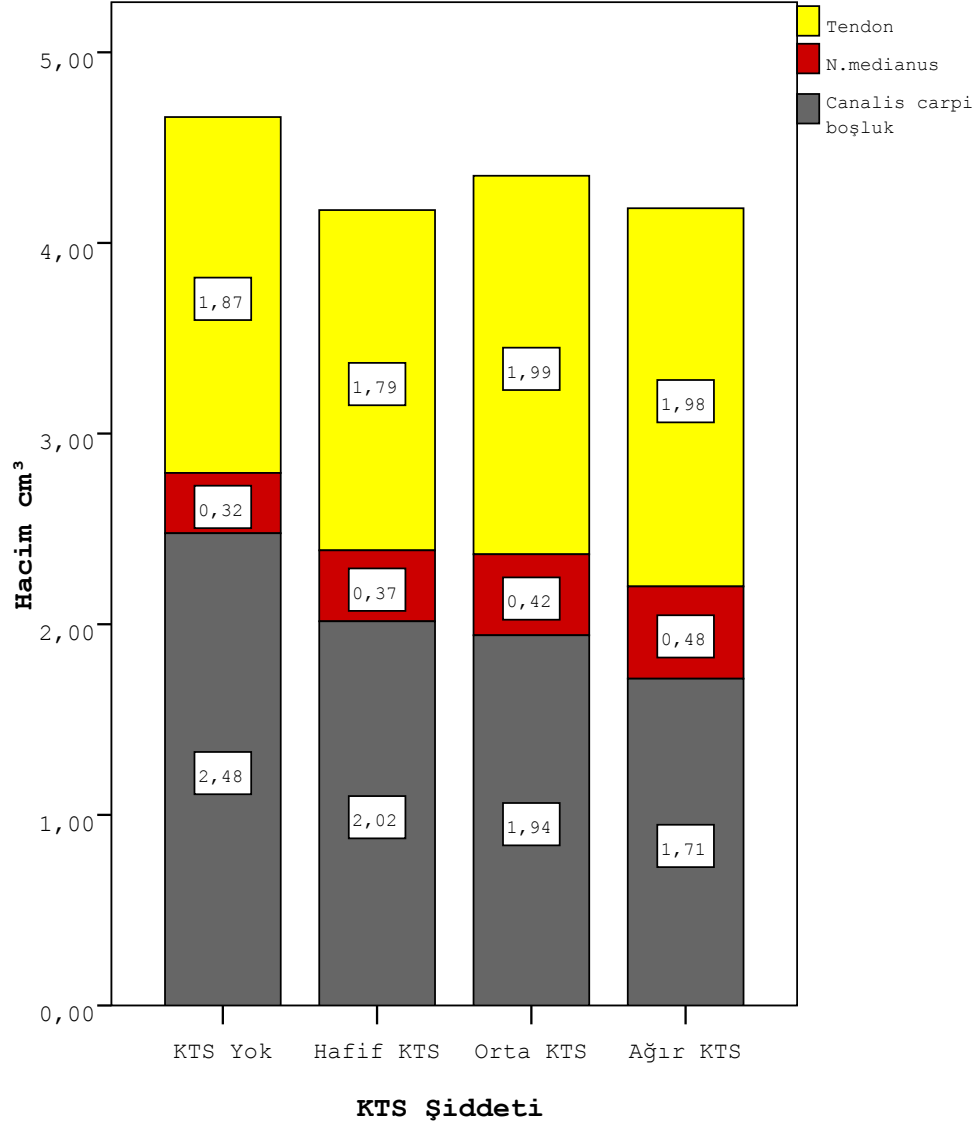
KTS olmayan bireylerin ortalama nervus medianus hacminin diğerk KTS şiddetlerinden istatistiksel olarak önemli derecede farklı olduğu görülmüştür ($P<0,05$). Ayrıca hafif KTS ve ağır KTS arasında da ($p=0,007$) önemli derecede farklılık gözlenmiştir ($P<0,05$; Şekil 21). P değerleri Tablo 8’de verilmiştir.



Şekil 21. KTS şiddetleri arasında ortalama nervus medianus hacmi

4.3.2 KTS Şiddetlerine Göre Hacim Oranları ve Karşılaştırılması

KTS şiddetlerine göre hacim oranlarını karşılaştırdığımızda, KTS şiddetleri arasındaki nervus medianus, tendon ve canalis carpi boşluk hacim oranlarının istatistiksel olarak önemli derecede farklı olduğu görüldü ($P < 0,05$; Şekil 22).



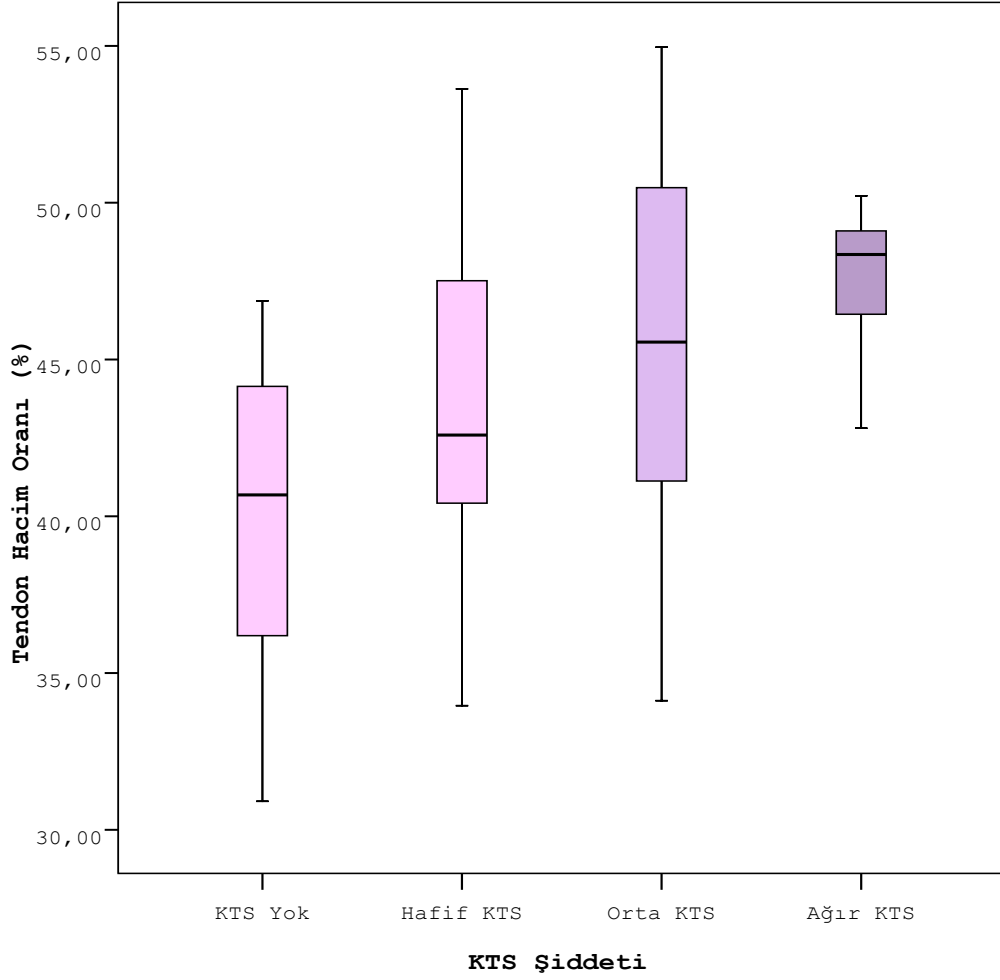
Şekil 22. KTS şiddetleri arasındaki nervus medianus, tendon ve canalis carpi hacim oranları

Tablo 9. KTS şiddetleri arasında ortalama tendon hacim oranları ve istatistiksel olarak karşılaştırılması

	KTS Şiddeti	N	Ortalama Hacim Oranı (%)	Şiddet Farklılıkları	P
Tendon	KTS yok	30	40,24±4,58	a	0,001
	Hafif KTS	21	42,95±5,23	ab	
	Orta KTS	24	45,74±5,80	bc	
	Ağır KTS	5	47,38±2,90	c	
	P		KTS yok-Orta KTS	0,001*	
			KTS yok-Ağır KTS	0,024*	
	Total	80	43,05±5,59		

* Aynı harfleri taşıyan gruplar istatistiksel olarak önemli farklılık göstermezken, farklı harfi taşıyan KTS şiddetleri önemli derecede farklıdır.

KTS olmayan bireylerin ortalama tendon hacim oranlarının, orta ve ağır KTS şiddetlerinden istatistiksel olarak önemli derecede farklı olduğu görüldü ($P < 0,05$; Şekil 23). P değerleri Tablo 9’da verilmiştir.



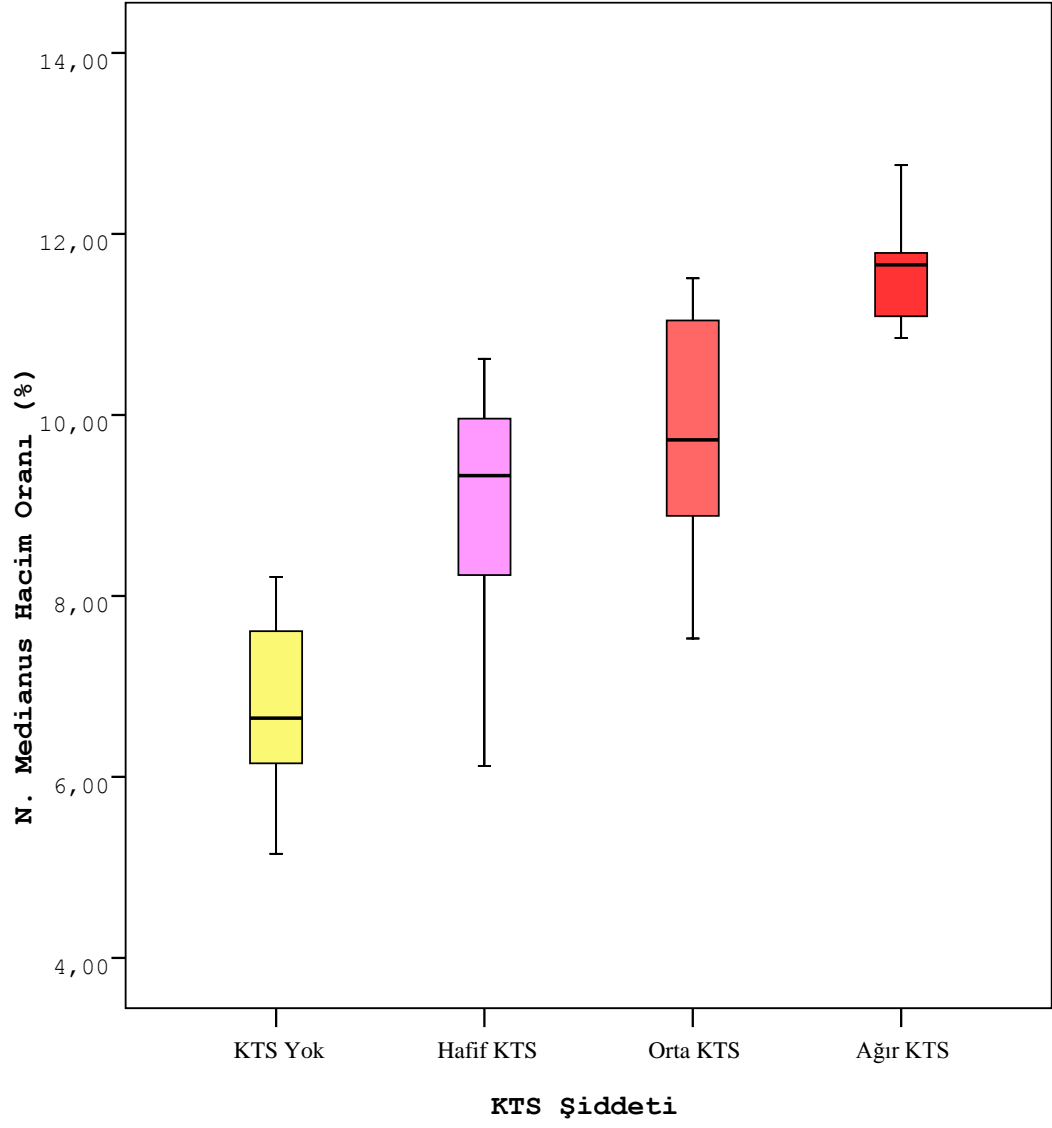
Şekil 23. KTS şiddetleri arasında ortalama tendon hacim oranı

KTS olmayan bireylerin ortalama nervus medianus hacim oranlarının, diğer KTS şiddetlerinden istatistiksel olarak önemli derecede farklı olduğu görülmüştür ($P<0,05$). Orta ve ağır KTS şiddeti arasında da ($p=0,009$) önemli derecede farklılık olduğu gözlenmiştir ($P<0,05$; Şekil 24). P değerleri Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. KTS şiddetleri arasında ortalama nervus medianus hacim oranları ve istatistiksel olarak karşılaştırılması

KTS Şiddeti	N	Ortalama Hacim Oranı (%)	Şiddet Farklılıkları	P
KTS yok	30	6,75±0,91	a	0,001
Hafif KTS	21	8,99±1,33	b	
Orta KTS	24	9,80±1,29	b	
Ağır KTS	5	11,63±0,74	c	
N. medianus				
		KTS yok-Hafif KTS	0,000*	
		KTS yok-Orta KTS	0,000*	
		KTS yok-Ağır KTS	0,000*	
		Orta KTS-Ağır KTS	0,009*	
Total	80	8,56±1,90		

* Aynı harfleri taşıyan gruplar istatistiksel olarak önemli farklılık göstermezken, farklı harfi taşıyan KTS şiddetleri önemli derecede farklıdır.



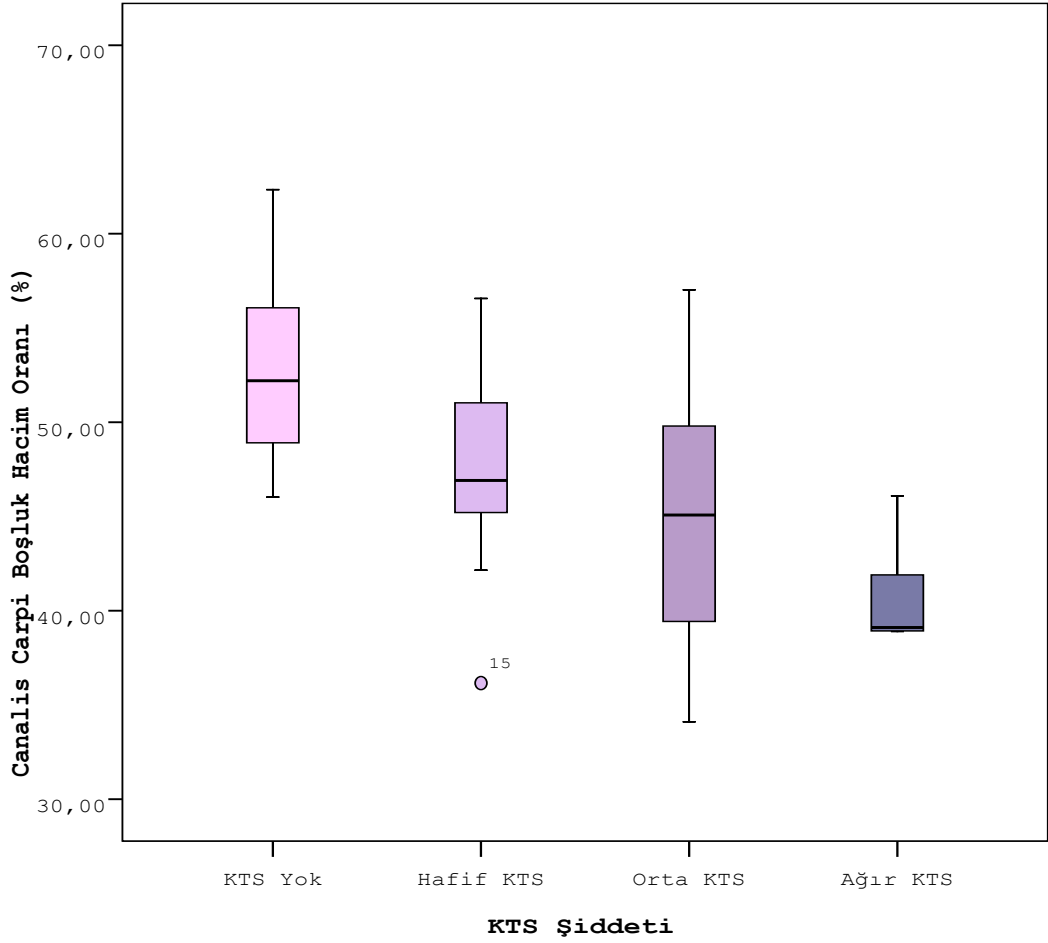
Şekil 24. KTS şiddetleri arasında ortalama toplam nervus medianus hacim oranı

KTS olmayan bireylerin ortalama canalis carpi boşluk hacim oranlarının, diğer KTS şiddetlerinden istatistiksel olarak önemli derecede farklı olduğu görülmüştür ($P<0,05$). Hafif ve ağır KTS şiddeti arasında da ($p=0,041$) önemli derecede farklılık olduğu gözlemlendi ($P<0,05$; Şekil 25). P değerleri Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. KTS şiddetleri arasında ortalama canalis carpi boşluk hacim oranları ve istatistiksel olarak karşılaştırılması

	KTS Şiddeti	N	Ortalama Hacim Oranı(%)	Şiddet Farklılıkları	P
Canalis carpi boşluk	KTS yok	30	53,02±4,51	a	0,001
	Hafif KTS	21	48,05±5,25	ab	
	Orta KTS	24	44,46±6,31	bc	
	Ağır KTS	5	40,99±3,13	c	
			KTS yok-Hafif KTS	0,007*	
			KTS yok-Orta KTS	0,000*	
			KTS yok-Ağır KTS	0,000*	
			Hafif KTS-Ağır KTS	0,041*	
	Total	80	48,39±6,55		

* Aynı harfleri taşıyan gruplar istatistiksel olarak önemli farklılık göstermezken, farklı harfi taşıyan KTS şiddetleri önemli derecede farklıdır.



Şekil 25. KTS şiddetleri arasında ortalama canalis carpi boşluk hacim oranları

4.4. Sağ ve Sol El Bilek Hacim Sonuçları

4.4.1. KTS Olan Bireylerde Sağ ve Sol El Bilek Hacim Sonuçları

KTS olan bireylerde sağ ve sol el bilek hacim sonuçlarının değerlendirilebilmesi için bilateral KTS (n: 20) hacim verileri kullanıldı.

Canalis carpi'nin sağ ortalama hacim değeri $4,48 \pm 0,44 \text{ cm}^3$ olarak ölçülürken, sol ortalama hacim değeri $4,18 \pm 0,54 \text{ cm}^3$ olarak hesaplanmıştır. Nervus medianus'un sağ ortalama hacim değeri $0,44 \pm 0,07 \text{ cm}^3$ olarak ölçülürken, sol ortalama hacim değeri $0,39 \pm 0,08 \text{ cm}^3$ olarak hesaplanmıştır.

KTS'de canalis carpi ve nervus medianus'un ortalama hacimlerinin sağ ve sol el bilekleri arasında istatistiksel olarak oldukça farklı olduğu saptandı ($P < 0,05$). KTS'nin sağ ve sol el bilek hacim değerleri Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. KTS hastalarında sağ ve sol ortalama hacim değerleri ve istatistiksel olarak karşılaştırılması

KTS	Yön	N	Ortalama Hacim X±SS (cm ³)	P
Canalis carpi	Sağ	20	4,48±0,44	0,007
	Sol	20	4,18±0,54	
Tendon	Sağ	20	1,98±0,33	0,118
	Sol	20	1,87±0,34	
N. medianus	Sağ	20	0,44±0,07	0,028
	Sol	20	0,39±0,08	

4.4.2. KTS Olan Bireylerde Sağ ve Sol El Bilek Hacim Oran Sonuçları

KTS’de tendon, nervus medianus ve canalis carpi boşluk hacim oranlarının sağ ve sol el bilekleri arasında istatistiksel olarak fark olmadığı görüldü ($P>0,05$). KTS’nin sağ ve sol el bilek hacim oranları ve P değerleri Tablo 13’te verilmiştir.

Tablo 13. KTS hastalarında sağ ve sol el bilek hacim oran değerleri ve istatistiksel olarak karşılaştırılması

KTS	Yön	N	Ortalama Hacim Oranı (%)	P
Tendon	Sağ	20	44,18±5,40	0,580
	Sol	20	44,82±5,41	
N. medianus	Sağ	20	9,90±1,45	0,188
	Sol	20	9,32±1,57	
Canalis carpi boşluk	Sağ	20	45,91±5,94	0,972
	Sol	20	45,86±5,74	

4.4.3. Sağlıklı Bireylerde Sağ ve Sol El Bilek Hacim İle Hacim Oran Sonuçları

Kontrol grubundaki bireylerin sağ ve sol el bilek hacim sonuçlarının değerlendirilebilmesi için sağ ve sol el MR görüntüsü olan sağlıklı bireylerin (n: 14) hacim verileri kullanıldı.

Sağlıklı bireylerde canalis carpi, tendon ve nervus medianus’un ortalama hacimlerinin sağ ve sol el bilekleri arasında istatistiksel olarak farklı olmadığı saptandı ($P>0,05$). Sağlıklı bireylerin sağ ve sol el bilek hacim ve P değerleri Tablo 14’te verilmiştir.

Tablo 14. Kontrol grubunda sağ ve sol el bilek hacim değerleri ve istatistiksel olarak karşılaştırılması

Kontrol	Yön	N	Ortalama Hacim X±SS (cm ³)	P
Canalis carpi	Sağ	14	4,76±0,73	0,234
	Sol	14	4,68±0,69	
Tendon	Sağ	14	1,96±0,26	0,195
	Sol	14	1,88±0,31	
N. medianus	Sağ	14	0,33±0,08	0,088
	Sol	14	0,31±0,07	

Sağlıklı bireylerde ortalama tendon, nervus medianus ve canalis carpi boşluk hacim oranlarının sağ ve sol el bilekleri arasında istatistiksel olarak farklı olmadığı saptandı (P>0,05). Sağlıklı bireylerin sağ ve sol el bilek hacim oranları ve P değerleri Tablo 15’te verilmiştir.

Tablo 15. Kontrol grubunda sağ ve sol hacim değerleri ve istatistiksel olarak karşılaştırılması

Kontrol	Yön	N	Ortalama Hacim Oranı (%)	P
Tendon	Sağ	14	41,54±5,16	0,368
	Sol	14	40,26±5,18	
N. medianus	Sağ	14	6,93±0,95	0,143
	Sol	14	6,54±0,93	
Canalis carpi boşluk	Sağ	14	51,53±5,25	0,244
	Sol	14	53,20±4,91	

5. TARTIŞMA

Patolojik olan veya olmayan değişikliklere bağlı olarak canalis carpi içinde veya dışında oluşan bası nedeni ile retinaculum flexorum'un altında seyreden n. medianus sıkışır. Böylelikle karpal tünel sendromu gelişir. Bu alışmada KTS'li ve sağlıklı olan kadınlara ait el bilek MR görüntüleri, stereolojik metotlardan Cavalieri prensibi ile hesaplandı. KTS'li ve sağlıklı olan bireyler arasındaki canalis carpi, nervus medianus ve tendonlardaki hacimlerin ve canalis carpi içeriklerinin kanala olan hacim oranlarının artması ve eksilmesi ile KTS arasındaki ilişki araştırıldı.

KTS'li olan 20 kadın hastanın bilateral KTS (%66,6), diğer kadın hastaların ise 3'ünün sol (%10), 7'sinin sağ (%23,4) unilateral KTS olduğu belirlendi. KTS'li bireylerin %86,7'si, kontrol grubunun ise %87,5'i sağ ellerini kullanıyordu. Çalışmamıza dahil edilen hasta grubunun yaş ortalaması 51,07±11,90 yıl, kontrol grubunun yaş ortalaması 48,56±10,09 yıl olduğu tespit edildi. Hasta ve kontrol gruplarında yaş ortalamaları arasında istatistiksel olarak bir fark gözlenmedi ($p>0,05$). 2014 yılında yapılan bir çalışmada da KTS Şiddeti (elektro fizyolojik Şiddeti) ile yaşın ilişkili olduğu saptanmıştır (Kömürcü ve ark., 2014). Bu durum yaşlanmaya eşlik eden aksonal kayıp ve vasküler anormalliklerden dolayı periferik sinirlerde basınca karşı hassaslaşma olması ile açıklanmaktadır (Kouyoumdjian ve ark., 2002; Aygül ve ark., 2005). Spahn ve ark., (2012) yaptıkları bir meta-analiz çalışmasında yaş artışı ile KTS'nin ilişkili olduğunu ve KTS için en yüksek prevalansın 40-60 yaş arasında olduğunu belirtmişlerdir. Bizim alışmamızda da hastaların %66,7'si, kontrol grubunun ise %68,8'i, 40-60 yaş arasında idi. KTS için en yüksek insidansın 40-50 yaşlarında olduğunu belirten çalışmalar da vardır (Mc Diarmid ve ark., 2000; Gruber ve ark., 2016).

KTS risk faktörlerini belirlemeye yönelik epidemiyolojik çalışmalarda kadın cinsiyet, ileri yaş, tekrarlayıcı el hareketleri, meslek, yüksek vücut kitle indeksi (VKİ), obezite, diabetes mellitus, tiroid fonksiyon bozukluğu, romatoid artrit gibi sistemik hastalıklar ve hamilelik gibi pek çok kişisel risk faktörleri ile ilgili olduğu görülmüştür. (Becker ve ark., 2002; Kouyoumdjian ve ark., 2002; Mondelli ve ark., 2002; Tanık ve ark., 2014; Castro ve ark., 2015).

Yapılan alışmalar KTS'nin daha çok kadınlarda görüldüğünü ve cinsiyetin KTS için bir risk faktörü olduğunu desteklemektedir. Yakın zamanda Tanık ve

arkadaşlarının (2014) KTS'li 350 hasta üzerinde yaptıkları bir çalışmada hastalığın pik yaptığı dönemi 50-59, kadın erkek oranını ise 5,6/1 olarak bildirmişlerdir. Tanık ve arkadaşlarının bu çalışmaları diğer çalışmalar ile uyumlu olduğu gibi bizim yaptığımız çalışma ile de yaş açısından uyumlu olduğu görüldü (Chacko ve ark., 2000; Mondelli ve ark., 2002; Tanık, 2014).

Kadınlarda KTS'nin daha sık görülmesine neden olarak; kadınların el bileklerinin erkeklere göre çok daha narin ve zayıf olmaları, hormonal problemler, kas-iskelet hastalıklarına yatkın olmaları, erkeklerin hayati bir durum olmadığı sürece muayene olmamaları yanında kadın ve erkek arasındaki morfolojik farklılıklar da düşünülebilir (Nathan ve ark., 1988; Padua ve ark., 1999; Ferry ve ark., 2000; Aygül ve ark., 2005). Patek ve arkadaşlarının (2010) yaptığı bir çalışmada kadınların erkeklerden daha küçük karpal tünele sahip olduğu ayrıca karpal tünel içeriklerinin de kadınlarda orantısız olarak daha küçük olduğu belirtilmiştir (Bower ve ark., 2006).

Çalışmamızda elde ettiğimiz verilere göre, KTS'li hastalarda ortalama tendon hacminin sağlıklı bireylere göre büyük olduğu fakat istatistiksel olarak önemli olmadığı görüldü ($p>0,05$). KTS'li hastalarda ortalama canalis carpi hacminin sağlıklı bireylere göre küçük olduğu ($p<0,05$), nervus medianus hacim ortalamasının ise KTS'li hastalarda büyük olduğu görüldü ($p<0,05$). KTS'li hastaların küçük canalis carpi hacmine sahip olmalarını genetik olarak KTS'ye yatkınlığı olan bireylerin (Allmann ve ark., 1997; Jarvik ve ark., 2004; Aboonq, 2015) saptanması için önemli olduğunu düşünmekteyiz.

Ortalama hacim oranları değerlendirildiğinde ise; KTS'li hastalarda, nervus medianus hacim oranının kontrol grubuna göre oldukça büyük olduğu görüldü ($P<0,05$). Bu durumun canalis carpi hacmi küçük olan kişilerde nervus medianus tuzaklanmasına bağlı olarak ortaya çıkan patofizyolojik değişiklikler sonucu nervus medianus hacminde artış (Serarslan ve ark., 2008) olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Ortalama tendon hacim oranlarının da sağlıklı bireylere göre büyük olduğu saptandı ($P<0,05$). Bunun nedeni ise sağlıklı bireylerdeki ortalama canalis carpi hacminin büyük olmasıdır. Bazı çalışmalarda kanal içerik oranlarına bakılmıştır (Cobb ve ark., 1992; Oge ve ark., 2012) Birkaç çalışmada içerik hacim oranlarına bakıldığı fakat canalis carpi boşluk hacim oranına bakılmadığı görülmüştür. Biz, çalışmamızda canalis carpi boşluk hacim oranının KTS'li hastalarda küçük olduğunu saptadık.

Çalışmamızdaki hastaların %42'si hafif, %48'i orta ve %10'u ağır şiddetli KTS olduğu saptandı. KTS'si olmayan diğer el bileklerin ise %10'unun sol, % 23,3'ünün sağ el bileği olduğu belirlendi. Aygül ve arkadaşları, 70 (64 kadın, 6 erkek) hastayla yaptıkları çalışmada ise hastaların %48'inin hafif, %45,4'ünün orta, %6,6'sının ise ağır şiddetli KTS olduğunu saptamışlardır. Yine 119 KTS'li hastayla yaptıkları bir çalışmada ise hastaların %33,6'sını hafif, %55,5'ini orta, %10,9'unu ise ağır düzey KTS olarak saptamışlardır (Aygül ve ark., 2005). Hasta sayımızın bu iki çalışmaya göre az olmasına rağmen bulduğumuz sonuçların bu çalışmalara yakın olduğu görüldü.

Yakın zamanda Yılmaz ve arkadaşları (2014) 28 olgu üzerinde (45 el bilek) yaptıkları çalışmada da %13,3 çok hafif; %33,3 hafif; %51,1 orta, 1 el bileğinde %2,2 ağır derecede KTS tespit etmişlerdir.

KTS şiddetine göre ortalama hacimleri değerlendirdiğimizde; hasta ve sağlıklılarda tendon hacimleri arasında değişiklik gözlenmezken ($P>0,05$), özellikle nervus medianus hacmi için bu dört KTS şiddeti arasında anlamlı farklılık gözlemlendi ($P<0,05$). KTS'si olmayan bireylerin ortalama nervus medianus hacmi $0,32\pm 0,07$ cm³; hafif, orta ve ağır KTS'li bireylerin nervus medianus hacimleri ise sırasıyla; $0,37\pm 0,06$ cm³, $0,42\pm 0,07$ cm³, $0,48\pm 0,07$ cm³ olarak hesaplanmıştır. KTS şiddetine göre nervus medianus hacim farklılıkları incelendiğinde; KTS'si olmayan bireylerdeki nervus medianus hacminin diğer tüm KTS şiddetlerine göre farklı olduğu ($P<0,05$), hafif KTS ve ağır KTS arasında da belirgin olarak fark olduğu saptandı ($P<0,05$). KTS şiddeti arttıkça nervus medianus hacminin de arttığı görüldü.

KTS şiddeti; genel olarak klinik ve EMG sonuçlarına göre belirlense de; stereolojik olarak kısa zamanda elde edilen veriler doğrultusunda, radyoloji uzmanına gerek duymaksızın sinirdeki hacim değişimine göre de belirlenebilir.

KTS şiddetlerine göre ortalama canalis carpi hacim değerlerine bakıldığında; KTS'si olmayan ($4,66\pm 0,73$ cm³) ve hafif KTS ($4,17\pm 0,61$ cm³) şiddeti arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu görüldü ($P<0,05$). Buna göre sağlıklı bireylerdeki canalis carpi hacminin KTS'li bireylere göre oldukça büyük olduğunu ve hastalık sürecinde veya artan KTS şiddetine göre canalis carpi hacminde önemli bir değişiklik olmadığını saptadık.

KTS şiddetine göre hacim oranlarına baktığımızda ise tendon, nervus medianus ve canalis carpi boşluk oranları arasında fark olduğunu gözlemledik ($P<0,05$).

Çalışmamızda KTS şiddetlerine göre ortalama tendon hacim oranları sırasıyla; %40,24±4,58, %42,95±5,23, %45,74±5,80, %47,38±2,90 olarak hesaplandı. KTS şiddeti arttıkça tendon hacim oranlarının da arttığını gözledik. KTS'si olmayan bireylerin tendon hacim oranlarının orta KTS ve ağır KTS şiddetlerinden çok farklı olduğu görüldü (P<0,05). Nervus medianus ve canalis carpi boşluk hacim oranları için KTS şiddetleri arasındaki farka baktığımızda ise KTS'si olmayan bireylerin hacim oranlarının diğer KTS şiddetlerinden çok farklı olduğu saptandı (P<0,05). KTS şiddetlerine göre ortalama nervus medianus hacim oranları sırasıyla; % 6,75±0,91, %8,99±1,33, %9,80±1,29, %11,63±0,74 olarak hesaplandı. Burada da orta ve ağır KTS arasında oldukça belirgin bir fark olduğu (P<0,05), kısaca KTS şiddeti arttıkça nervus medianus'un hacim oranının da belirgin olarak arttığı görüldü (P<0,05). KTS şiddetlerine göre ortalama canalis carpi boşluk hacim oranları ise sırasıyla; %53,02±4,51, %48,05±5,25, %44,46±6,31, %40,99±3,13 olarak hesaplandı. Burada da hafif ve ağır KTS arasında oldukça belirgin bir fark olduğu (P<0,05), yani KTS şiddeti arttıkça canalis carpi'nin içerisindeki boşluğun hacim olarak azaldığı ve kanal içindeki sıkışma derecesinin arttığı görülmektedir. Yine canalis carpi boşluk oranının KTS şiddetine göre azalması ve bu durumun hacim oran değerleri ile ifade edilmesi, KTS'nin erken teşhis edilerek KTS için koruyucu tedavi sağlanmasının önemini ortaya çıkarabilir. Böylece iş ve iş gücü kaybına neden olan ve maliyetli olan KTS tedavi masraflarının azaltılmasında bu çalışmanın önemli olduğu düşünülmektedir.

Çalışmamızdaki hastaların %66,6'sı bilateral KTS'dir. Bilateral KTS'si olan bireylerin sağ ve sol el bilek hacim ve hacim oranlarını karşılaştırdığımızda; canalis carpi (4,48±0,44-4,18±0,54 cm³) ve nervus medianus (0,44±0,07-0,39±0,08 cm³) ortalama hacimlerinin sağ tarafta daha büyük olduğu görüldü (P<0,05). Bu durumun dominant elin kullanılması veya genetik yatkınlığa bağlı olabileceği düşünülmektedir.

KTS'li bireylerde sağ ve sol el bilekleri arasında ortalama toplam hacim oranları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı saptandı (P>0,05).

Kontrol grubunda (n:14), sağ ve sol hacim ve hacim oranlarını karşılaştırdığımızda fark olmadığı görüldü (P>0,05).

Literatürde ağırlıklı olarak başta sinir ileti çalışmaları daha sonra nervus medianus'un kesit alanı olmak üzere canalis carpinin alanını ifade eden çalışmalar yapılmıştır (Ziswiler ve ark., 2005; Moran ve ark., 2009; Mohammadi ve ark., 2010;

Crnkovic ve ark., 2016). Canalis carpi ve içeriklerinin hacimlerinin hesaplanması ile ilgili çalışmaların ise oldukça az olduğu ve ayrıntılı olmadığı görülmüştür. Ayrıca günümüze kadar yapılan hacim ve hacim oranları ile ilgili çalışmaların genel olarak kadavralar üzerinde yapılmış olduğu görülmüştür.

Kadavralarda yapılan çalışmalarda çalışılan kadavra sayısının genel olarak 4-5 olduğu nadir de olsa en fazla 10 olduğu, kadavraların cinsiyetlerinin ve yaşlarının belirtilmediği, KTS'yi tetikleyecek kronik bir hastalık, nörolojik bir tablo, el bilek travması gibi etyolojik faktörlerin belirsizliği, bazı çalışmalarda ise katılımcı sayısının yetersiz olması dikkat çekiciydi.

Richman ve arkadaşları (1987), on kadavra üzerinde yaptıkları bir çalışmada canalis carpi hacmini silikon enjeksiyonu tekniğiyle direk ölçtükten sonra, MR görüntüleri ile karşılaştırarak canalis carpi hacmini düzeltme faktörleri (0,8161) kullanarak 4000-5000 mm³ olarak hesaplamışlardır. 1989 yılında KTS'li (6 kadın, 6 erkek) hastalar üzerinde yaptıkları çalışmada ise pre-op dönemde canalis carpi hacmini 6300 mm³, post-op (15 bilekte) 6 hafta sonraki ölçümü ise 7800 mm³, (8 bilekte) 8 ay sonraki hacim ölçümünü ise 7500 mm³ olarak bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda ise canalis carpi hacmi KTS'li hastalarda 4,26±0,57 cm³ iken sağlıklı bireylerde 4,66±0,73 cm³ olarak hesaplanmıştır. Bizim çalışmamızda ise Richman ve arkadaşlarının kadavralar üzerinde yaptıkları çalışmaya yakın veriler elde edilmiştir.

Cobb ve arkadaşları (1992), 5 kadavra üzerinde yaptıkları çalışmada canalis carpi hacmini 4,20 ml, içerik hacim ölçümlerini 2,16 ml olarak ölçmüşlerdir. Richman ve arkadaşlarının kullandığı düzeltme faktörünü kullanarak, canalis carpi hacmini 3,43 ml, içerik hacim ölçümlerini ise 2,00 ml olarak hesaplamışlardır. Kanal içeriklerinin kanala oranını ise %48 olarak saptamışlardır. Çalışmamızda canalis carpi boşluk hacim oranını %53,02±4,51 olarak hesapladık. Cobb ve arkadaşlarının çalışmasının bizim verilerimize çok yakın olduğunu gözlemledik.

Above ve arkadaşları (1994), karpal tünelin serbestleştirilmesiyle ilgili MR'lı morfolojik bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada hastaların bilekleri ekstansiyon pozisyonuna getirilerek canalis carpi hacmini endoskopik serbestleştirme (11 hasta için) öncesi 6100 mm³, post-op sonrası ise 7500 mm³ olarak hesaplamışlardır. Subcutaneous serbestleştirme öncesi ve sonrasında ise canalis carpi hacmini sırasıyla 4600 mm³, 5800 mm³ olarak hesaplamışlardır (Above ve ark., 1994).

Pierre-Jerome ve arkadaşları, 1997 yılında KTS'li olan 27 kadın hasta ve KTS'si olmayan 28 kadın üzerinde yaptıkları MR çalışmasında bilek nötral pozisyonunda iken canalis carpi hacmini sağlıklı kadınlarda 10777 mm^3 , hasta grupta ise 10439 mm^3 olarak hesaplamışlardır (Pierre-Jerome ve ark., 1997a). Pierre-Jerome ve arkadaşlarının 1997 yılında yaptıkları diğer çalışmada da (Pierre-Jerome ve ark., 1997b) belirtilen hacim değerleri $10329\text{-}13803 \text{ mm}^3$ arasındadır ki bu hacim değerleri bizim verilerimize göre oldukça büyüktür. Canalis carpi için belirtilen hacim değerlerine baktığımızda Pierre-Jerome ve arkadaşlarının bulduğu hacim değerlerinin diğer ölçülen hacim değerlerine göre oldukça yüksek olması dikkat çekicidir.

Karpal tünelin boyutu ve şekli bileğin duruşuna göre değişir. Bilek nötral pozisyonda iken, karpal tünelin enine kesit alanı (CTA), proksimale (pisiform) göre distalde (hamate kancası) daha küçük olduğu bildirilmiştir (Dekel ve ark., 1980; Merhar ve ark., 1986; Yoshioka ve ark., 1993; Horch ve ark., 1997; Monagle ve ark., 1999). Bilek ekstansiyon pozisyonda iken, CTA'nın distalde arttığı ancak proksimalde azaldığı (Yoshioka ve ark., 1993; Horch ve ark., 1997), bilek fleksiyon pozisyonunda iken tünel boyunca CTA'nın azaldığı bildirilmiştir (Skie ve ark., 1990).

Bower ve arkadaşları (2006), sağlıklı olan 4 kadın ve 4 erkeğin sağ (dominant olan) el bilek pozisyonlarını (fleksiyon, ekstansiyon ve nötral) MR görüntüleri üzerinden inceleyerek; nötral pozisyondaki karpal tünel hacmini 3737 mm^3 , kanal içeriklerinin canalis carpiye olan oranını (CTCv/CTV) ise %40-43 olarak ifade etmişlerdir. Cobb ve arkadaşları, karpal tünel ve içeriğinin büyüklüğü arasındaki ilişkinin KTS için anatomik bir temel olduğunu ifade etmişlerdir (Cobb ve ark., 1992). Çalışmamızda nötral pozisyon tercih edildiği için Bower ve arkadaşlarının nötral volüm hesaplamalarını çalışmamıza göre değerlendirdiğimizde sağ el-bilek canalis carpi hacmini KTS'li hastalarda $4,48\pm 0,44 \text{ cm}^3$ iken, sağlıklı bireylerde $4,76\pm 0,73 \text{ cm}^3$ olarak hesapladık. Bizim değerlerimizin biraz büyük olması kontrol grup sayımızın daha çok olmasından dolayı bireysel farklılıkların az da olsa yok sayılmasından kaynaklı olabilir. Sağ el bilek canalis carpi boşluk hacim oranını ölçtüğümüzde ise; hastalarda $\%45,91\pm 5,94$ iken sağlıklı bireylerde $\%51,53\pm 5,25$ olduğunu belirledik. Çalışmamızda elde edilen canalis carpi boşluk hacim oranı, Bower ve arkadaşlarının (2006) çalışmasıyla uyumludur. Bower ve arkadaşları canalis carpi'nin içerik oranını biz ise kanal boşluk oranını elde ettik. Canalis carpi boşluk oranının azalması ile fibro-ossöz

tünel içindeki basınç artar. Bir bası nöropatisinin gelişiminde hem iskemik hem de mekanik etkenlerin rolü vardır. Yapılan çalışmalar, basının süresi ile şiddeti ne kadar fazlaysa sinirde görülecek fonksiyon bozukluğunun da o kadar fazla olacağını göstermiştir (Mackinnon, 2002; Bagatur, 2006). Skie ve arkadaşları (1990) bileğin fleksiyonu ile karpal tünelin kesit yüzeyinin azalarak kanal içi basıncında artış olduğunu belirtmişlerdir. Kanal iç basıncının en düşük olduğu nötral pozisyonda basınç 7-8 mmHg iken, bileğin fleksiyon ve ekstansiyona getirilmesi ile basınç 90 mmHg'ye çıkar. 30 mmHg gibi artmış bir basınç dahi KTS semptomlarına yol açabilir. Basıncıdaki bu artış nervus medianus'da iskemi ve sinir iletili problemlerine neden olur. Basıncıdaki artış devam ederse, segmenter demiyelinizasyon oluşur. Nervus medianus'un miyelinizasyonun yoğun olması ve metabolik taleplerinin yüksek olmasından dolayı, duysal lifleri en önce etkilenir. Uzamış basınca bağlı olarak nervus medianus'un motor lifleri zedelenir ve kuvvet kaybı ortaya çıkar (Delisa ve ark., 2007). Kim ve arkadaşlarının (2013) yakın zamanda taze dondurulmuş 9 erkek kadavrası üzerinde yaptıkları karpal tünelin basınç-morfolojik ilişkisini gösteren çalışmalarında, basınca bağlı olarak kapalı tünelin doğal yapısının etkilendiğini belirttiler. Kanal içindeki basıncın arttığını gösteren canalis carpi boşluk hacim oranının azalması, KTS'nin tanılanma ve tedavisinde oldukça önemli olabilir.

KTS'nin patofizyolojik değerlendirmesiyle ilgili yapılan çalışmalara baktığımızda nervus medianus bağ dokusunda sıkışma, nervus medianus yaralanmasına bağlı olarak mikrosirkülasyonda bozulma, tünelde artan basınç, ve sinovyal doku hipertrofisi gibi sonuçlar ve bunların etkileşimi ifade edilmiştir (Aboonq, 2015).

Mogk ve Keir (2009), değişen bilek postürleri ile karpal tünel hacimlerindeki değişimleri göstermek ve bilek simülasyonunun geliştirilmesi için (modelleme teknikleri ve rekonstrüksiyon kullanılarak) 2009 yılında MR'lı bir çalışma yaptılar. 4 kadın ve 2 erkek üzerinde yapılan bu çalışmaya göre karpal tünel hacmini hesaplarken üç alan belirlediler (CTV1,2,3); Nötral pozisyonda CTV1,2,3 için ortalama hacim değerlerini sırasıyla 43331,8 mm³, 3026,6 mm³, 3684,0 mm³ olarak hesaplamışlardır. Önerilen hacim değerini ise 3684,0 mm³ olarak ifade etmişlerdir.

Oge ve arkadaşları (2012) 21 KTS'li ve 27 sağlıklı kadın üzerinde yaptıkları kantitatif bir çalışmada üç standart seviyede (proksimal, hamatum çengeli ve distal) karpal tünel içeriklerinin karpal tünel alanına olan oranını hesapladıklarında hasta ve

sağlıklı bireyler için bu oranları sırasıyla proksimalde; $0,6054 \pm 0,044$, $0,5245 \pm 0,038$, hamatum çengeli seviyesinde; $0,6063 \pm 0,058$, $0,5443 \pm 0,06$ ve distalde; $0,0590 \pm 0,061$, $0,5529 \pm 0,053$ olarak hesaplamışlardır (Oge ve ark., 2012). Biz ise çalışmamızda canalis carpi boşluk oranını hasta bireylerde $\%45,62 \pm 6,01$ iken, sağlıklı bireylerde $\%53,02 \pm 4,51$ olarak hesapladık. Oge ve arkadaşlarının sonuçlarına göre bizim oranlarımızın biraz büyük olduğunu gördük. Canalis carpi iç basıncı arttığında sinirde ödem ve dolaşım bozukluğu oluşacağı için İdiyopatik KTS'nin, nervus medianus ve canalis carpi volüm uyumsuzluğuna (Bagatur, 2006) bağlı olabileceği düşünülebilir.

Pacek ve arkadaşları (2010), 5 erkek ve 5 kadın kadavrası üzerinde yaptıkları bir çalışmada canalis carpi'nin içinde yer alan nervus medianus ve fleksör tendonları diseke ettikten sonra canalis carpi'nin hacmini ölçmek için bir silikon kalıp tekniği ve özel bir yazılım kullanarak (Matlab, Math Works, Natick, MA, ABD) canalis carpi'nin hacmini $1,737 \pm 542 \text{ mm}^3$ olarak belirtmişlerdir. Bizim verilerimize göre, Pacek ve arkadaşlarının elde ettikleri değerler oldukça düşüktür.

Ağır KTS'liler için karpal tünel alanında daralma olduğu belirten çalışmalar olduğu gibi (Oge ve ark., 1994; Monagle ve ark., 1999), karpal tünel alanının daha büyük veya kontrol grubu ile aynı olduğunu söyleyen çalışmalar da vardır (Pierre-Jerome ve ark., 1996; Uchiyama ve ark., 2005). Oge ve arkadaşları (2012). ise karpal tünel alanını kontrol grubunda daha düşük bulmuşlar fakat istatistiksel olarak fark olmadığını ifade etmişlerdir.

Bagatur ve arkadaşları (2002), 25 KTS'li hastanın 43 el bileğinde yaptıkları prospektif bir çalışmada, hasta ve kontrol grupları için nötral pozisyonda karpal tünel kesit alan ölçümünü sırasıyla 104 mm^2 ve 151 mm^2 olarak hesaplamışlardır. Çalışmamızda hasta bireylerin canalis carpi hacminin sağlıklı bireylere göre daha küçük olduğunu gözlemledik. Özellikle 40-60 yaş aralığındaki popülasyonda görülen bu sendromun; genetik olarak küçük canalis carpi hacmine (Allmann ve ark., 1997; Jarvik ve ark., 2004; Aboonq, 2015) sahip bireylerin erken tanımlanması için önemli olduğunu düşünmekteyiz.

Çok yakın bir zamanda Crnkovic ve arkadaşları (2016), KTS'li olan 47 hasta üzerinde yaptıkları MR çalışmasında canalis carpi hacmini $710 (556-1166) \text{ mm}^3$, canalis carpi içindeki nervus medianus hacmini ise $38,2 (17,2-64,0) \text{ mm}^3$ olarak

hesaplamışlardır. Bizim çalışmamızda ise nervus medianus hacmi KTS'li hastalarda $0,41\pm 0,07 \text{ cm}^3$, sağlıklı bireylerde ise $0,32\pm 0,07 \text{ cm}^3$ olarak ölçülmüştür.

Yine Crnkovic ve arkadaşları (2012), KTS'li hastalarda randomize yaptıkları bir çalışmada canalis carpi içindeki nervus medianus hacmini, epineurotomy testi yapılan hastalarda $41,4\pm 11,8 \text{ mm}^3$; epineurotomy testi yapılmayan hastalarda nervus medianus hacmini $45,8\pm 11,1 \text{ mm}^3$ olarak bulmuşlardır. Crnkovic ve arkadaşlarının çalışmalarına göre bizim çalışmamızdaki hacim değerlerinin oldukça büyük olduğu saptandı.

Buchberger ve arkadaşları (1991), yaptıkları USG çalışmasında; KTS'nin tanılanmasında önemli olan proksimal nervus medianusdeki kesitsel alan artışı, distal nervus medianusda yassılaşıma ve fleksör retinakulum yaylanması/kavislenmesini belirtmişlerdir. Sonraki bir çalışmada, nervus medianus kesit alanının USG'de skafoid-pisiform düzeyinde 9 mm^2 üzerinde olmasının KTS tanısı için iyi bir sonografik kriter olduğu belirtilmiştir (Duncan ve ark., 1999). Şu ana kadar yapılan çalışmalara baktığımızda ise tünel girişindeki nervus medianus kesit alanı için $6,5$ ile 15 mm^2 arasında değişen çok farklı cut off değerlerinin olduğu (Wong ve ark., 2002; Yeşildağ ve ark., 2004; Ziswiler ve ark., 2005; Naranjo ve ark., 2007; Padua ve ark., 2008; Moran ve ark., 2009; Dalili ve ark., 2011; Yazdchi ve ark., 2012) fakat hacim değerini araştıran bir iki çalışma ile sınırlı olduğu görülmüştür. Bu farklılıkların ise çalışmaların heterojen olması, farklı operatörler tarafından yapılması, hasta özellikleri (Sarraf ve ark., 2014), kadavrada yapılması, çalışma gruplarının farklı olması gibi nedenler olabileceğini düşündük. KTS şiddet artışına göre nervus medianus alanında da artış beklenir ki bizim yaptığımız çalışmada nervus medianus hacminin ve kanala olan hacim oranının belirgin olarak arttığını gözlemledik.

Phalen ve arkadaşları (1966), fleksör tendonlarda gelişen sinovyal doku hipertrofinin de karpal tünel içindeki basıncı arttırarak KTS gelişimine neden olabileceğini belirtmişlerdir. Yine bazı histolojik ve biyokimyasal çalışmalarda (Sud ve ark., 2002; Yoshii ve ark., 2008) fleksör tendonlarda sinovyal doku hipertrofisine neden olan tenosinovitin, İdiyopatik KTS gelişiminde önemli bir risk faktörü olduğunu bildirmişlerdir. Monagel ve arkadaşları (1999), yaptıkları kantitatif MR'lı bir çalışmada hasta ve sağlıklı bireylerin el bilek fleksör tendon hacimlerinde fark olmadığını belirtmişlerdir. Çalışmamızda fleksör tendon hacimlerinde KTS şiddeti arttıkça az da

olsa fark olduğu, fakat istatistiksel olarak fark olmadığı için İdiyopatik KTS gelişiminde fleksör tendonların hacimsel değerinin olmadığı söylenebilir.

Literatürde dominant elin KTS'ye olan etkisini araştıran iki çalışmaya rastlanılmıştır. Reinstein, ve arkadaşları (1981), 169 idiyopatik KTS'li hasta üzerinde yaptıkları çalışmada; dominant el kullanımının ve tekrarlı el hareketlerin günlük aktivitelerde artmasının, KTS gelişimine katkı sağlayacağını belirtmişlerdir. Shiri ve arkadaşları (2007), yaptığı diğer çalışmada ise kadın hastaların dominant ellerinden daha çok opere olduklarını fakat KTS prevalansında dominant ele göre bir farklılık olmadığını belirtmişlerdir. Çalışmamızda KTS'li hastaların sağ ve sol el bilek hacim değerlerine baktığımızda, %86,7 sağ elini kullanan hastalarımızın sağ el bilek hacim değerlerinin sola göre daha yüksek olduğunu fakat sağlıklı bireylerde ise böyle bir farklılığın olmadığını gördük. Baskın olarak kullanılan ellerin İdiyopatik KTS için bir risk faktörü olduğunu düşünmekteyiz. Literatürde stereolojik metotlardan Cavalier yöntemi ile yapılmış bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Literatürde yer alan alan, hacim ve hacim oran çalışmalarının çok yetersiz ve tutarsız olduğu fark edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda KTS'nin tanılanması ve tedavisinin sağlanması için sinir ileti hızı, antropometrik ölçümler, alan, hacim, hacim oranı gibi rakamsal somut verilerinin araştırıldığı fakat elde edilen verilerin ise birbiri ile tutarsız olduğu görülmektedir. Canlılarda biyolojik yapıların çoğunun tam bir geometrik şeklinin olmadığı ve diğer biyolojik yapılardan da izole edilemediği için alan, hacim ve hacim oran değerlerinin matematiksel olarak ifade edilmesinde stereolojik metotlardan Cavalieri yönteminin kullanılması önemlidir. Cavalieri yöntemi ile çalışmaların daha hızlı ve pratik olması ayrıca geriye ve ileriye yönelik incelemelerin yapılması (Şahin ve ark., 2003a), önemini daha da arttırmaktadır.

Çalışmamızda stereolojik metotlardan Cavalieri yönteminin kullanılması pratik, hızlı ve el bilek morfolojik değişiklikler hakkında niceliksel çalışmaya imkan vermiştir. Net hacim ve hacim oran verilerinin elde edilmesi, hasta ve kontrol grubunun el bilek görüntülerinin her birinin aynı 1,5 T manyetik görüntüleme cihazında elde edilmesi, hasta grubu için sadece idiyopatik KTS'li bireylerin çalışmaya dahil edilmesi, hasta ve kontrol grubu katılımcı sayısının bir çok çalışmaya göre fazla veya aynı olması, yaş aralığımızın KTS insidans ve prevalans aralığında olması, çalışma operatörünün belirli olması çalışmamızın güçlü yönlerini ortaya koymaktadır.

Çalışmamızı sınırlayan durumlar ise bu çalışmada KTS'li 30 kadın ve 30 erkek üzerinde yapılması planlanmış, fakat erkek hastalarda istenilen sayıya ulaşılamaması ki erkeklerde KTS görülme oranı çalışmalarda 5,6/1 olarak ifade edilmiştir. Her bir bireyin aynı manyetik görüntüleme cihazında çekilmesi, MR görüntülerinde hastaların el hareketlerine bağlı olarak görüntü kalitesinin bozulması ki bu görüntüleri olan bireyler çalışma dışı bırakıldılar.

Bu çalışmamız sonucunda elde edilen hacim ve hacim oranlarının KTS şiddet artışına göre arttığı veya azaldığı görüldü. Bundan dolayı korelasyonla ilgili çalışma yapılmasının önemi ortaya çıkmıştır. Bu çalışmamız bilek pozisyonları (fleksiyon, ekstansiyon ve nötral) üzerinden canalis carpi hacim ve hacmi oranı, içerik hacim ve hacim oranları ile boşluk oranlarına bakmak için daha da genişletilebilir.

KTS'li hastalarda canalis carpi hacimlerinin sağlıklı bireylere göre küçük olduğu görüldü. KTS'li hastalarda nervus medianus'un hacim ve hacim oranlarının sağlıklı bireylere göre büyük olduğu ve KTS şiddeti artıkça hacim ve hacim oranlarının da arttığı görüldü ($P<0,05$). KTS olmayan bireylerin nervus medianus hacminin diğer KTS şiddetlerinden önemli derecede farklı olduğu, bu farkın özellikle hafif KTS ve ağır KTS arasında olduğu gözlemlendi ($P<0,05$). KTS'li hastalarda fleksör tendon hacim oranının sağlıklı bireylere göre büyük olduğu görüldü ($P<0,05$).

Canalis carpi boşluk hacim oranının KTS'li hastalarda küçük olduğu görüldü ($P<0,05$). KTS olmayan bireylerin canalis carpi boşluk hacim oranının diğer KTS şiddetlerinden önemli derecede farklı olduğu ayrıca hafif KTS ve ağır KTS arasında da belirgin fark olduğu görüldü ($P<0,05$). KTS şiddetleri arasında canalis carpi hacimlerinin özellikle KTS olmayan ve hafif KTS şiddeti arasında olduğu görüldü ($P<0,05$). KTS şiddetleri arasında tendon hacim değerlerinin farklı olmadığı fakat KTS olmayan bireylerin tendon hacim oranlarının orta ve ağır KTS şiddetlerinden farklı olduğu saptandı ($P<0,05$). KTS şiddetleri arasında, KTS olmayan bireylerin nervus medianus hacim oranlarının, diğer KTS şiddetlerinden önemli derecede farklı olduğu, özellikle orta ve ağır KTS şiddeti arasında da önemli fark olduğu görüldü ($P<0,05$). Sağlıklı bireylerde sağ ve sol el bilek hacim ve hacim oranlarında fark olmadığı ($P>0,05$) fakat bilateral KTS'li olan bireylerin sağ el bilek nervus medianus ve canalis carpi hacim değerlerinin sol el bilek hacimlerine göre büyük olduğu görüldü.

Çalışmamız baskın olarak kullanılan ellerin İdiyopatik KTS için risk faktörü olduğunu söyleyen çalışmaları desteklemektedir (Arminio, 1986; Ertekin, 2006).

Çalışmamızda Cavalieri yöntemi ile elde ettiğimiz hacim ve hacim oranlarının KTS'nin doğru tanınması, KTS şiddetinin belirlenmesi ve tedavinin erken planlanması için önemli olduğu göstermektedir. Yine KTS'ye yatkın olan kişilerin erken teşhis edilerek KTS için koruyucu tedavi sağlanmasında da önemli olduğunu böylelikle iş ve iş gücü kaybına neden olan ve maliyetli olan KTS için KTS tedavi masraflarının azaltılmasında çalışmamızın önemli olabileceğini söyleyebiliriz.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar;

KTS'li hastalarda canalis carpi hacimlerinin sağlıklı bireylere göre küçük olduğu görüldü.

KTS'li hastalarda nervus medianus haciminin sağlıklı bireylere göre büyük olduğu görüldü.

KTS'li hastalarda nervus medianus hacim oranının sağlıklı bireylere göre büyük olduğu görüldü.

KTS'li hastalarda fleksör tendon hacim oranının sağlıklı bireylere göre büyük olduğu görüldü.

KTS'li hastalarda canalis carpi boşluk hacim oranının küçük olduğu görüldü. KTS olmayan bireylerin canalis carpi boşluk hacim oranının diğer KTS şiddetlerinden önemli derecede farklı olduğu ayrıca hafif KTS ve ağır KTS arasında da belirgin farklılık gözlenmiştir.

KTS şiddetleri arasında canalis carpi hacim değerlerinin istatistiksel olarak farklı olduğu görüldü. KTS olmayan ve hafif KTS şiddeti arasında canalis carpi hacim değerlerinin oldukça farklı olduğu görüldü.

KTS şiddetleri arasında ortalama tendon hacim değerlerinin istatistiksel olarak farklı olmadığı görüldü.

KTS şiddetleri arasında nervus medianus hacim değerlerinin istatistiksel olarak farklı olduğu görüldü. KTS olmayan bireylerin nervus medianus hacminin diğer KTS şiddetlerinden önemli derecede farklı olduğu görüldü. Ayrıca hafif KTS ve ağır KTS arasında da önemli derecede farklılık gözlenmiştir.

KTS şiddetleri arasında tendon hacim oranlarının farklı olduğu görüldü. KTS olmayan bireylerin tendon hacminin, orta ve ağır KTS şiddetlerinden istatistiksel olarak önemli derecede farklı olduğu görülmüştür.

KTS şiddetleri arasında nervus medianus hacim oranlarının farklı olduğu görüldü. KTS olmayan bireylerin nervus medianus hacim oranlarının, diğer KTS şiddetlerinden önemli derecede farklı olduğu, özellikle orta ve ağır KTS şiddeti arasında da önemli derecede farklılık olduğu gözlenmiştir.

KTS şiddetleri arasında canalis carpi boşluk hacim oranlarının farklı olduğu görüldü. KTS olmayan bireylerin canalis carpi boşluk hacim oranlarının, diğer KTS

şiddetlerinden önemli derecede farklı olduğu görülmüştür. Hafif ve ağır KTS şiddeti arasında da önemli derecede farklılık olduğu gözlenmiştir.

Sağlıklı bireylerde sağ ve sol el bilek hacim ve hacim oranlarında istatistiksel olarak fark olmadığı gözlemlendi ve net hacim değerleri elde edildi.

Bilateral KTS'si olan bireylerin sağ el bilek nervus medianus ve canalis carpi hacim değerlerinin sol el bilek hacimlerine göre büyük olduğu görüldü.

Çalışmamızda stereolojik metotlardan Cavalieri yönteminin kullanılması pratik, hızlı ve el bilek morfolojik değişiklikler hakkında niceliksel çalışmaya imkan vermiştir. Net hacim ve hacim oran verileri elde edilmiştir.

Cavalieri yöntemi, KTS'yi tanıda etkili bir yöntemdir.



KAYNAKLAR

- AAOS 2016. American Academy of Orthopaedic Surgeons. Management of Carpal Tunnel Syndrome Evidence-Based Clinical Practice Guideline, www.aaos.org/ctsguideline, 2016.
- Ablove RH, Peimer CA, Diao E, Oliverio R, Kuhn JP, Buffalo NY. Morphologic changes following endoscopic and two-portal subcutaneous carpal tunnel release. *J Hand Surg Am* 1994;19(5):821-6.
- Aboonq MS. Pathophysiology of carpal tunnel syndrome. *Neurosciences* 2015;20(1):4-9.
- Akalan MA, Demirkan AÇ. Stereoloji ve Veteriner Hekimlikte Kullanım Alanları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 2013;24(2):95-100.
- Akyüz M, Oğuz H, Dursun E, Dursun N. Elektrodiagnoz. *Tıbbi rehabilitasyon II. 2. Baskı, İstanbul, Nobel tıp kitabevleri.* 2004; 281-309 p.
- Allmann K, Horch R, Uhl M, Gufler H, Althoefer C, Stark G, et al. MR imaging of the carpal tunnel. *Eur J Radiol.* 1997;25(2):141-5.
- Alp M, Marur T, Akkin SM, Yalcin L, S. D. Ramification pattern of the thenar branch of the median nerve entering the thenar fascia and the distribution of the terminal branches in the thenar musculature, Anatomic cadaver study in 144 hands. *Clin Anat* 2005;(18):195-9.
- April EW, Yıldırım M. *Klinik anatomi. 3. Baskı, İstanbul. Nobel Tıp.* 1998; xi-672.
- Arıncı K, Elhan A. *Anatomi 1. cilt. [Güncellenmiş] 5. Baskı, Ankara, Güneş Tıp Kitabevleri.* 2014; 93-190.
- Arıncı K, Elhan, A. *Anatomi 2.Cilt. 3. Baskı, Ankara, Güneş Kitapevi.* 2001;164-182.
- Arminio JA. Etiology of carpal: tunnel syndrome. *Del Med J* 1986;58(3):189-92.
- Aroori S, Spence RA. Carpal tunnel syndrome. *Ulster Med J* 2008;77(1):6-17.
- Atroshi I, Englund M, Turkiewicz A, Tagil M, Petersson IF. Incidence of physician-diagnosed carpal tunnel syndrome in the general population. *Arch Intern Med* 2011;171(10):941-54.
- 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.
- Aulisa L, Tamburrelli F, Padua R, Romanini E, Monaco ML, Padua L. Carpal tunnel syndrome: Indication for surgical treatment based on based on electrophysiologic study. *J Hand Surg Am* 1998;23:687-91.

- 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).
- Bagatur AE, Zorer G, Oral B. The role of magnetic resonance imaging in carpal tunnel syndrome. Correlation of clinical, electrodiagnostic, and intraoperative findings and staging. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2002;36(1):22-30.
- Bagatur DAE. Karpal Tünel Sendromu. *Türkiye Klinikleri J Surg Med Sci* 2006;2(17):48-59.
- Başoğlu A, Büyükkarabacak Y, Şahin B, Kaplan S. Volumetric evaluation of the lung expansion following resection: a stereological study. *Eur J Cardiothorac Surg* 2007;31(3):512-7.
- Becker J, Nora DB, Gomes I, Stringari FF, Seitensus R, Panosso JS, et al. An evaluation of gender, obesity, age and diabetes mellitus as risk factors for carpal tunnel syndrome. *Clinical Neurophysiology* 2002;113(9):1429-34.
- Bencardino JT, Rosenberg RZ. Sports-related injuries of the wrist: an approach to MRI interpretation. *Clin Sports Med* 2006;(25):409-32.
- Bengston KA, Brault JS. Hand Disorders. In: Delisa J A. *Physical Medicine & Rehabilitation Principles and Practice*. 3th Ed. USA: Lippincott Williams& Wilkins. 2005; 843–854.
- Bittner RC, Felix R. Magnetic resonance (MR) imaging of the chest: state-of-the-art. . *Eur Respir J* 1998;(11):1392-404.
- Black KJ. On the efficiency of stereologic volumetry as commonly implemented for three-dimensional digital images. *Psychiatry Res: Neuroimaging* 1999;90(1):55-64.
- Bower JA, Stanisiz GJ, Keir PJ. An MRI evaluation of carpal tunnel dimensions in healthy wrists: Implications for carpal tunnel syndrome. *Clin Biomech* 2006.
- Brain WR, Wright AD, Wilkinson M. Spontaneous compression of both median nerves in the carpal tunnel six cases treated surgically. *The Lancet* 1947;249(6443):277-82.
- Buchberger W, Schön G, Strasser K, Jungwirth W. High-resolution ultrasonography of the carpal tunnel. *Journal of ultrasound in medicine* 1991;10(10):531-7.
- Canan S, Bahadır A, Yılırım Ş, Odacı E, Şahin B, Orhan B, et al. Stereolojik uygulamalarda kullanılan pratik gereçler ve bilgisayar destekli stereolojik analiz cihazları. *Türkiye Klinikleri J Med Sci* 2004;24:672-80.

- Canan S, Şahin B, Odacı E, Ünal B, Aslan H, Bilgiç S, et al. Toplam hacim, hacim yoğunluğu ve hacim oranlarının hesaplanmasında kullanılan bir stereolojik yöntem: Cavalieri prensibi. THBV Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri Dergisi 2002;22:7-14.
- Castro AA, Skare TL, Nassif PA, Sakuma AK, Barros WH. Sonographic diagnosis of carpal tunnel syndrome: a study in 200 hospital workers. Radiologia brasileira 2015;48(5):287-91.
- Chacko J, Chand R, Bulusu S, Tharakan J. Clinical profile of Carpal Tunnel Syndrome in Oman. Neurosciences (Riyadh, Saudi Arabia) 2000;5(4):223-5.
- Cobb HG, Grefenstette JJ. Genetic algorithms for tracking changing environments. DTIC Document, 1993.
- Cobb TK, Dalley BK, Posteraro RH, Lewis RC. Establishment of carpal contents/canal ratio by means of magnetic resonance imaging. The Journal of hand surgery 1992;17(5):843-9.
- Crnkovic T, Bilic R, Trkulja V, Cesarik M, Gotovac N, Kolundzic R. The effect of epineurotomy on the median nerve volume after the carpal tunnel release: a prospective randomised double-blind controlled trial. International orthopaedics. 2012;36(9):1885-92.
- Crnkovic T, Trkulja V, Bilic R, Gaspar D, Kolundzic R. Carpal tunnel and median nerve volume changes after tunnel release in patients with the carpal tunnel syndrome: a magnetic resonance imaging (MRI) study. International orthopaedics 2016;40(5):981-7.
- Cruz-Orive L, editor Systematic sampling in stereology. Proceedings of the 49th Session of the International Statistical Institute 1993.
- Cruz-Orive LM. Stereology of single objects. Journal of microscopy. 1997;186(2):93-107.
- Cudlip SA, Howe FA, Clifton A, Schwartz MS, Bell BA. Magnetic resonance neurography studies of the median nerve before and after carpal tunnel decompression. Journal of neurosurgery 2002;96(6):1046-51.
- Dalili A-r, Mardani-kivi M, Alizadeh A, Hatamian H-r, Hoseininejad M, Peyrazm H, et al. Comparison between Sonography and Electrodiagnostic Testing in the Diagnosis of Carpal Tunnel Syndrome. Anesthesiology and Pain 2011;2(5):43-51.
- Dekel S, Papaioannou T, Rushworth G, Coates R. Idiopathic carpal tunnel syndrome caused by carpal stenosis. Br Med J. 1980;280(6227):1297-9.

- Delisa JA, Gans BM, Walsh NE, Arasil T, Gök H, Yavuzer G. Fiziksel tıp ve rehabilitasyon: İlkeler ve uygulamalar. 4. Baskı, Ankara, Güneş Tıp. 2007; 177-190,623-844-845-903-904.
- Drake R. L. Vogl W, Adam W. M. Mitchell. Gray's Anatomy for Students: Elsevier/Churchill Livingstone 2005. 656-730 p.
- Drake RL, Vogl W, Mitchell AWM, Yıldırım M. Gray's anatomi: tıp fakültesi öğrencileri için. Ankara: Güneş Tıp Kitabevi. 2007; 656-730.
- Drake RL, Vogl W, Mitchell AWM, Gray H, Gray H. Gray's anatomy for students. Philadelphia,ChurchillLivingstone/Elsevier;<http://www.clinicalkey.com/dura/browse/bookChapter/3-s2.0-B9780443069529X0001X>, 2010.
- Duncan I, Sullivan P, Lomas F. Sonography in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. AJR American journal of roentgenology 1999;173(3):681-4.
- Ertekin C. Santral ve Periferik EMG Anatomi-Fizyolojik-Klinik. İzmir, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri. 2006; 387-453.
- Eversmann W. Entrapment and compression neuropathies. Operative hand surgery 1993;2:1341-85.
- Falkiner S, Myers S. When exactly can carpal tunnel syndrome be considered work-related ? ANZ journal of surgery 2002;72(3):204-9.
- Falkiner S. Diagnosis and treatment of hand-arm vibration syndrome and its relationship to carpal tunnel syndrome. Aust Fam Physician. 2003;32(7):530.
- Ferry S, Hannaford P, Warskyj M, Lewis M, Croft P. Carpal tunnel syndrome: a nested case-control study of risk factors in women. American journal of epidemiology 2000;151(6):566-74.
- Phalen GS, Kendrick JI. Compression neuropathy of the median nerve in the carpal tunnel. Journal of the American Medical Association 1957;164(5):524-30.
- 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.
- Gelfman R, Melton LJ, Yawn BP, et al. Long-term trends in carpal tunnel syndrome. Neurology 2009;3(6;72):33-41.
- Ghasemi-Rad M, Nosair E, Vegh A, Mohammadi A, Akkad A, Lesha E, et al. A handy review of carpal tunnel syndrome: From anatomy to diagnosis and treatment. World journal of radiology 2014;6(6):284-300.

- Goh S, Price R, Song S, Davis S, Singer K. Magnetic resonance-based vertebral morphometry of the thoracic spine: age, gender and level-specific influences. *Clinical biomechanics* 2000;15(6):417-25.
- Gruber L, Gruber H, Djurdjevic T, Schullian P, Loizides A. Gender influence on clinical presentation and high-resolution ultrasound findings in primary carpal tunnel syndrome: do women only differ in incidence? *J Med Ultrasonics* 2016; 43:413–420.
- Gundersen, H-JG. Stereology of arbitrary particles. *Journal of microscopy* 1986;143(1):3-45.
- Gundersen HJG, Jensen EB. The efficiency of systematic sampling in stereology and its prediction. *J Microsc* 1987; 147: 229-63.
- Gundersen H, Bendtsen Tf, Korbo L, Marcussen N, Møller A, Nielsen K, et al. Some new, simple and efficient stereological methods and their use in pathological research and diagnosis. *Apmis* 1988;96(1-6):379-94.
- Herek D, Karabulut N. Manyetik Rezonans Görüntüleme. *TTD Toraks Cerrahisi Bülteni* 2010;1(3):214-222.
- Horch RE, Allmann KH, Laubenberger J, Langer M, Stark GB. Median nerve compression can be detected by magnetic resonance imaging of the carpal tunnel. *Neurosurgery* 1997;41(1):76-83.
- Howard CV, Reed MG. *Unbiased stereology: three dimensional measurement in microscopy*. Oxford: Bios Scientific Publishers 1998; 39-187.
- Iseda T, Goya T, Nakano S, Kodama T, Moriyama T, Wakisaka S. Serial changes in signal intensities of the adjacent discs on T2-weighted sagittal images after surgical treatment of cervical spondylosis: anterior interbody fusion versus expansive laminoplasty. *Acta neurochirurgica* 2001;143(7):707-10.
- Jarvik JG, Yuen E, Kliot M. Diagnosis of carpal tunnel syndrome: electrodiagnostic and MR imaging evaluation. *Neuroimaging Clinics of North America* 2004;14(1):93-102.
- Kalkan E, Cander B, Gul M, Girisgin S, Karabagli H, Sahin B. Prediction of prognosis in patients with epidural hematoma by a new stereological method. *The Tohoku journal of experimental medicine* 2007;211(3):235-42.
- Kaplan S. Klinik ve Deneysel Çalışmalarda Stereolojik Yöntemler Kursu. *Stereoloji Derneği*. www.stereoloji.org, Afyonkarahisar. Haziran 2006;27-29.
- Keir PJ, Rempel DM. Pathomechanics of peripheral nerve loading: Evidence in carpal tunnel syndrome. *Journal of Hand Therapy*. 2005;18(2):259-69.

- Keir PJ, Wells RP, Ranney DA, Lavery W. The effects of tendon load and posture on carpal tunnel pressure. *The Journal of hand surgery* 1997;22(4):628-34.
- Kiernan MC, Mogyoros I, Burke D. Conduction block in carpal tunnel syndrome. *Brain*. 1999;122(5):933-41.
- Kim DH, Marquardt TL, Gabra JN, Shen ZL, Evans PJ, Seitz WH, et al. Pressure–morphology relationship of a released carpal tunnel. *Journal of Orthopaedic Research*. 2013;31(4):616-20.
- Kouyoumdjian JA, Zanetta DM, Morita M. Evaluation of age, body mass index, and wrist index as risk factors for carpal tunnel syndrome severity. *Muscle & nerve* 2002;25(1):93-7.
- Kömürcü HF, Kilic S, Anlar O. Relationship of age, body mass index, wrist and waist circumferences to carpal tunnel syndrome severity. *Neurologia medico-chirurgica* 2014;54(5):395-400.
- Lundborg G, Dahlin LB, Danielsen N, Hansson HA, Necking LE, Pyykkö I. Intranural edema following exposure to vibration. *Scandinavian journal of work, environment & health* 1987:326-9.
- Mac Dermid J.C,BScPT, Tim Doherty. Clinical and Electrodiagnostic Testing of Carpal Tunnel Syndrome: A Narrative Review. *J Orthop Sports Phys Ther* 2004;34(10):565-88.
- Mackinnon SE. Pathophysiology of nerve compression. *Hand clinics* 2002;18(2):231-41.
- Mazonakis M, Damilakis J, Maris T, Prassopoulos P, Gourtsoyiannis N. Comparison of two volumetric techniques for estimating liver volume using magnetic resonance imaging. *Journal of Magnetic Resonance Imaging* 2002;15(5):557-63.
- Mazurek MT, Shin A. Upper extremity peripheral nerve anatomy: Current concepts and applications. *Clin Orthop Relat Res* 2001(383):7-20.
- Mc Clure P. Evidence-based Practice:: An example related to the use of splinting in a patient with carpal tunnel syndrome. *Journal of Hand Therapy* 2003;16(3):256-63.
- Mc Diarmid M, Oliver M, Ruser J, Gucer P. Male and Female Rate Differences in Carpal Tunnel Syndrome Injuries: Personal Attributes or Job Tasks? *Environmental Research* 2000;83(1):23-32.
- Merhar GL, Clark RA, Schneider HJ, Stern PJ. High-resolution computed tomography of the wrist in patients with carpal tunnel syndrome. *Skeletal radiology* 1986;15(7):549-52.

- Mısırlıoğlu M, Yardımcı SM. Orofasial ağrıların değerlendirilmesinde yeni vizyon: fMRI. KÜ Tıp Fak Derg 2012; 14(3).
- Middleton WD, Kneeland JB, Kellman GM, Cates JD, Sanger JR, Jesmanowicz A, et al. MR imaging of the carpal tunnel: normal anatomy and preliminary findings in the carpal tunnel syndrome. AJR American journal of roentgenology 1987;148(2):307-16.
- Mogk JP, Keir PJ. The effect of landmarks and bone motion on posture-related changes in carpal tunnel volume. Clinical biomechanics. 2009;24(9):708-15.
- Mohammadi A, Afshar A, Etemadi A, Masoudi S, Baghizadeh A. Diagnostic value of cross-sectional area of median nerve in grading severity of carpal tunnel syndrome. Archives of Iranian medicine 2010;13(6):516-21.
- Monagle K, Dai G, Chu A, Burnham R, Snyder R. Quantitative MR imaging of carpal tunnel syndrome. AJR American journal of roentgenology 1999;172(6):1581-6.
- Mondelli M, Giannini F, Giacchi M. Carpal tunnel syndrome incidence in a general population. Neurology 2002;58(2):289-94.
- Moore KL, Dalley AF, Şahinoğlu TÇK. Kliniğe Yönelik Anatomi - Moore. 4. ed: Nobel Tıp Kİtapevleri; 2007. 665-826 p.
- Moran L, Perez M, Esteban A, Bellon J, Arranz B, del Cerro M. Sonographic measurement of cross-sectional area of the median nerve in the diagnosis of carpal tunnel syndrome: correlation with nerve conduction studies. Journal of clinical ultrasound : JCU 2009;37(3):125-31.
- Mouton PR. Principles and practices of unbiased stereology: an introduction for bioscientists: JHU Press; 2002.
- Müller NL. (2002). Computed tomography and magnetic resonance imaging: past, present and future. . Eur Respir J, 19:Suppl. (35), 35:33s-12.
- Naranjo A, Ojeda S, Mendoza D, Francisco F, Quevedo JC, Erasquin C. What is the diagnostic value of ultrasonography compared to physical evaluation in patients with idiopathic carpal tunnel syndrome? 2007.
- 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.
- Netter FH. Atlas of Human Anatomy, Professional Edition: including NetterReference.com Access with Full Downloadable Image Bank: Elsevier Health Sciences; 2014.

- Netter FH. İnsan Anatomı Atlası, Cumhuriyet M. Editör, 5. Baskı, İstanbul, Nobel Tıp Kitabevleri.2010; 418-468.
- Niyazi A. 20-25 Yaş Arası Sağlıklı Gençlerde Gri ve Beyaz Cevher Hacimlerinin İncelenmesi: Planimetrik Çalışma. Kocatepe Tıp Dergisi 2008;9(2).
- Odaci E, Bahadır A, Yıldırım Ş, Şahin B, Canan S, Orhan B, et al. Cavalieri Prensibi Kullanılarak Bilgisayarlı Tomografi ve Manyetik Rezonans Görüntüleri Üzerinden Hacim Hesaplanması ve Klinik Kullanımı. Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences 2005;25(3):421-8.
- Odaci E, Sahin B, Sonmez OF, Kaplan S, Bas O, Bilgic S, et al. Rapid estimation of the vertebral body volume: a combination of the Cavalieri principle and computed tomography images. European journal of radiology 2003;48(3):316-26.
- Oge HK, Acu B, Gucer T, Yanik T, Savlarli S, Firat MM. Quantitative MRI analysis of idiopathic carpal tunnel syndrome. Turkish neurosurgery. 2012;22(6):763-8.
- Oge K, Demirkazık Fb, Nurlu G, Erbeni Sia. Carpal Tunnel Cross Sectional Area Measurement In Carpal Tunnel Syndrome. Turkish neurosurgery 1994;4:153-6.
- Oyar O. Manyetik rezonans görüntüleme(MRG)'nin klinik uygulamaları ve endikasyonları. Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi 2008;5(2):31-40.
- Pacek CA, Tang J, Goitz RJ, Kaufmann RA, Li Z-M. Morphological analysis of the carpal tunnel. Hand 2010;5(1):77-81.
- Padua L, Padua R, Aprile, Tonali P. Italian multicentre study of carpal tunnel syndrome. Differences in the clinical and neurophysiological features between male and female patients. Journal of hand surgery 1999;24(5):579-82.
- Padua L, Pazzaglia C, Caliandro P, Granata G, Foschini M, Briani C, et al. Carpal tunnel syndrome: ultrasound, neurophysiology, clinical and patient-oriented assessment. Clinical Neurophysiology 2008;119(9):2064-9.
- Papanicolaou GD, McCabe SJ, Firrell J. The prevalence and characteristics of nerve compression symptoms in the general population. The Journal of hand surgery 2001;26(3):460-6.
- Phalen GS, Kendrick JJ. Compression neuropathy of the median nerve in the carpal tunnel. Journal of the American Medical Association 1957;164(5):524-30.
- Phalen GS. The Carpal-Tunnel Syndrome. Seventeen Years' Experience In Diagnosis And Treatment Of Six Hundred Fifty-Four Hands 1966;48(2):211-28.
- Pierre-Jerome C, Bekkelund SI, Mellgren SI, Torbergesen T. Quantitative magnetic resonance imaging and the electrophysiology of the carpal tunnel region in floor cleaners. Scandinavian journal of work, environment & health 1996;119-23.

- Pierre-Jerome C, Bekkelund SI, Mellgren SI, NORDSTRØM R. Quantitative MRI and electrophysiology of preoperative carpal tunnel syndrome in a female population. *Ergonomics*. 1997a;40(6):642-9.
- Pierre-Jerome C, Bekkelund S, Nordstrøm R. Quantitative MRI analysis of anatomic dimensions of the carpal tunnel in women. *Surgical and Radiologic Anatomy* 1997b;19(1):31-4.
- Preston DC, Shapiro BE. *Electromyography and Neuromuscular Disorders*. 2nd ed, Philadelphia, Elsevier. 2005; 36-43.
- Reinstein L. Hand dominance in carpal tunnel syndrome. *Archives of physical medicine and rehabilitation* 1981;62(5):202-3.
- Richman JA, Gelberman RH, Rydevik BL, Gylys-Morin VM, Hajek PC, Sartoris DJ. Carpal tunnel volume determination by magnetic resonance imaging three-dimensional reconstruction. *The Journal of hand surgery* 1987;12(5 Pt 1):712-7.
- Richman JA, Gelberman RH, Rydevik BL, Hajek PC, Braun RM, Gylys-Morin VM, et al. Carpal tunnel syndrome: morphologic changes after release of the transverse carpal ligament. *The Journal of hand surgery* 1989;14(5):852-7.
- Sahin B, Emirzeoglu M, Uzun A, Incesu L, Bek Y, Bilgic S, Kaplan S. Unbiased estimation of the liver volume by the Cavalieri principle using magnetic resonance images. *Eur J Radiol* 2003a; 47(2):164-70.
- Sahin B, Ergur H. Assessment of the optimum section thickness for the estimation of liver volume using magnetic resonance images: a stereological gold standard study. *European journal of radiology* 2006;57(1):96-101.
- Sahin B, Elfaki A. Estimation of the volume and volume fraction of brain and brain structures on radiological images. *Neuroquantology*. 2012; 10(1):87-97.
- Sarraf P, Malek M, Ghajarzadeh M, Miri S, Parhizgar E, Emami-Razavi SZ. The best cutoff point for median nerve cross sectional area at the level of carpal tunnel inlet. *Acta medica Iranica* 2014;52(8):613-8.
- Schmidt HM, Lanz U. *Chirurgische Anatomie der Anatomie der Hand*. Hippokrates Verlag Stuttgart 1992:39-40.
- Schmidt HM, Moser T, Lucas D. Klinisch-anatomische Untersuchungen des Karpaltunnels der menschlichen Hand. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1987(19):145-52.
- Serarslan Y, Melek İM, Duman T. Karpal Tünel Sendromu. *Pamukkale Tıp Dergisi* 2008;1(1):45-9.

- Shiri R, Varonen H, Heliovaara M, Viikari-Juntura E. Hand dominance in upper extremity musculoskeletal disorders. *The Journal of rheumatology* 2007;34(5):1076-82.
- Silverstein BA, Fine LJ, Armstrong TJ. Occupational factors and carpal tunnel syndrome. *American journal of industrial medicine* 1987;11(3):343-58.
- Skie M, Zeiss J, Ebraheim NA, Jackson WT. Carpal tunnel changes and median nerve compression during wrist flexion and extension seen by magnetic resonance imaging. *The Journal of hand surgery* 1990;15(6):934-9.
- Snell RS, Yıldırım M. Ç. Tıp Fakültesi Öğrencileri İçin Klinik Anatomi. 5. Baskı, İstanbul, Nobel Tıp Kitapevleri. 1997,381-98, 641-2.
- Spahn, Wollny J, Hartmann B, Schiele R, Hofmann G. [Metaanalysis for the evaluation of risk factors for carpal tunnel syndrome (CTS) Part II. Occupational risk factors]. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*. 2012;150(5):516-24.
- Standring S. *Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice* 40 ed. London, Churchill Livingstone/Elsevier. 2008; 861-95 p.
- Stewart J. Compression and entrapment neuropathies (In: Dyck PJ ed.): *Peripheral Neuropathy*. Philadelphia: WB Saunders 1993:961-75.
- Squire L, Novelline R. Radiology should be a required part of the medical school curriculum. *Radiology* 1985;156(1):243-4.
- Sud V, Tucci MA, Freeland AE, Smith WT, Grinspun K. Absorptive properties of synovium harvested from the carpal tunnel. *Microsurgery* 2002;22(7):316-9.
- Szabo RM, Chidgey LK. Stress carpal tunnel pressures in patients with carpal tunnel syndrome and normal patients. *The Journal of hand surgery* 1989;14(4):624-7.
- Şen T, Kömürcü M. The anatomy of the wrist and the carpal tunnel. *TOTBİD Dergisi* 2011;10(1):18-24.
- Tanık N, Sarp Ü, Çelikkilek A, Uçar M, Balbaloğlu Ö, et al. Carpal tunnel syndrome: An evaluation clinical and sociodemographic characteristics of 350 patients. *Dicle Medical Journal / Dicle Tıp Dergisi* 2014;41(3):538-41.
- Teefey SA, Middleton WD, Boyer MI, editors. *Sonography of the hand and wrist. Seminars in Ultrasound, CT and MRI*; 2000: Elsevier.
- Trumble TE, Diao E, Abrams RA, Gilbert-Anderson MM. Single-portal endoscopic carpal tunnel release compared with open release. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84(7):1107-15.
- Türk stereoloji derneği 1998. <http://www.stereoloji.org/sayfa/3>

- Uchiyama S, Itsubo T, Nakamura K, Kato H, Yasutomi T, Momose T. Current concepts of carpal tunnel syndrome: pathophysiology, treatment, and evaluation. *Journal of orthopaedic science: official journal of the Japanese Orthopaedic Association* 2010;15(1):1-13.
- Uchiyama S, Itsubo T, Yasutomi T, Nakagawa H, Kamimura M, Kato H. Quantitative MRI of the wrist and nerve conduction studies in patients with idiopathic carpal tunnel syndrome. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry* 2005;76(8):1103-8.
- Vaithianathar L, Tench CR, Morgan PS, Lin X, Blumhardt LD. White matter T 1 relaxation time histograms and cerebral atrophy in multiple sclerosis. *Journal of the neurological sciences* 2002;197(1):45-50.
- Vanhees M, Morizaki Y, Thoreson AR, Larson D, Zhao C, An KN, et al. The effect of displacement on the mechanical properties of human cadaver subsynovial connective tissue. *Journal of Orthopaedic Research* 2012;30(11):1732-7.
- Werner R, Armstrong T. Carpal tunnel syndrome: ergonomic risk factors and intracarpal canal pressure. *Occupational Health and Industrial Medicine* 1997;6(37):287.
- Werner RA, Andary M. Carpal tunnel syndrome: pathophysiology and clinical neurophysiology. *Clinical Neurophysiology*. 2002;113(9):1373-81.
- Viera AJ. Management of carpal tunnel syndrome. *Am Fam Physician*. 2003;68(2):265-72.
- Wong S, Griffith J, Hui A, Tang A, Wong K. Discriminatory sonographic criteria for the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Arthritis & Rheumatism* 2002;46(7):1914-21.
- Yagci I, Elmas O, Akcan E, Ustun I, Gunduz OH, Guven Z. Comparison of splinting and splinting plus low-level laser therapy in idiopathic carpal tunnel syndrome. *Clinical rheumatology* 2009;28(9):1059-65.
- Yazdchi M, Tarzamani MK, Mikaeili H, Ayromlu H, Ebadi H. Sensitivity and specificity of median nerve ultrasonography in diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Int J Gen Med* 2012;5(1):99-103.
- Yesildag A, Kutluhan S, Sengul N, Koyuncuoglu H, Oyar O, Guler K, et al. The role of ultrasonographic measurements of the median nerve in the diagnosis of carpal tunnel syndrome. *Clinical radiology* 2004;59(10):910-5.
- Yılmaz Ö, Soyupek F, Parpar T, Bozkurt HG, Benzin Ş, Alkan RE. Karpal Tünel Sendromunun Tedavisinde Kullanılan Karpal Ligaman Traksiyon Aletinin

Ultrasonografik Olarak Tedaviye Katkısının Ölçülmesi. Kocatepe Medical Journal 2014;15(3):261-6.

Yoshii Y, Zhao C, Zhao KD, Zobitz ME, An KN, Amadio PC. The effect of wrist position on the relative motion of tendon, nerve, and subsynovial connective tissue within the carpal tunnel in a human cadaver model. Journal of Orthopaedic Research 2008;26(8):1153-8.

Yoshioka S, Okuda Y, Tamai K, Hirasawa Y, Koda Y. Changes in carpal tunnel shape during wrist joint motion MRI evaluation of normal volunteers. The Journal of Hand Surgery: British & European Volume 1993;18(5):620-3.

Yu HL., Chase R. A, Strauch B. Atlas of Hand Anatomy and Clinical Implications, China: Mosb; 2004. 256-7.

Yugueros P, Berger RA., Luchetti R. Anatomy of the carpal tunnel.Carpal Tunnel Syndrome. Amadio P. 2007; 13-20.

Ziswiler HR, Reichenbach S, Vögelin E, Bachmann LM, Villiger PM, Jüni P. Diagnostic value of sonography in patients with suspected carpal tunnel syndrome: a prospective study. Arthritis & Rheumatism 2005;52(1):304-11.

EKLER

Ek 1. Tıbbi Araştırmalar Etik Kurul Raporu

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
TIBBİ ARAŞTIRMA ETİK KOMİSYONU

Sayı:

03.12.2010

Sayın: Doç. Dr. Mehmet Emirzeoğlu

Etik Komisyonumuza sunmuş olduğunuz "Karpal Tünel Sendromlu Hastalarda Canalis Carpi'nin Manyetik Rezonans Görüntüleri üzerinden, Stereolojik olarak karşılaştırılmalı incelenmesi"Başlıklı Tıbbi Araştırma Etik Komisyonu 2010/187 Karar nolu Radyoloji çalışması nitelikli araştırma projeniz amaç, amaç, gerekçe, yaklaşım ve yöntemle ilgili açıklamaları, OMÜ-TAEK yönergesine göre incelenmiş etik açıdan bir sakınca olmadığına, çalışmanın süresi 6 ayı geçerse 6 aylık bildirimlerinin yapılmasına; çalışma tamamlandıktan sonra sonucunun tarafımıza bildirilmesine 02.12.2010 tarihli etik komisyonumuzda oy birliği ile karar verilmiştir

Bilgilerinize arz/rica ederim.



Prof.Dr.Abdulkerim BEDİR
Tıbbi Araştırma Etik Komisyonu
Başkanı

Ek 2. Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

Sayın Gönüllü,

Bu çalışma, Nörolojik muayene sonrasında karpal tunel sendromu (KTS) gelişmiş gönüllülerde yapılacaktır.

"Karpal Tünel Sendromlu Hastalarda Canalis Carpi'nin Manyetik Rezonans Görüntüleri üzerinden, Stereolojik olarak karşılaştırmalı incelenmesi."

başlıklı çalışmaya KTS tanısı konulan 30 hasta ve 30 sağlıklı olmak üzere 60 kadın gönüllü alınacaktır. Radyoloji Bölümünde gönüllü hastaların her iki el bileklerinin MR görüntüleri alınacak. Bu görüntüler üzerinde stereolojik yöntemler uygulanarak kanal içinde ki yapıların hacimleri hesaplanacak ayrıca kanal içeriklerinin canal hacmine oranı belirlenecektir.

Bu çalışmada, KTS gelişen el fonksiyon kayıplarının daha iyi tanınması amaçlanmaktadır. Çalışmaya katılmayı reddedebilirsiniz. Her hangi bir sorun olduğunda çalışmayı yürüten doktorun da sizi çalışma dışı bırakma hakkı vardır. **"Karpal Tünel Sendromlu Hastalarda Canalis Carpi'nin Manyetik Rezonans Görüntüleri üzerinden, Stereolojik olarak karşılaştırmalı incelenmesi."** başlıklı çalışma bana sözlü olarak da açıklandı. Çalışma ile ilgili tüm sorularıma tatmin edici cevaplar aldım. Çalışmaya kendi rızamla gönüllü olarak katılmayı kabul ediyorum.

Hastanın adı soyadı:

İmza:

Doktor adı soyadı:

İmza:

Tanıklık eden kurum yetkilisinin adı soyadı:

İmza:

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Gürsel AK GÜVEN

Doğum Yeri: SAMSUN/ Terme

Doğum Tarihi: 02/06/ 1978

Medeni Hali: Evli

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl):

Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik Bölümü 1996-2000

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Histoloji ve Embriyoloji ABD 2003-2006

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Başkent Üniversite Hastanesi Genel Cerrahi ve Reanimasyon Yoğun Bakım 2000-2002

Gazi Üniversitesi Araştırma ve Eğitim Hastanesi Pediatri Servis ve Yoğun Bakım 2003-2009

Ondokuz Mayıs Üniversitesi SHMYO, Öğretim görevlisi 2009-

E-posta: gurselakguven@gmail.com