T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ANATOMİ ANABİLİM DALI

BAŞPARMAK İNTERFALANGEAL EKLEM VE ÇEVRESEL YAPILARDA SİNİR SONLANMALARININ DAĞILIMI

Doç. Dr. Baver ACAR

DOKTORA TEZİ

2021-ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ANATOMİ ANABİLİM DALI

BAŞPARMAK İNTERFALANGEAL EKLEM VE ÇEVRESEL YAPILARDA SİNİR SONLANMALARININ DAĞILIMI

Doç. Dr. Baver ACAR

DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Muzaffer SİNDEL

Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından TDK-2018-4084 proje numarası ile desteklenmiştir.

"Kaynakça gösterilerek tezimden yararlanılabilir"

2021-ANTALYA

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca engin bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen, eğitimimin her aşamasında bana sabırla yol gösteren, bana ve bu çalışmaya değerli katkılarda bulunan sevgili danışman hocam Prof. Dr. Muzaffer SİNDEL'e, bu zaman zarfında bilgi ve deneyimlerini bana aktaran, Prof. Dr. Levent SARIKÇIOĞLU ve Anatomi Anabilim Dalı'mızdaki tüm değerli öğretim üyelerimize,

Tezin her aşamasında destekleri ve sevgileri ile beni yalnız bırakmayan sevgili eşim Ayşe ÇABUKUSTA ACAR, kızlarım Berfin Duru, Lavin Bade ve aileme

En içten sevgi, saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı başparmak interfalangeal ekleminin nörofizyolojik işlevlerini daha iyi anlamak için başparmak interfalangeal eklem kapsülündeki sinir sonlanmalarının dağılımını nicel olarak analiz etmektir.

Yöntem: Bu çalışmada 5 adet taze donmuş kadavranın (5 erkek) sağ el başparmakları diseke edildi. Kadavraların ölüm anında ortalama yaşı 63,4 idi (55-73). Parmaklarda yaralanma veya deformasyon yoktu. Eller anatomik pozisyonda sabitlendikten sonra başparmak derisi kaldırıldı ve sadece eklem kapsülü kalacak şekilde başparmak Interfalangeal eklemi çevre yapılardan sıyrıldı (tendon, A2 pulley). Interfalangeal eklem kapsülü dorsal ve volar olarak alındı. 2 eşit parça olacak şekilde proksimal ve distal bölgelere ayrıldı. Ardından tüm numunelerden 5 μm aralıklarla enine seri kesitler alındı. Kesitler sinir uçlarının tespiti için immünohistokimyasal (PGP9.5 antikoru) ve hematoksilen-eosin (HE) boyama ile boyandı.

Bulgular: Elde ettiğimiz verilere göre Ruffini benzeri sonlanmalar istatistiksel olarak hem volar hem de dorsal parçaların proksimal kısımlarında daha fazla tespit edildi (p<0.05). Paccini ve golgi benzeri sonlanmalarda ise bölgeler arasında istatistiksel fark bulunmadı. Kapsülün volar kısmında özellikle Ruffini benzeri sinir sonlanmalarının varlığının dorsal bölgeye oranla 1,5 kat daha fazla, dorsal kısmında ise Paccini benzeri sinir sonlanmalarının 4,4 kat daha fazla olduğunu tespit edildi. Golgi benzeri sinir sonlanmaları dorsal ve volar bölgelerde benzer değerlerde bulundu.

Sonuç: Bu çalışmanın sonuçlarına göre hem volar hem de dorsal eklem kapsülünün proksimal kısmında tip 1 sinir sonlanmaları istatistiksel olarak daha fazla oranda görülmüştür. Dolayısıyla başparmak interfalangeal eklem kapsülünün proksimal ve distal kısmının eklem hareketi sırasında farklı fonksiyonları olabilir. Ayrıca başparmak interfalangeal ekleminde daha önceki çalışmalardan farklı olarak Golgi benzeri sinir sonlanması tespit edildi. El başparmak fizyolojisinin daha iyi anlaşılması konusunda bu bilgilerin araştırmacılar tarafından dikkate alınması gerektiği ve yeni çalışmalar yapılması gerektiği kanısındayız.

Anahtar kelimeler: interfalangeal eklem, mekanoreseptör, sinir sonlanması

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to quantitatively analyze the distribution of nerve endings in the thumb interphalangeal joint capsule to better understand the neurophysiological functions of the thumb joint.

Method: In this study, the right hand thumbs of 5 fresh frozen cadavers (5 males) were dissected. The average age of the cadavers at the time of death was 63.4 years (55-73). There was no injury or deformation of the fingers. After the hands were fixed in anatomical position, the skin of the thumb was removed and the thumb IP joint was stripped from the surrounding structures, leaving only the joint capsule (tendon, A2 pulley). The IP joint capsule was removed dorsally and volarly. It was divided into proximal and distal regions in 2 equal parts. Then, transverse serial sections were taken from all samples at 5 μm intervals. These sections were stained with PGP9.5 antibody immunohistochemically and hematoxylin-eosin (HE) staining for detection of nerve endings.

Results: According to the data we obtained, Ruffini-like nerve endings were found statistically more in the proximal parts of both volar and dorsal parts ($p < 0.05$). No statistical difference was found between regions in terms of paccini and Golgi nerve endings. It was determined that the presence of Ruffini like nerve endings in the volar part of the capsule was 1.5 times more than the dorsal region and paccini like nerve endings were 4.4 times more in the dorsal part. Golgi-like nerve endings were found to have similar values in the dorsal and volar regions.

Conclusion: According to the results of this study, Ruffini like nerve endings were observed at a higher rate in both volar and proximal parts of the dorsal joint capsule. Therefore, the proximal and distal parts of the thumb interphalangeal joint capsule may have different functions during joint movement. In addition, type 3 nerve terminations were observed in the thumb IP joint. We believe that our study should be taken into consideration by researchers for a better understanding of thumb physiology, and new studies should be conducted to better understand this issue.

Key words: interphalangeal joint, mechanoreceptor, nerve endings

İÇİNDEKİLER

ÖZET **i**

ABSTRACT **ii**

İÇİNDEKİLER **iii**

TABLOLAR DİZİNİ **v**

ŞEKİLLER DİZİ **vi**

SİMGELER ve KISALTMALAR **vii**

1. GİRİŞ **1**

2. GENEL BİLGİLER **3**

2.1. Duyu Sonlanmaları 3

2.1.1. Duyu Reseptörlerinin Sınıflaması 3

2.1.2. Pozisyon Duyusu (Propriosepsiyon) Nedir? 3

2.1.3. Serbest Sinir Sonlanmaları [Free Nerve Ending (FNE)] 4

2.1.4. Kapsüllü Sonlanmalar 5

2.2. Meissner Korpüskülü 5

2.3. Pacini Korpüskülü (Lamellar Corpuscle; Corpusculum lamellosum lateralis) 6

2.4. Ruffini Korpüskülü (Ruffini Sinir Sonlanması) 7

2.5. Golgi Tendon Organı 9

3. MATERYAL ve METOD **10**

3.1. Hematoksilen-Eosin Boyama 10

3.2. İmmünohistokimyasal Değerlendirme 10

3.3. İstatistiksel Analiz 12

4. BULGULAR **13**

5. TARTIŞMA **19**

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER **22**

KAYNAKLAR **23**

ÖZGEÇMİŞ **26**

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 4.1. Gözlemciler arası sınıf-içi korelasyon (ICC) katsayıları 13

Tablo 4.2. Volar-Dorsal parçalara göre ortalama sinir sonlanım sayıları (sayı/μm^2 10^{-6}) 13

Tablo 4.3. Volar-Dorsal parçalara göre sinir sonlanım bulguları 15

Tablo 4.4. Tüm parçalarda proksimal-distale göre sinir sonlanım bulguları 16

Tablo 4.5. Volar parçalarda proksimal-distale göre sinir sonlanım bulguları 16

Tablo 4.6. Dorsal parçalarda proksimal-distale göre sinir sonlanım bulguları 16

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Meissner cisimciği	5
Şekil 2.2.	Bielschowsky gümüş boyama; Meissner cisimciği	5
Şekil 2.3.	Pacini sinir sonlanması	7
Şekil 2.4.	Pacini sinir sonlanması, hematoksilen-eozin boyama	7
Şekil 2.5.	Ruffini sinir sonlanması	8
Şekil 2.6.	Ruffini sinir sonlanması, gold chloride boyaması	8
Şekil 2.7.	Golgi tendon organı	9
Şekil 4.1.	Sinir sonlanmalarının PGP9.5 antikoru ile immünohistokimyasal olarak işaretlendiği ve hematoksilen eosin (HE) boyanma sonrası görüntüler	14
Şekil 4.2.	Tip I, Tip II ve Tip III sinir sonlanmaları PGP9.5 antikoru ile immünohistokimyasal olarak gösterilmesi	15
Şekil 4.3.	Paccini sinir sonlanmasının volar ve dorsal bölgedeki proksimal ve distal dağılımı	17
Şekil 4.4.	Ruffini sinir sonlanmasının volar ve dorsal bölgedeki proksimal ve distal dağılımı	17
Şekil 4.5.	Golgi sinir sonlanmasının volar ve dorsal bölgedeki proksimal ve distal dağılımı	18

SİMGELER ve KISALTMALAR

DIP : Distal İnterfalangeal Eklem

EK : Ekstrakapsüler

EPB : Ekstansöz Pollicis Brevis

EPL : Ektansör Pollicis Longus

Ggl. : Ganglion

HE : Hematoksilen-Eozin

IP : Interfalangeal Eklem

İK : İntrakapsüler

1. GİRİŞ

İnsan parmağı çok iyi organize edilmiş bir sensorimotor sistemi ile ince motor hareketlerini gerçekleştirir (Kandel ve ark., 2000). Parmağın duysal sinir sistemi motor ve keşif hareketlerinin kontrolünde rol oynar (Tomita ve ark., 2007; McLain ve Pickar; 1998). Kapsüllü sinir sonlanmaları, afferent girişlerin son bileşenleridir ve sinir terminalini çevreleyen özel uç organlara sahiptir. Bu sinir sonlanmaları 3 tip olarak sınıflandırılmıştır: tip I (Ruffini benzeri sonlanma), tip II (Pacini benzeri sonlanma) ve tip III (Golgi benzeri sonlanma). Tüm sinir sonlanmaları mekanik uyaranlara tepki gösterir ve her sinir sonlanması farklı fizyolojik özelliklere sahiptir (Kennedy ve ark., 1982; O'Connor ve Gonzales, 1979; Wyke, 1967).

Tip I sinir sonlanmaları bir nesneyi tutma ve bırakma sırasındaki basınç değişiklikleri gibi değişiklikleri algılar (Kettenmann, 2016); vibrasyonel rolü ise yüzeyin dokusunu algılamakla alakalıdır (Caceci, 2017). Tip II sinir sonlanmaları parmak, eklem pozisyonunun ve hareketinin kinestetik duyusuna ve kontrolüne katkıda bulunur; tip III sinir sonlanmaları nöromuskuler iğciklerden gelen bilgiyi tamamlayıcı proprioseptif bilgiyi sağlamakta önemli role sahiptirler. Yavaş adapte olan sinir sonlanmalarıdır ve hareket açıklıklarının uç noktalarında baskıya duyarlıdır (Kettenmann, 2016; Parent, 1996).

Hassas parmak hareketi için duysal sinir sistemi çok önemli bir yer içermektedir. Literatürde parmak proksimal interfalangeal (PIP) ve distal interfalangeal (DIP) eklemin sinir sonlanmaları ile ilgili çalışmalar olmakla birlikte başparmak interfalangeal (IP) ekleminin sinir sonlanma bileşenlerinin lokalizasyonu ile ilgili güncel literatürde yayın bulunmamaktadır.

Başparmak IP eklemi yapısal olarak DIP ekleme benzemekle beraber daha büyüktür ve bazı farkları vardır. Sadece A2 pulleyine sahiptir. Palmar plağın rigid olan orta kısmı IP eklemde belirgin bir şekilde incedir. Palmar plağın check-rein ligamenti kısadır bu durum IP ekleme yaklaşık 20° hiper ekstansiyon yapma olanağı sağlar. Ayrıca IP eklem palmar plak kalınlığı yaklaşık 3-4mm kadardır ve bu da metacarpo phalangeal eklemdeki volar plate kalınlığının yaklaşık 2 katı kadardır. Ekstansor mekanizması EPL ve EPB kombinasyonundan oluşmuştur (Leversedge, 2008).

Bu çalışmanın amacı başparmak IP ekleminin nörofizyolojik işlevlerini daha iyi anlamak için başparmak IP eklem kapsülündeki sinir sonlanmalarının dağılımını nicel olarak analiz etmektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Duyu Sonlanmaları

2.1.1. Duyu Reseptörlerinin Sınıflaması

Duysal reseptörlerin başlıca beş tipi vardır:

(1) Mekanoreseptörler, reseptöre veya reseptöre komşu dokulara uygulanan mekanik basınç veya gerilmeyi algılarlar;

(2) Termoreseptörler, soğuğa veya sıcağa duyarlı olarak, sıcaklıktaki değişiklikleri algılarlar;

(3) Nosiseptörler (ağrı reseptörleri) dokularda meydana gelen fiziksel ve kimyasal hasarı bildirirler;

(4) Elektromanyetik reseptörler, gözde retina üzerine ulaşan ışığı tanır ve

(5) Kemoreseptörler, ağızdaki tat duyusunu, burundaki koku duyusunu, arteryel kandaki oksijen düzeyini, vücut sıvılarındaki ozmolariteyi, karbondioksit konsantrasyonunu ve vücut kimyasında etkisi olan diğer faktörleri bildirirler (Kandel ve ark., 2000; O'Connor ve Gonzales, 1979).

2.1.2. Pozisyon Duyusu (Propriosepsiyon) Nedir?

Pozisyon duyuları, propriyoseptif duyular olarak da isimlendirilirler. İki alt gruba ayrılabilir:

(1) Statik pozisyon duyusu, vücudun farklı bölümlerinin bir diğerine göre oryantasyonunun bilinçli algılanması anlamına gelir,

(2) Hareket hızı duyusu, (kinestezi veya dinamik propriyosepsiyon olarak da adlandırılır).

Pozisyon Duyusu Reseptörleri hem statik hem de dinamik duruşun bilinmesi, tüm düzlemlerdeki, tüm eklemlerin açılanma derecelerinden ve bunların değişiklik oranlarından haberdar olunmasına bağlıdır (Kandel ve ark., 2000; McLain ve Pickar, 1998). Bundan dolayı çok sayıda değişik tip reseptör, eklem açısını belirlemede yardımcı olur ve birlikte pozisyon duyusu için kullanılırlar. Bu reseptörler merkezi sinir sistemine verileri yollarlar (Kandel ve ark., 2000). Pozisyon duyusu vücudun stabilitesinin korunmasına katkıda bulunur (Kennedy ve ark., 1982; O'Connor ve Gonzales, 1979).

2.1.3. Serbest Sinir Sonlanmaları [Free Nerve Ending (FNE)]

Dallanan duyu sonlanmaları pek çok yerde pleksuslar oluştururlar. Serbest sinir sonlanmaları dermis, fasyalar, organ kapsülleri, ligamentler, tendonlar, damar duvarlarının adventisyaları, meninksler, eklem kapsülleri, periost, perikondrium, kemikteki havers sistemi, parietal periton, iç organların duvarları ve her tip kasın endomisyumu da dahil olmak üzere tüm bağ dokusunda bulunurlar. Ayrıca deri epiteli, kornea, bukkal boşluk ve sindirim ve solunum yollarında bulunan bezleri de innerve ederler. Epitelde duyu sonlanmaları schwann hücreleri tarafından myelinle sarılmaz, bunun yerine epitelyal hücreler tarafından sarılır. Serbest sonlanmalardan gelen afferent lifler miyelinli ya da miyelinsiz olabilir, fakat çapları her zaman dardır ve ileti hızları düşüktür (Kettenmann, 2016; Parent 1996).

Afferent aksonlar miyelinli olsa da terminal dalları miyelin kılıftan yoksundur. Bu terminal aksonlar pek çok duyusal modalite gösterir. Dermiste soğuğun ve sıcaklığın algılanması (termoreseptör); hafif dokunma duyusu (mekanoreseptör); hasar verecek düzeyde ısı, soğuk ya da mekanik uyarı (unimodal nosiseptör); ya da pek çok zarar verecek uyaranın algılanmasından (polimodal nosiseptör) sorumlu olabilirler. Daha derin dokularda bulunan benzer lifler ise ağrı ya da acı gibi tüm nosiseptörlerin algılayacağı daha ağır uyaranları algılayabilirler. Kornea, dentin ve periosttaki serbest sonlanmalar sadece nosiseptördür. Derideki özelleşmiş serbest sonlanmalar epidermal yapılarla ilişkilidir. Derin dermal kutanöz pleksustaki miyelinli liflerden dallanan serbest sonlanmaların (peritrişal reseptörler) sayı, boyut ve şekilleri innerve ettiği kıl folikülünün tipiyle ilişkilidir (Kettenmann, 2016).

Bu sonlanmalar kıl deformasyonu sırasındaki hareketi algılarlar ve hızı adapte olan mekanoreseptör grubunda yer alırlar. Merkel sonlanmaları epidermisin tabanında ya da bazı kıl foliküllerinin apikal uçlarının çevresinde bulunurlar ve çoğunluğunun aksonları miyelinlidir. Epidermisin bazal laminasında bulunan Merkel hücresine doğru uzanan akson Merkel hücresinin tabanına doğru yaklaştığında disk şeklinde bir genişleme gösterir. Merkel hücrelerinin nöral krest kökenli olma ihtimalinin yüksek olmasına rağmen epidermisten geliştiğine inanılmaktadır. İçinde transmitter olduğu muhtemel olan pek çok büyük (50-100 nm) yoğun vezikül içerirler.

Merkel sonlanmalarının uzun süreli basınca ve temas edilen nesnelerin köşelerine duyarlı, yavaş uyum sağlayan mekanoreseptörler olduğu düşünülmektedir. Bununla

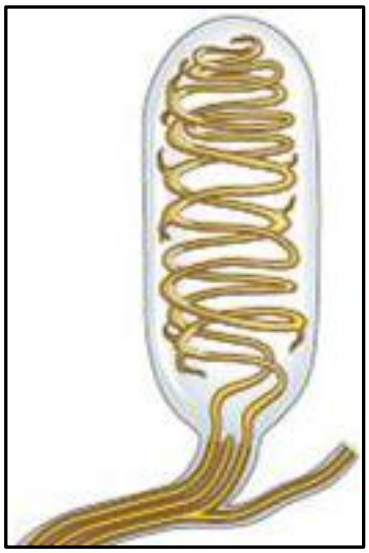
birlikte işlevlerinin tartışmalı olduğu ve muhtemelen daha çeşitli olduğu düşünülmektedir (Kettenmann, 2016).

2.1.4. Kapsüllü Sonlanmalar

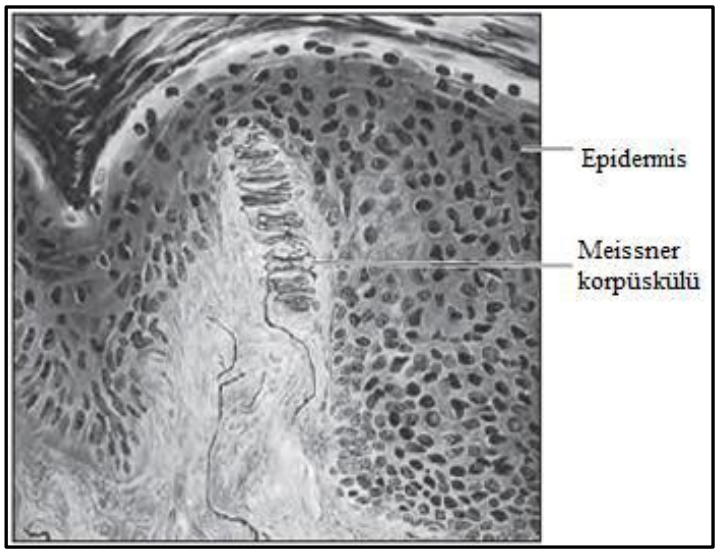
Kapsüllü sonlanmalar pek çok çeşit lamelli korpüskül (Meissner, Pacini), Golgi tendon organı, nöromuskuler iğcikler ve Ruffini sonlanmaları gibi özel sonlanmalardır. Boyut, şekil ve dağılım açısından oldukça çeşitlilik gösterirler fakat hepsinin ortak bir özelliği vardır. Her bir akson terminali uyarılamayan kapsüllü hücrelerle sonlanır (Kettenmann, 2016).

2.2. Meissner Korpüskülü

Meissner korpüskülü Georg Meissner ve Rudolf Wagner tarafından tanımlanmış mekanoreseptörlerdendir (Salk, 2017; Pare ve ark., 2001). Bu korpuskul parmak uçları gibi kalın kılsız deri bölgelerinde en fazla bulunur (Kettenmann, 2016; Hoffmann ve ark., 2004). Hassas dokunma duyusuna duyarlıdır, özellikle 10-50 Hz aralığındaki frekansları algılarken uyarılma eşikleri düşer. Olgun korpüsküller silindir şeklindedir, yaklaşık 80 μm uzunluğunda ve 30 μm genişliğindedir, uzun eksenleri cilt yüzeyine dik olarak uzanır. Bağ dokudan oluşmuş kapsülü ve merkezinde düz yapılı modifiye schwann hücrelerinden oluşmuş bir çekirdeği bulunur (Şekil 2.1 ve Şekil 2.2). Hızlı uyum sağlayan mekanoreseptörlerdendir (Kettenmann, 2016).



Şekil 2.1. Meissner cisimciği (Kettenmann, 2016)

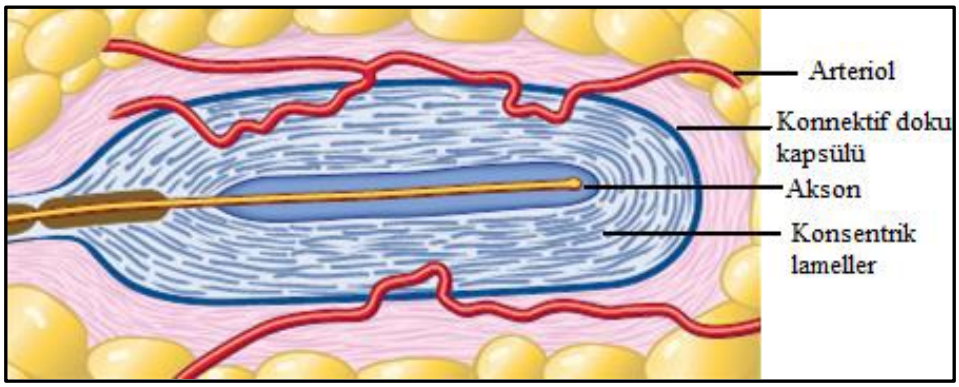


Şekil 2.2. Bielschowsky gümüş boyama; Meissner cisimciği (Kettenmann, 2016)

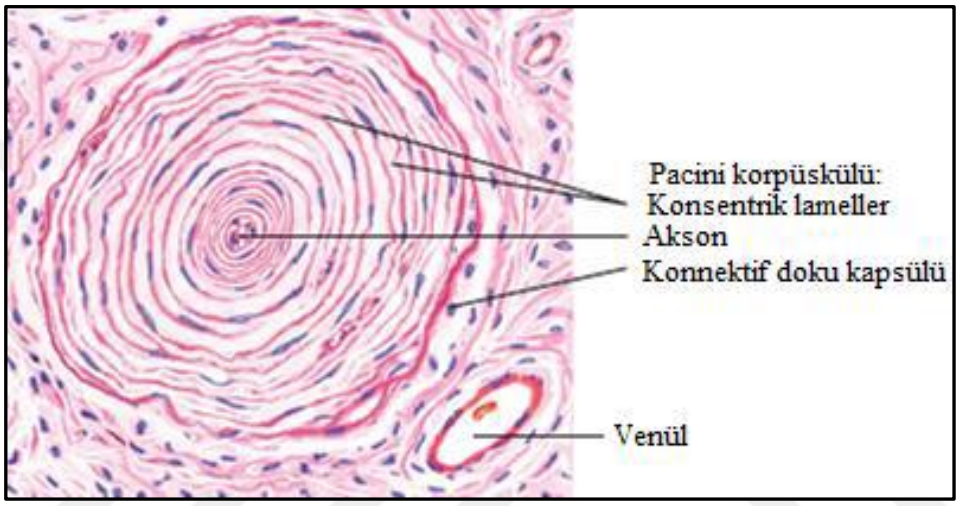
2.3. Pacini Korpüskülü (Lamellar Corpuscle; Corpusculum lamellosum lateralis)

Pacini korpüskülü Filippo Pacini tarafından bulunmuştur (Salk, 2017; Hunt, 1974; Caceci, 2017). Özellikle kılsız deride bulunur (Bisvas ve ark., 2015a). Lamelli, ortalama 2 mm uzunlukta ve 100-500 μm genişliktedir. Çıplak gözle görülebilir, her bir korpüskülün kapsülü, ortada büyüme bölgesi ve orta kısımda akson terminalini içeren çekirdeği vardır (Şekil 2.3). Ortalama 0.2 μm kalınlığındaki yassı hücrelerin oluşturduğu 30 katlı konsentrik lameller kapsülünü oluşturur. Yassı hücrelerin oluşturduğu lamelleri birbirinden amorf bir proteoglikan matriks ile ayrılır (Şekil 2.4). Lamellar hücrelerin yüzeyinde proteoglikan matriks bulunur. Yaş ile kollajenin miktarı artar. Merkezdeki sinir terminalini çevreleyen iki taraflı ortalama 60 adet kompakt terminalden çekirdek oluşur. Miyelinli bir akson her bir korpüskülde bulunur. Aksonun, miyelin kılıfı ve miyelin kılıfı oluşturan schwann hücresi terminale yaklaştıkça yok olur. Miyelinsiz akson çekirdeğe doğru ilerler ve bir genişleme ile sonlanır. En içteki çekirdek lameli akson terminali ile temaslıdır ve fonksiyonunun ne olduğu bilinmeyen uzantıları lameller arasındaki yarıklara gönderir. Aksonda çok fazla miktarda mitokondri vardır. Korpüsküldeki bir deformasyon, akson membranında yer alan basınca duyarlı Na^+ kanallarını açarak aksiyon potansiyelinin oluşmasına neden olur. Bu, Na^+ iyonlarının akson içine girmesini ve bir reseptör potansiyeli oluşturmasını sağlar (Kandel ve ark., 2000). Pacinian korpüskülü, deride basınç ve titreşimi algılayan sinir sonlanmalarıdır (Bisvas ve ark., 2015). Yüksek frekanslı titreşimlere duyarlıdır ve ani hareketlerle uyarılır (Kandel ve ark., 2000; Bisvas ve ark., 2015b). Pacinian korpüskülünün, duyarlılığı 250 Hz'dir ve bu parmak uçlarındaki 1 μm'den küçük yapılardan üretilen frekans aralığıdır (Hunt, 1974; Caceci, 2017).

Pacinian korpüskülü hızlı adaptasyon gösterir (Kandel ve ark., 2000). Lamellerin bir filtre gibi davranarak yüksek frekansı algılaması ve hücrelerin yavaş değişimlerini baskılaması hızlı adaptasyonun nedeni olabilir (Kettenmann, 2016; Kandel ve ark., 2000). Bir nesneyi kavrama ve bırakma anındaki basınç değişiklikleri gibi değişiklikleri korpüskül grupları algılar (Kettenmann, 2016). Pacinian korpüskülü Ruffini korpüskülünden sayıca daha az ve daha büyüktür (Kandel ve ark., 2000).



Şekil 2.3. Pacini sinir sonlanması (Kettenmann, 2016)



Şekil 2.4. Pacini sinir sonlanması, hematoksilen-eozin boyama (Eroschenko, 2013)

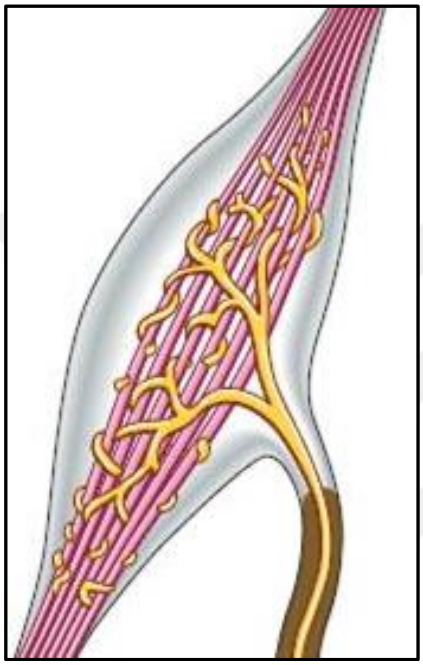
2.4. Ruffini Korpüskülü (Ruffini Sinir Sonlanması)

Ruffini sonlanmaları yavaş uyum sağlayan mekanoreseptörlerdir (Kettenmann, 2016, Halata ve Munger, 1980; Halata ve Munger, 1981; Halata, 1981; Halata, 1988) ve İtAngelo Ruffini tarafından tanımlanmıştır (Salk, 2017). İnce kıllı deride gerim reseptörü olarak görev yaparlar ve dermal kollajendeki strese karşı duyarlıdırlar, kesintisiz basınca duyarlıdır. Uzun kapsüllü ve genişlemiş sinir sonlanmalarıdır (Barrett ve ark., 2010) (Şekil 2.5).

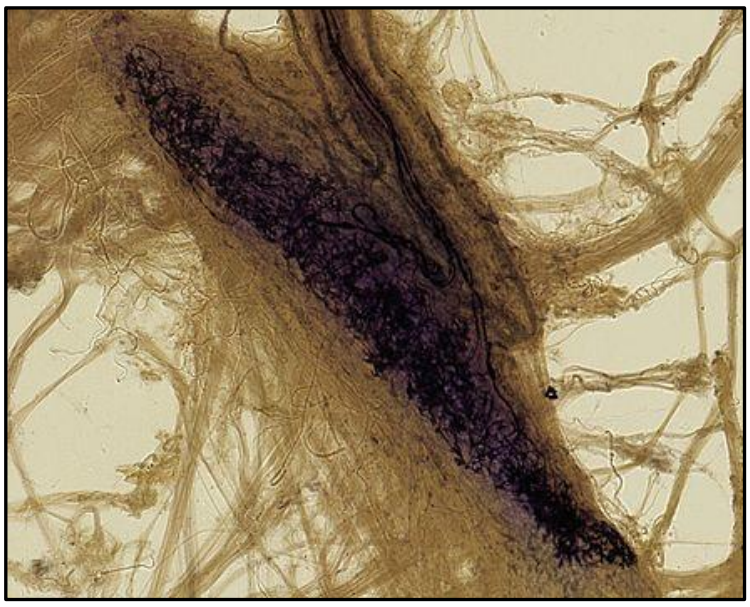
Korpüskül ince bir perinöral kapsülle çevrilidir (Halata ve Munger, 1981).

Korpüskül yaklaşık 40-50 μm çapında, 15-20 μm kalınlığında, 200-600 μm uzunluğunda ölçülmüştür (Halata ve Munger 1981; Halata, 1988). Kollajen demetlerinin lifleri arasında aksonlar dağılırlar. Sinir epinöriumu tarafından oluşturulan kısmen fibrosellüler bir kılıfla sarılmış, iğ şeklinde yapılar oluştururlar (Şekil 2.6).

Ruffini sonlanmaları elektrofizyolojik olarak golgi tendon organlarına benzer. Eklem kapsülünde görülür (Kettenmann, 2016). Ruffini sonlanmaları cildin gerilmesine duyarlıdır ve parmak, eklem pozisyonunun ve hareketinin pozisyon duyusuna ve kontrolüne yardım eder. Nesneleri kavramasının düzenlenmesini yardım eder. Derinin derin katmanlarında bulunur. Süreğen basınca karşı hassastır, eklemlerdeki pozisyon ve açı değişikliklerine duyarlıdırlar (Hamilton ve ark., 2011).



Şekil 2.5. Ruffini sinir sonlanması (Barrett ve ark., 2010)



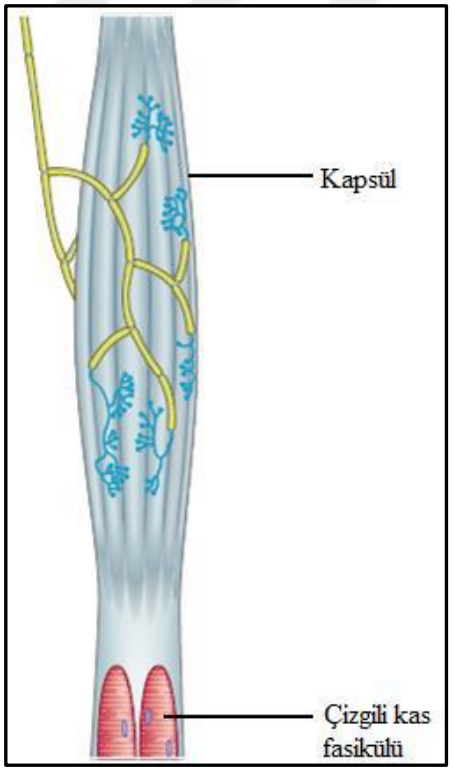
Şekil 2.6. Ruffini sinir sonlanması, gold chloride boyaması (Sherrington, 2017)

2.5. Golgi Tendon Organı

Golgi tendon organı Camillo Golgi tarafından tanımlanmıştır (Salk, 2017). Muskulotendinöz bileşkeye yakın olarak bulunur. Kas kontraksiyonunun veya geriminin artmasıyla uyarılır ve kasın kasılmasını önler. Golgi tendon organı, kas kasılması aşırı olduğunda kas hasarına karşı korur.

Medulla spinalis'in cornu anterior'u içerisindeki motor nöronlara golgi tendon organının propriyoseptif duyu nöronu ile uyarılır. Golgi tendon organları, kas üzerindeki yükü ya da gerginliği ayarlamak uzmanlaşmıştır. Golgi tendon organları yaklaşık 100 µm çapında, 500 µm - 1 mm uzunluğunda, kollajen lifleriyle dolu ince huni benzeri bir kapsül içine giren ekstrafuzal kas liflerinden oluşur (Kettenmann, 2016) (Şekil 2.7).

Golgi tendon organı, kasın aktif kontraksiyonuna çok duyarlıdır, ancak tendonun pasif gerilimi ile de uyarılır. Kollajen liflerdeki dizilim sayesinde golgi tendon organı, kas gerimine oranla kas kontraksiyonuna karşı daha hassastır. Yavaş uyum sağlayan ve süreğen gerginliği algılayan mekanoreseptörlerdir (Kettenmann, 2016).



Şekil 2.7. Golgi tendon organı (Wyke, 1967)

3. MATERYAL ve METOD

Bu çalışmada 5 adet taze donmuş kadavranın (5 erkek) sağ el başparmakları diseke edildi. Kadavraların ölüm anında ortalama yaşı 63,4 idi (55-73). Parmaklarda yaralanma veya deformasyon yoktu. Eller anatomik pozisyonda sabitlendikten sonra başparmak derisi kaldırıldı ve başparmak IP eklemi sadece eklem kapsülü kalacak şekilde çevre yapılardan sıyrıldı (tendon, A2 pulley). IP eklem kapsülü dorsal ve volar olarak alındı. 2 eşit parça olacak şekilde proksimal ve distal bölgelere ayrıldı. Ardından tüm numunelerden 5 μm aralıklarla enine seri kesitler alındı ve bu kesitler sinir uçlarının tespiti için PGP9.5 antikoru ile immünohistokimyasal ve hematoksilen-eosin (HE) boyama ile boyandı.

3.1. Hematoksilen-Eosin Boyama

Hematoksilen-Eosin boyama yöntemi için öncelikle parafin blok haline getirilen doku örneklerinden mikrotom cihazı yardımı ile 5 μm kalınlığında superfrost lamlara alınan kesitler 56°C sıcaklığındaki etüvde 1 gece bekletildi. Ksilol-1 ve ksilol-2'de 10'ar dakika devamında da %100'lükden başlayan ve giderek azalan %90, %80 ve %70'lik alkollerde 5'er dakika bekletildi. 20 saniye hematoksilen solüsyonu uygulandı ve ardından yıkama işlemi gerçekleştirildi. 10 saniye eosin solüsyonunda bekletildi ve yıkama işlemi gerçekleştirildi. Distile suda 3 dakika bekletildikten sonra %70'lik, %80'lik ve %90'lık alkolden hızlıca geçirilip %100'lük alkolde 5 dakika bekletildi. Sonrasında ksilol-1 ve ksilol-2'de 10 dakika bekletildi ve kesitler lam ile kapatılarak kurumaya bırakıldı.

3.2. İmmünohistokimyasal Değerlendirme

Kadavradan alınan dokular ışık mikroskobunda incelenmek üzere %10'luk formalinde 72 saat süreyle tespit edildi. Tespit edilen dokular alkol, ksilol ve ksilol-parafin serilerinden geçirilerek parafin bloklar hazırlandı. Hazırlanan parafin bloklardan poly-L lizinli lamlara 5 μm kalınlığında seri kesitler alındı. Kesitler 37°C'deki etüvde bir gece bekletildikten sonra etüv ısısı 57°C'ye çıkarılarak bu ısıda 1 saat bırakıldı. Lamlar deparafinizasyonu tamamlamak amacıyla 15 dakika ksilolde bekletildi, daha sonra 3'er dakika azalan alkol serilerinde (%100, %90, %80 ve %70) bekletilmesiyle deparafinize işlemi sağlandı. Alkol serilerinden sonra kesitler 3 dakika distile su içerisinde hidrate edildi. Dehidrate edilen dokularda formaldehitin kapattığı reseptör bölgelerinin açığa çıkarılmasını sağlamak amacıyla taze

hazırlanmış sitrik asit tamponunda (pH=6,0) 750 W'da 6 dakika mikrodalga fırında kaynatarak antijen retrieval işlemi gerçekleştirildi. Kesitler mikrodalga uygulaması sonrasında oda ısısında 20 dakika soğutulduktan sonra 3'er kere 5'er dakika yıkandı. Daha sonra dokular oda ısısında 15 dakika %3'lük H_2O_2 solüsyonuna maruz bırakılarak dokularda endojen peroksidaz aktivitesi bloke edildi. Tüm yıkama işlemleri pH 7.4 Phosphate Buffer Saline (PBS) ile gerçekleştirildi. Yıkanan lamlara 7 dakika bloklama solüsyonu uygulanarak özgün olmayan bağlanmaların engellenmesi sağlandı. Bu işlem sonrasında herhangi bir yıkama basamağı yapılmadan kesitler, pozitif gruplara dilue edilmiş PGP9.5 primer antikoru (1:200) (UCHL1/PGP9.5 Polyclonal Antibody, katalog no: bs-3806R) ve negatif gruplara da aynı oranda IgG içeren immünglobulinler damlatıldı. Kesitler nemli muhafaza kutularına alınarak +4°C'de gece boyu inkube edildi. İnkubasyon sonunda kesitlerdeki solüsyonlar uzaklaştırıldı. Primer antikoru test etmek için kullanılan IgG negatif kontrolümüz boyanmaları test etmemizi sağladı. Ertesi sabah 3'er kez 5'er dakika PBS'de yıkanan kesitler biotinli sekonder ile işaretlenmiş anti-rabbit sekonder antikorda (1:400) oda ısısında 1 saat inkübe edildikten sonra, 3'er kez 5'er dakika PBS'de yıkandı. HRP-konjuge Streptoavidin damlatılarak 40 dakika oda ısısında bekletildi. Yıkamanın ardından DAB (Diaminobenzidin) substratı damlatılıp 40 saniye bekletilerek enzim substrat ilişkisi sonucunda oluşacak olan kahverengi boyanmalar mikroskop altında değerlendirildi. Ardından Mayerhematoksilen ile zıt boyama yapıldı. Örnekler daha sonra artan alkol serilerinden (%70, %80, %90, %100) geçirilerek dehidrate (sudan kurtarma) edildi, ksilolden geçirildi ve entellan ile kapatıldı. Zeiss Axioplan (Oberkochen, Germany) ışık mikroskobunda PGP9.5 antikoru ile işaretlenen Tip I, Tip II ve Tip III benzeri sinir sonlanmaları değerlendirildi (Şekil 3.1, Şekil 3.2).

Enine kesitlerin ışık mikroskobik görüntüleri bir monitör ekranına aktarıldı. Sinir sonlanmalarının morfolojik özellikleri monitörde değerlendirilerek birbirinden ayrımı sağlandı ve dorsal proksimal, dorsal distal, volar proksimal ve volar distal bölgelerde bulunan sinir sonlanması tipleri sayılarak gruplar arasındaki fark Modifiye Freeman-Wyke sınıflamasına göre değerlendirildi. Bu sınıflamaya göre sinir sonlanmaları şekil ve büyüklüklerine göre sınıflandırıldı (Halata, 1988). Sayım sırasında 2 farklı gözlemci birbirinden bağımsız olarak sayım yaptı.

3.3. İstatistiksel Analiz

Çalışmada elde edilen veriler değerlendirilirken, analizler IBM SPSS 23.0 paket programı (IBM Corp., Armonk, NY) ile yapılmıştır. Tanımlayıcı istatistikler ortalama±standart sapma (SS) veya medyan (min-maks) değerleri ile sunulmuştur. Normal dağılım varsayımı Shapiro-Wilk testi ile kontrol edilmiştir. İki grup arasındaki farkın analizinde normal dağılıma uymadığı durumda Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. 0,05'ten küçük p değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Her iki gözlemcinin sonuçları arasında ICC test sonucunda istatistiksel olarak fark bulunmadı (Tablo 4.1).

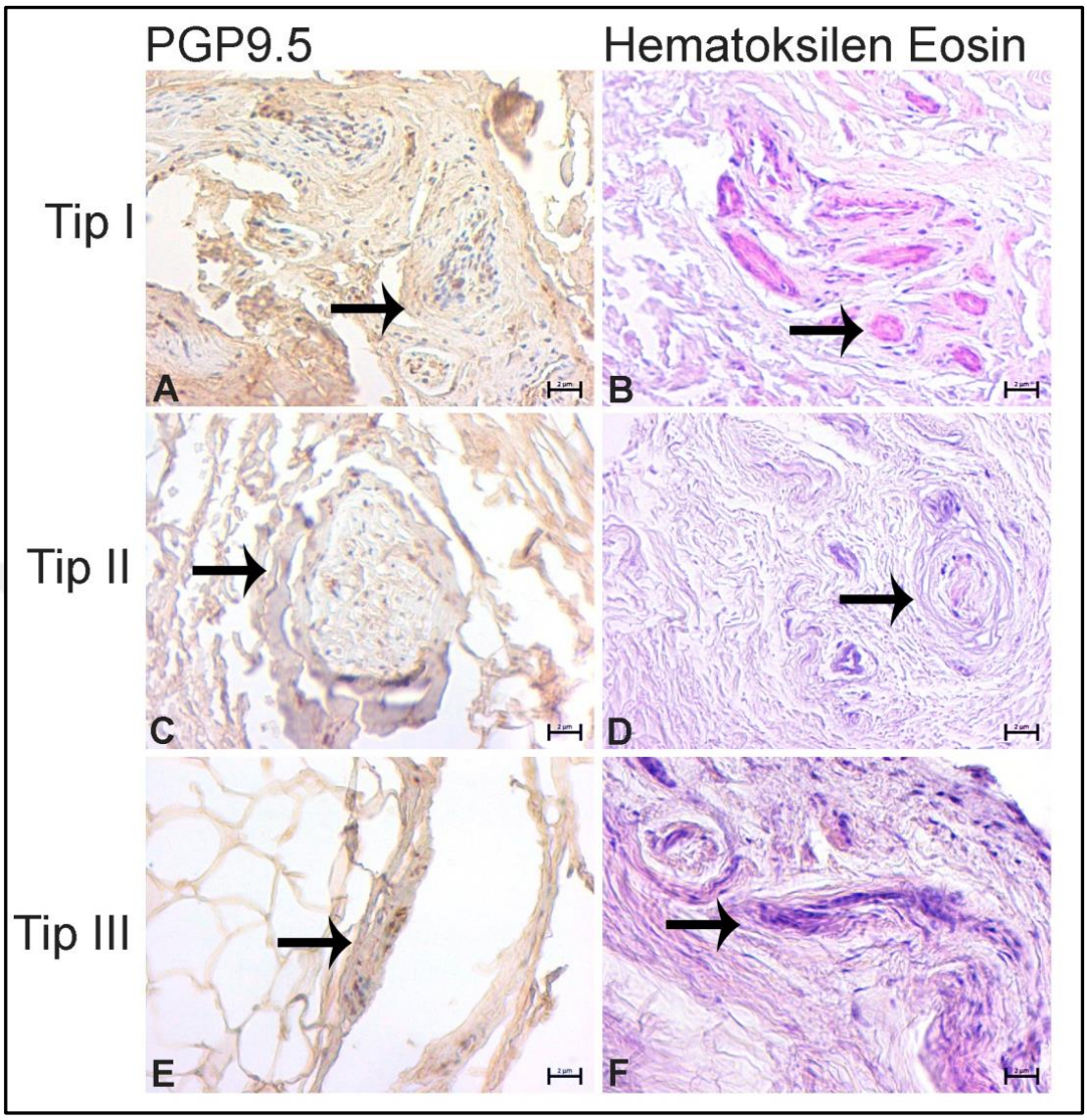
Elde ettiğimiz verilere göre Ruffini benzeri sonlanmalar istatistiksel olarak hem volar hem de dorsal parçaların proksimal kısımlarında daha fazla tespit edildi ($p<0.05$) (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2). Paccini ve golgi benzeri sonlanmalarda ise bölgeler arasında istatistiksel fark bulunmadı. Kapsülün volar kısmında özellikle tip 1 sinir sonlanmalarının varlığının dorsal bölgeye oranla 1,5 kat daha fazla, dorsal kısmında ise tip 2 sinir sonlanmalarının 4,4 kat daha fazla olduğunu tespit ettik (Tablo 4.2). Golgi benzeri sinir sonlanmaları dorsal ve volar bölgelerde benzer değerlerde bulundu (Tablo 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 ve Tablo 4.6) (Şekil 4.3, 4.4 ve Şekil 4.5).

Tablo 4.1. Gözlemciler arası sınıf-içi korelasyon (ICC) katsayıları

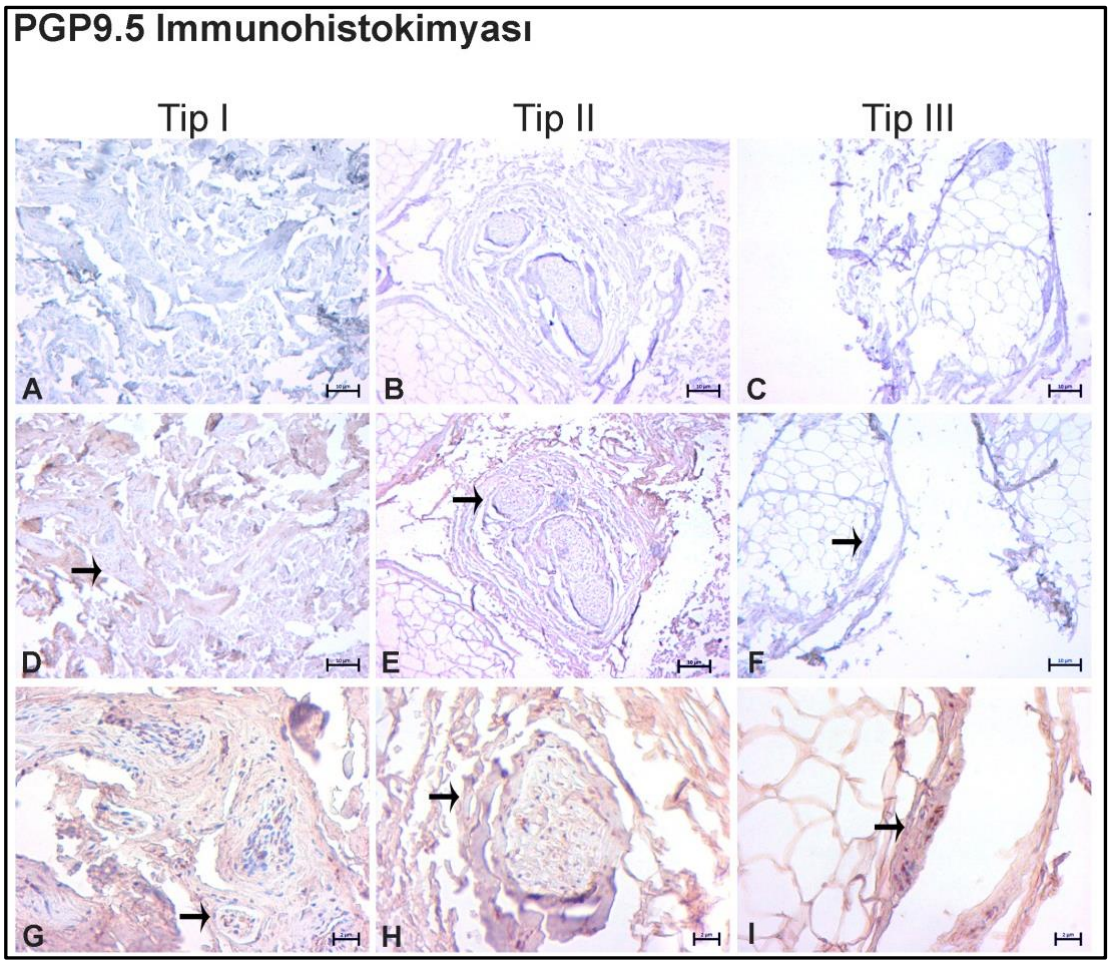
Değişkenler	**ICC**	**%95 Güven Aralığı**
Paccini	0,917	0,806-0,966
Ruffini	0,907	0,782-0,962
Golgi	0,853	0,672-0,939

Tablo 4.2. Volar-Dorsal parçalara göre ortalama sinir sonlanım sayıları (sayı/μm^2 10^{-6})

	Dorsal (Ort.)		**Volar (Ort.)**	
Değişkenler	**Proksimal**	**Distal**	**Proksimal**	**Distal**
Tip I (Ruffini benzeri sonlanma)	0,8	2,2	0,9	3,4
Tip II (Pachini benzeri sonlanma)	2,2	3,1	0,5	0,7
Tip III (Golgi benzeri sonlanma)	0,5	0,3	0,5	0,8



Şekil 4.1. Sinir sonlanmalarının PGP9.5 antikoru ile immünohistokimyasal olarak işaretlendiği ve hematoksilen eosin (HE) boyanma sonrası görüntülerdir. **A ve B)** Tip I (Ruffini benzeri sonlanma; ok), **C ve D)** Tip II (Paccini benzeri sonlanma; ok), **E ve F)** Tip III (Golgi benzeri sonlanma; ok) reseptörlerini göstermektedir. Skala bar 2 μm'dir.



Şekil 4.2. Tip I, Tip II ve Tip III sinir sonlanmaları PGP9.5 antikoru ile immünohistokimyasal olarak gösterilmesi. **A-C)** Negatif kontrol oklar; **D ve G)** Tip I sinir sonlanmasını, **E ve H)** Tip II sinir sonlanmasını, F ve I) Tip III sinir sonlanmasını göstermektedir. Oklar; sinir sonlanmasını işaret etmektedir. Skala bar şekil A-F 10 µm, şekil G-I 2 µm'dir.

Tablo 4.3. Volar-Dorsal parçalara göre sinir sonlanım bulguları

Değişkenler		**n**	**Ort±SS**	**Medyan (min-maks)**	**p**
Paccini	Volar	10	0,6±0,7	0,5 (0-2)	0,105
	Dorsal	10	2,7±3	1,8(0-8)	
Ruffini	Volar	10	2,2±1,8	2,3 (0-5,5)	0,247
	Dorsal	10	1,5±2,4	0,3 (0-7)	
Golgi	Volar	10	0,7±0,8	0,3 (0-2)	0,315
	Dorsal	10	0,4±0,8	0 (0-2,5)	

Mann-Whitney U test

Tablo 4.4. Tüm parçalarda proksimal-distale göre sinir sonlanım bulguları

Değişkenler		n	Ort±SS	Medyan (min-maks)	p
Paccini	Proksimal	10	1,4±2,4	0,5 (0-8)	0,436
	Distal	10	1,9±2,4	1,3 (0-7,5)	
Ruffini	Proksimal	10	0,9±1,5	0 (0-4)	**0,023**
	Distal	10	2,8±2,2	2,8 (0-7)	
Golgi	Proksimal	10	0,5±0,9	0 (0-2,5)	0,853
	Distal	10	0,5±0,7	0 (0-2)	

Mann-Whitney U test

Tablo 4.5. Volar parçalarda proksimal-distale göre sinir sonlanım bulguları

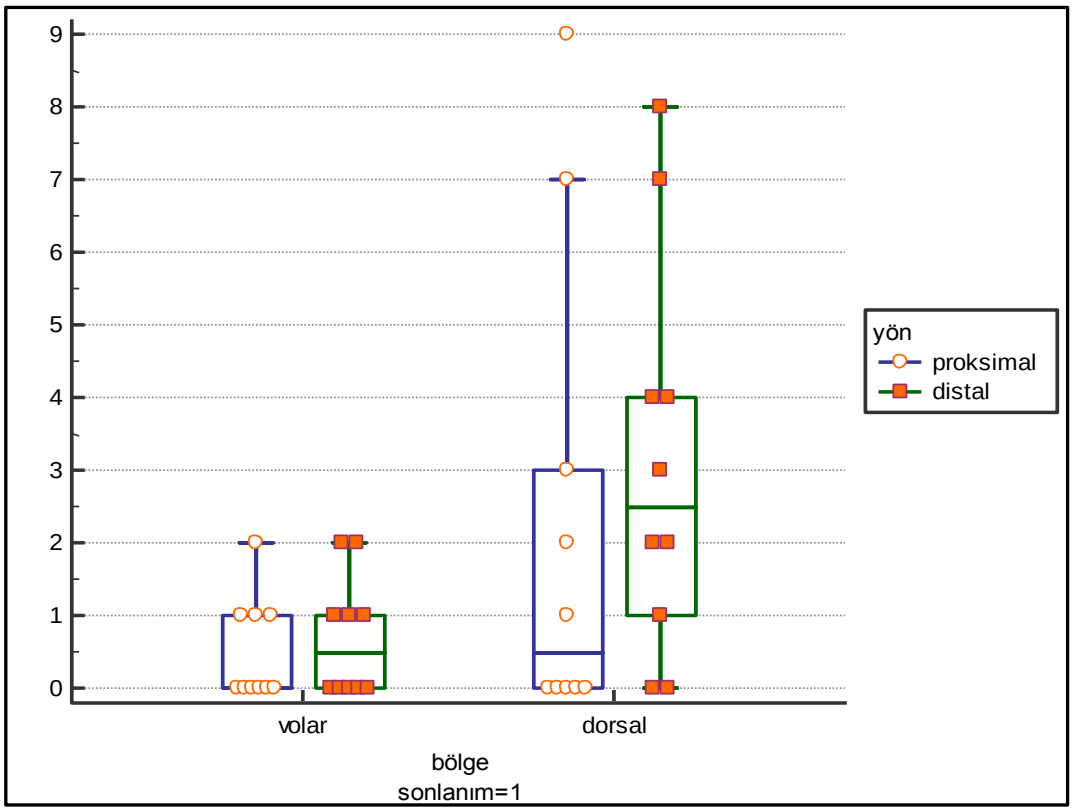
Değişkenler		n	Ort±SS	Medyan (min-maks)	p
Volar Paccini	Proksimal	5	0,5±0,6	0,5 (0-1,5)	0,841
	Distal	5	0,7±0,8	0,5 (0-2)	
Volar Ruffini	Proksimal	5	0,9±1,2	0,5 (0-3)	**0,032**
	Distal	5	3,4±1,5	3 (1,5-5,5)	
Volar Golgi	Proksimal	5	0,5±0,7	0 (0-1,5)	0,548
	Distal	5	0,8±0,9	0,5 (0-2)	

Mann-Whitney U test

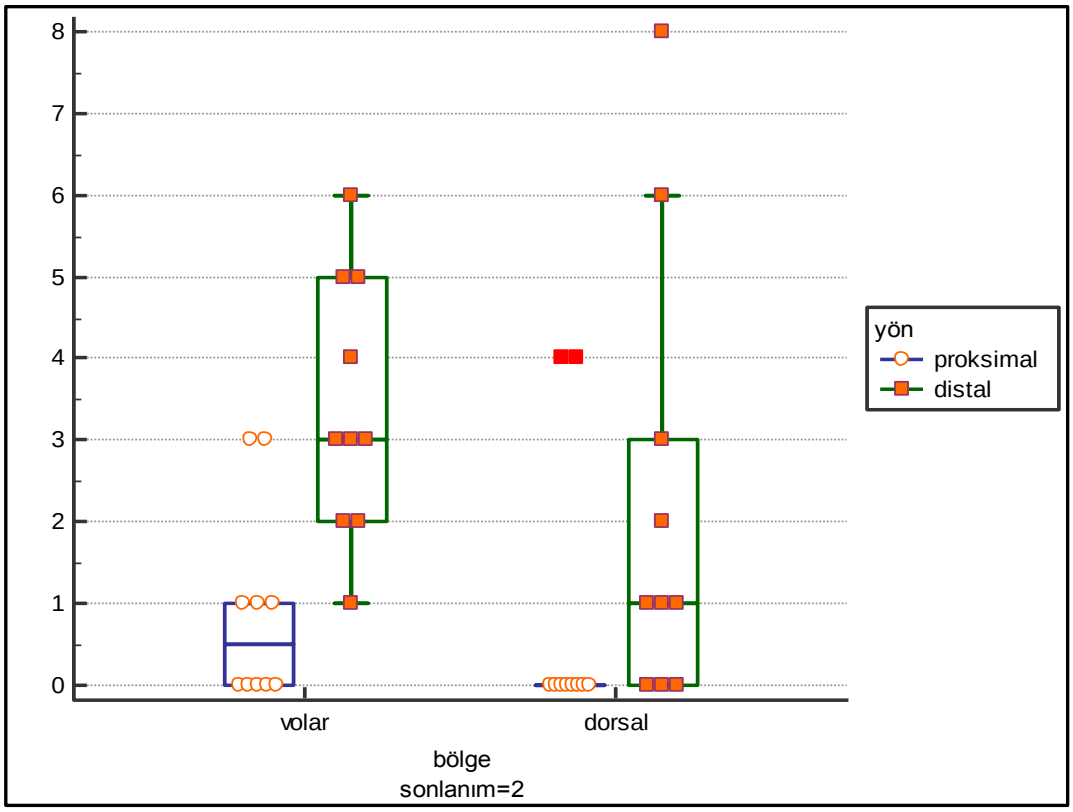
Tablo 4.6. Dorsal parçalarda proksimal-distale göre sinir sonlanım bulguları

Değişkenler		n	Ort±SS	Medyan (min-maks)	p
Dorsal Paccini	Proksimal	5	2,2±3,3	1 (0-8)	0,548
	Distal	5	3,1±2,9	2,5 (0-7,5)	
Dorsal Ruffini	Proksimal	5	0,8±1,8	0 (0-4)	0,222
	Distal	5	2,2±2,8	1 (0-7)	
Dorsal Golgi	Proksimal	5	0,5±1,1	0 (0-2,5)	0,999
	Distal	5	0,2±0,4	0 (0-1)	

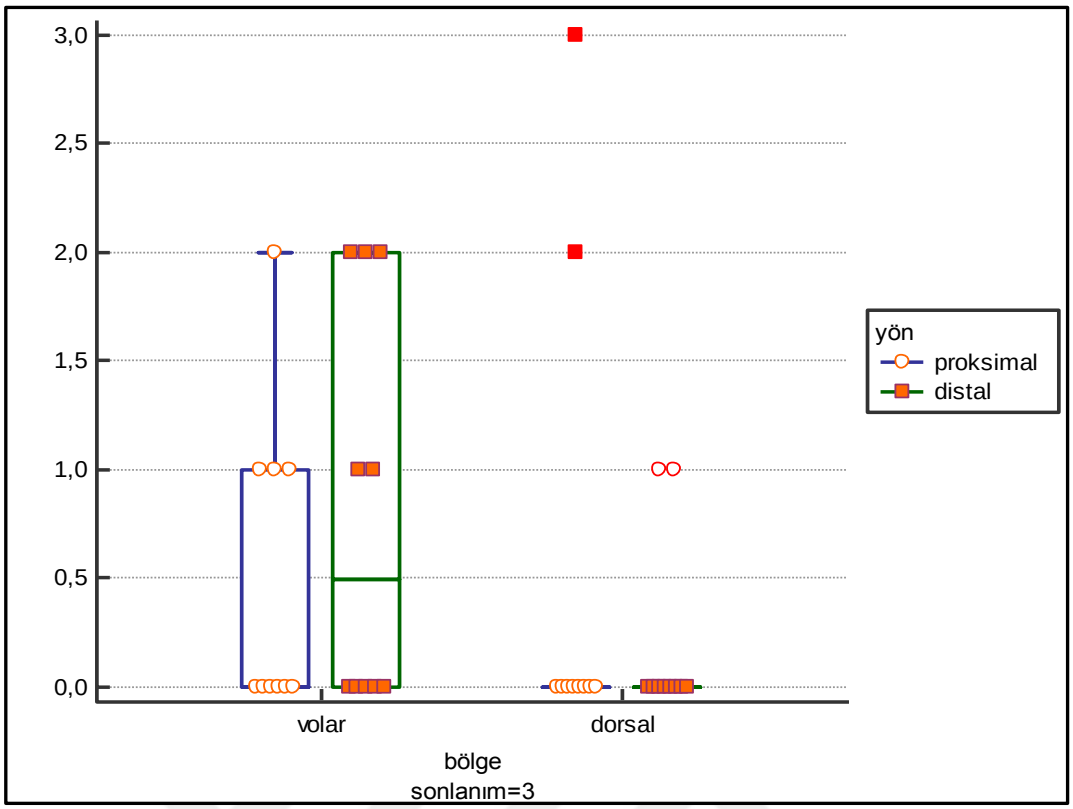
Mann-Whitney U test



Şekil 4.3. Paccini sinir sonlanmasının volar ve dorsal bölgedeki proksimal ve distal dağılımı



Şekil 4.4. Ruffini sinir sonlanmasının volar ve dorsal bölgedeki proksimal ve distal dağılımı



Şekil 4.5. Golgi sinir sonlanmasının volar ve dorsal bölgedeki proksimal ve distal dağılımı

5. TARTIŞMA

Çalışmamızda başparmak IP eklem kapsülünde 3 tip sinir sonlanması tespit ettik. Kapsülün volar kısmında özellikle tip 1 sinir sonlanmaları varlığının dorsal bölgeye oranla 1,5 kat daha fazla olduğunu bulduk. Kapsülün dorsal kısmında ise tip 2 sinir sonlanmalarının 4,4 kat daha fazla olduğunu bulduk. Ayrıca tip 1 sinir sonlanmaları hem dorsal distal ve hem de volar distal parçada dorsal ve volar proksimal parçalara göre istatistiksel olarak daha fazla olması dikkat çekiciydi ($p<0.05$). Tip 3 sinir sonlanmaları, tip 1 ve tip 2 sinir sonlanmalarına göre daha az sayıda tespit edildi.

Tip 1 sinir sonlanmaları yavaş uyum sağlayan ve düşük mekanik eşiklere sahip sinir sonlanmalarıdır (Freeman ve Wyke, 1967). Eklem pozisyonunun ve kinestezinin kontrolünde işlev görür (Solomonow, 2006). Eksenel ve gerilme yüklerine duyarlıdırlar. Eklemi çevreleyen kasları kontrol ederek eklem sertliğini düzenlemede rol oynarlar. Halata ve arkadaşları Tip 1 sinir sonlanmaları eklem kapsülünün yoğun kolajen matriksinde tespit edilebileceği ve kolajen fibril demetlerinin etrafına sarıldığını bildirmişlerdir (Halata ve Mungel, 1980). Bu nedenle, Tip 1 sinir sonlanmaları muhtemelen kolajen fibril demetlerinin gerginliğini algıladığını düşünmüşlerdir.

Çalışmamızda Tip 1 sinir sonlanmalarını baş parmak IP eklem kapsülünün volar ve dorsal bölgesinin özellikle distalinde tespit ettik. Bu bilgiden yola çıkarak Tip 1 sinir sonlanmalarının IP eklem kapsülünün gerginliğini eklem kapsülünün distal kısmı tarafından dengelenebileceği hipotezi kurulabilir.

Tip 2 sinir sonlanmaları, düşük eşikli ve hızlı uyum sağlayan, eklemin hızlanma ve yavaşlamasını işaret eden dinamik sinir sonlanmalarıdır (Freeman ve Wyke, 1967).

Fizyolojik olarak, Tip 2 sinir uçlarının düşük eşikli, basınca ve titreşimli uyaranlara yanıt veren, hızla uyum sağlayan reseptörler olduğu bilinmektedir (Gardner ve ark., 1991). Tip 2 sinir sonlanmaları, bir basınç uyarısının başlangıcında ve sonunda bir veya 2 aksiyon potansiyeli ile yanıt verir, ancak uyaran sabit olduğunda sessizdir. Başka bir deyişle, Tip 2 sinir uçları hareketin tespitinde uzmanlaşmıştır. Tip 2 sinir sonlanmaları, sinir terminalinden oluşan iç çekirdeği ve bu çekirdeği çevreleyerek

kapsül oluşturan bağ dokusunun konsantrik olarak düzenlenmiş, sıvı dolu dış lamellerinden oluşur.

Bir uyarı ilk olarak Tip 2 sinir uçlarına çarptığında, lamel kapsülü deforme olur ve sinir terminalini sıkıştırır. Sabit basınç sırasında, kapsülün dış lamelleri sıkıştırılarak statik yükü absorbe eder ve deformasyonun iç çekirdeğe ve ardından sinir terminallerine iletilmesini engeller. Basınç kaldırıldığında, lamel kapsülü ilk şekline geri döner ve ortaya çıkan doku hareketi sinir terminalini tekrar uyarır (Gardner ve ark., 1991).

Biz çalışmamızda Tip 2 sinir sonlanmalarının eklem kapsülünün dorsal bölgesinde daha fazla olduğunu bulduk. Dolayısıyla çekme kuvvetlerinin dorsal kapsül tarafından dengelenebileceği bilgisini verebilir. Ancak bu konuda da yeni çalışmalar yapılması gerektiği kanaatindeyiz.

Tip 3 sinir sonlanmaları temel olarak muskulotendinöz bileşkeye yakın olarak bulunur. Kas gerimi ya da kontraksiyonunun artmasıyla uyarılır ve kasın kasılmasını önleyerek cevap verir. Kas kasılması aşırı olduğunda, golgi tendon organı kası hasara karşı korur. Nöromuskuler iğciklerden gelen bilgiyi tamamlayıcı proprioseptif bilgiyi sağlamakta önemli role sahiptirler. Yavaş adapte olan sinir sonlanmalarıdır ve süreğen gerginliği algılarlar (Wyke, 1967).

2. parmak PIP ve DIP eklemde daha önceden yapılan çalışmalarda Tip 3 sinir sonlanması tespit edilmemiştir (Chikenji ve ark., 2010; Chikenji ve ark., 2011). Biz çalışmamızda başparmak IP ekleminde Tip 1 ve Tip 2 sinir sonlanmalarından sayı olarak daha az da olsa Tip 3 sinir sonlanmaları da tespit ettik.

Chang ve ark., yaşlılarda (60 yaş ve üstü) genç yetişkinlere (19-39 yaş) oranla epidermal sinirlerde %40 ila %42 oranında azalma olduğunu bildirmiştir (Chang ve ark., 2004). Parmak eklemindeki ve çevresindeki yapılardaki sinir uçlarının sayısı da yaşlanmadan etkileniyorsa, Tip 3 sinir sonlanmalarını eklem kapsülünde görmemiz ve diğer sonuçlarımızın daha farklı olması bizim çalışmamızdaki örneklerin önceki çalışmalardaki örneklerden daha genç olması ile açıklanabilir.

Çalışmada başparmak IP eklem kapsülü volar ve dorsal olarak ayrılmış, sonrasında proksimal ve distal olarak 2 eşit parçaya bölünmüştür. Kapsüllü sinir

sonlanmalarının kapsülün farklı bölgelerinde histolojik olarak farklı çıkması bize eklem kapsülünün proksimal distal parçalarının ayrı fonksiyonel görevleri olabileceğini düşündürmektedir. Bu konuda kesin bir yargıya varabilmek için daha fazla klinik çalışmaya ihtiyaç vardır.

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, başparmak IP eklem kapsülü propriyosepsiyonu anlamak ve eklem kapsülünün sinir sonlanması dağılımını nicel olarak incelemek amaçlanmıştır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre hem volar hem de dorsal eklem kapsülünün proksimal kısmında Tip 1 sinir sonlanması istatistiksel olarak daha fazla oranda görülmüştür. Dolayısıyla başparmak IP eklem kapsülünün proksimal ve distal kısmının eklem hareketi sırasında farklı fonksiyonlarından olabilir. Ayrıca diğer çalışmalardan farklı olarak başparmak IP ekleminde Tip 3 sinir sonlanması görülmüştür. El başparmak fizyolojisinin daha iyi anlaşılması için bu bilgilerin araştırmacıların dikkate alması gerektiği ve yeni çalışmalar yapılması gerektiği kanısındayız.

KAYNAKLAR

Barrett KE, Barman SM, Boitano S, Brooks HL. Ganong's review of medical physiology. 25th ed. New York, NY: McGraw-Hill Medical; 2010, p.160.

Biswas A, Manivannan M, Srinivasan MA. Multiscale layered biomechanical model of the pacinian corpuscle. IEEE Trans Haptics. 2015; 8(1): 31-42. doi: 10.1109/TOH.2014.2369416

Biswas A, Manivannan M, Srinivasan MA. Vibrotactile sensitivity threshold: Nonlinear stochastic mechanotransduction model of the Pacinian corpuscle. IEEE Trans Haptics. 2015; 8(1): 102-113. DOI:10.1109/TOH.2014.2369422

Caceci T. Example: Lamellar Corpuscle. VM8054 Veterinary Histology Erişim tarihi: 16.11.2017. http://www.vetmed.vt.edu/education/curriculum/vm8304/lab_companion/histo-path/vm8054/labs/lab14/EXAMPLES/Expacini.htm.

Chang Y, Lin W, Hsieh S. Effects of aging on human skin innervation. Neuroreport. 2004; 15: 149-153. doi: 10.1097/00001756-200401190-00029

Chikenji T, Berger RA, Fujimiya M, Suzuki D, Tsubota S, An KN. Distribution of nerve endings in human distal interphalangeal joint and surrounding structures. J Hand Surg Am 2011; 36(3): 406-12. doi: 10.1016/j.jhsa.2010.11.050. PMID: 21371623.

Chikenji T, Suzuki D, Fujimiya M, Moriya T, Tsubota S. Distribution of nerve endings in the human proximal interphalangeal joint and surrounding structures. J Hand Surg Am. 2010; 35(8): 1286-93. doi: 10.1016/j.jhsa.2010.04.026. Epub 2010 Jul 13. PMID: 20630670.

Eroschenko VP. Integumentary System. diFiore's Atlas of Histology with Functional Correlations. In: Taylor C. 12nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2013, p.281.

Freeman MA, Wyke B. The innervation of the knee joint. An anatomical and histological study in the cat. J Anat. 1967; 101(Pt 3): 505-32. PMID: 6051731; PMCID: PMC1270929.

Gardner EP, Martin JH, Jessell TM. The body senses. In: Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, eds. Principles of neural science. 4th ed. New York: McGraw-Hill; 1991, p.430–450

Halata Z, Munger BL. Identification of the Ruffini corpuscle in human hairy skin. Cell Tissue Res. 1981; 219(2): 437-440. doi: 10.1007/BF00210162

Halata Z, Munger BL. The ultrastructure of Ruffini and Herbst corpuscles in the articular capsule of domestic pigeon. Anat Rec. 1980; 198(4): 681-692. doi: 10.1002/ar.1091980412

Halata Z. Ruffini corpuscle–a stretch receptor in the connective tissue of the skin and locomotion apparatus. Prog Brain Res. 1988; 74: 221-229. doi: 10.1016/s0079-6123(08)63017-4

Hamilton NP, Weimar W, Luttgens K. Kinesiology: scientific basis of human motion. 12nd ed. Pennsylvania: Brown & Benchmark; 2011, p.195.

Hoffmann JN, Montag AG, Dominy NJ. Meissner corpuscles and somatosensory acuity: the prehensile appendages of primates and elephants. Anat Rec. 2004; 281(1): 1138-1147. doi: 10.1002/ar.a.20119

Hunt CC. Receptors- Structure and Function. The Peripheral Nervous System. Hubbard JI. New York: Springer; 1974, p.405.

Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, eds. Principles of neural science. 4th ed. New York: McGraw-Hill; 2000, p.430–450.

Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, Siegelbaum SA, Hudspeth JA. Principles of neural science. 5th ed. McGraw-Hill Companies: New York; 2000, p.175.

Kennedy JC, Alexander IJ, Hayes KC. Nerve supply of the human knee and its functional importance. Am J Sports Med. 1982; 10(6): 329–335. doi: 10.1177/036354658201000601

Kettenmann H. Cells, Tissues and Systems. Gray's Anatomy, The Anatomical Basis of Clinical Practice. Wigley CB, 41st ed. London, UK: Elsevier; 2016, p.59-63.

Leversedge FJ. Anatomy and pathomechanics of the thumb. Hand Clin. 2008; 24(3): 219-29. doi: 10.1016/j.hcl.2008.03.010. PMID: 18675713

McLain RF, Pickar JG. Mechanoreceptor endings in human thoracic and lumbar facet joints. Spine 1998; 23(2): 168 –173. doi: 10.1097/00007632-199801150-00004

O'Connor BL, Gonzales J. Mechanoreceptors of the medial collateral ligament of the cat knee joint. J Anat. 1979; 129(4): 719-729. PMCID: PMC1232983

Pare M, Elde R, Mazurkiewicz JE, Smith AM, Rice FL. The Meissner corpuscle revised: a multiafferented mechanoreceptor with nociceptor immunochemical properties. J Neurosci Nurs. 2001; 21(18): 7236-7246. doi: 10.1523/JNEUROSCI.21-18-07236.2001

Parent A. CMB. Carpenter's Human Neuroanatomy. 9th ed. London, England: Williams & Wilkins; 1996.

Salk JE. Whonamedit? A dictionary of medical eponyms. Erişim tarihi:05.11.2017. http://www.whonamedit.com/

Scheibert J, Leurent S, Prevost A, Debrégeas G. The role of fingerprints in the coding of tactile information probed with a biomimetic sensor. Science. 2009; 323(5920): 1503-1506. doi: 10.1126/science.1166467

Sherrington CS. Sherrington's Histology Box. Erişim tarihi: 12.11.2017. https://cslide.medsci.ox.ac.uk/Items/view/635

Skedung L, Arvidsson M, Chung JY, Stafford CM, Berglund B, Rutland MW. Feeling small: exploring the tactile perception limits. Sci Rep. 2013; 3: 2617. doi: 10.1038/srep02617

Solomonow M. Sensory-motor control of ligaments and associated neuromuscular disorders. J Electromyogr Kinesiol. 2006; 16(6): 549-67. doi: 10.1016/j.jelekin.2006.08.004. Epub 2006 Oct 11. PMID: 17045488.

Tomita K, Berger EJ, Berger RA, Kraisarin J, An KN. Distribution of nerve endings in the human dorsal radiocarpal ligament. J Hand Surg. 2007; 32A: 466–473. doi: 10.1016/j.jhsa.2007.01.021

Wyke B. Theneurology of joints. Ann R Coll Surg Engl. 1967; 41(1): 25–50. PMID: 4951631

ÖZGEÇMİŞ

Unvanı, Adı Soyadı: Doç. Dr. Baver Acar

T.C:

Doğum Tarihi:

E-mail:

Cep Telefonu:

Bölümü: Ortopedi ve Travmatoloji

Yabancı Dil:

- İngilizce (Yök-Dil 2017, Puan: 81.25)

Eğitimi:

- İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi 1998-2004

Uzmanlık Eğitimi:

- Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi İbni Sina Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı 2006-2011

Doçentlik:

- Sağlık Bilimleri Üniversitesi Antalya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Doçent Doktor 2020-Halen, Antalya

Doktora:

- Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı 2015- Halen

Çalıştığı Kurumlar:

- Siverek Devlet Hastanesi, Uzman Doktor, 2011-2012, Şanlıurfa
- Medikal Park Hastanesi, Uzman Doktor, 2012-2014, Elâzığ
- Sağlık Bilimleri Üniversitesi Antalya Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Doçent Doktor 2014-Halen, Antalya

Tıbbi İlgi ve Uzmanlık Alanları:

- Omuz ve El-bilek Artroskopisi, El cerrahisi, Mikro cerrahi

A. Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

A.1 ACAR B, KOSE O, KİRCİL C, CANBORA K, DEMİRTAS M. A Novel Technique for Labral Reconstruction Using Long Head of Biceps Tendon: Duru Technique. Cureus. 2021 Feb 10;13(2): e13254. doi: 10.7759/cureus.13254. PMID: 33717761; PMCID: PMC7953272.

A.2 KATİ YA, KOSE O, ACAR B, TURAN A, OZTURK S, SİNDEL M. Risk of Injury to the Neurovascular Structures in the Pararectus Approach Used in Acetabular Fractures: A Cadaver Study. J Orthop Trauma. 2021 Jan 1;35(1): e13-e17. doi: 10.1097/BOT.0000000000001856. PMID: 32502059.

A.3 ÖZTÜRK S, KAHRAMAN F, SALİM H, ACAR B, CALGUNER E, OĞUZ YOLCULAR B, SİNDEL T, SİNDEL M. Importance of measurement methods and demographic characteristics in evaluating ulnar variance: A retrospective comparative study. Acta Orthop Traumatol Turc. 2021 Jan;55(1):62-66. doi: 10.5152/j.aott.2021.20064. PMID: 33650514; PMCID: PMC7932745.

A.4 ACAR BAVER, KÖSE ÖZKAN, KATI YUSUF ALPER, EGERCI ÖMER FARUK, TURAN ADIL, YÜKSEL HALIL YALÇIN (2018). Comparison of volar versus dorsal screw fixation for scaphoid waist fractures: A finite element analysis. Orthopaedics Traumatology: Surgery Research, 104(7),107-1113., Doi: 10.1016/j.otsr.2018.07.013,

A.5 ACAR BAVER, KÖSE ÖZKAN, AYTAÇ DIDIN GÜNES, ÖZTÜRK SERRA, TANRIÖVER GAMZE, GÖKSU ASIYE KÜBRA, SINDEL MUZAFFER (2018). Diabetes mellitus accelerates fatty degeneration of the supraspinatus muscle after tendon tear: An experimental study in rats. Eklem Hastaliklari ve Cerrahisi-Joint Diseases and Related Surgery, 29(3), 176-83., Doi: 10.5606/ehc.2018.62388,

A.6 ACAR BAVER, KÖSE ÖZKAN, TURAN ADIL, ÜNAL MELIH, KATI YUSUF ALPER, GÜLER FERHAT (2018). Comparison of Bioabsorbable Magnesium versus Titanium Screw Fixation for Modified Distal Chevron Osteotomy in Hallux Valgus. BioMed Research International, 1-9., Doi:10.1155/2018/5242806,

A.7 ACAR BAVER, TURAN ADIL, KÖSE ÖZKAN, ÖZTÜRK SERRA, SINDEL MUZAFFER (2019). Scaphotrapeziotrapezoid Arthrodesis Using Limited Wrist Fusion Plates in Kienböck's Disease. Cureus, Doi: 10.7759/cureus.4025

A.8 ACAR BAVER, US ALI KEMAL (2018). Results of a New Correction Technique in Surgical Treatment of Idiopathic Scoliosis: Mid-term Clinical and Radiological Outcomes. Cureus, 10, 3454, Doi: 10.7759/cureus.3454

A.9 KÖSE ÖZKAN, TURAN ADIL, ÜNAL MELIH, ACAR BAVER, GÜLER FERHAT (2018). Fixation of medial malleolar fractures with magnesium bioabsorbable headless compression screws: short-term clinical and radiological outcomes in eleven patients. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery, 138(8), 1069-1075., Doi: 10.1007/s00402-018-2941-x,

A.10 TURAN ADIL, KÖSE ÖZKAN, ÜNAL MELIH, AKTAN CEMIL, ACAR BAVER, SINDEL MUZAFFER (2018). Radiographic analysis of anatomic risk factors for scaphoid fractures A case-control study. Clinical Imaging, 51, 341-346., Doi: 10.1016/j.clinimag.2018.06.014

A.11 KÖSE ÖZKAN, ACAR BAVER, ÇAY FATIH, YILMAZ BARIS, GÜLER FERHAT, YÜKSEL HALIL YALÇIN (2018). Inter- and Intraobserver Reliabilities of Four Different Radiographic Grading Scales of Osteoarthritis of the Knee Joint. The Journal of Knee Surgery, 31(03), 247-253., Doi: 10.1055/s- 0037-1602249,

A.12 SEYFETTINOGLU FIRAT, KÖSE ÖZKAN, OGUR HASAN, TUHANIOGLU ÜMIT, ÇIÇEK HAKAN, ACAR BAVER (2018). Is There a Relationship between Patellofemoral Alignment and Osgood–Schlatter Disease? A Case-Control Study. The Journal of Knee Surgery, Doi: 10.1055/s-0038-1676523,

A.13 KÖSE ÖZKAN, CANBORA MEHMET KEREM, KÖSEOGLU HASAN, KILIÇOGLU GAMZE, TURAN ADIL, YÜKSEL YAVUZ, ACAR BAVER (2018). Can We Use the Contralateral Glenoid Cavity as a Reference for the Measurement of Glenoid Cavity Bone Loss in Anterior Shoulder Instability?. A Comparative Analysis of 3D CT Measurements in Healthy Subjects. International Journal of Morphology, 36(4), 1202-1205., Doi: 10.4067/S0717-95022018000401202,

A.14 KÖSE ÖZKAN, KILIÇASLAN ÖMER FARUK, GÜLER FERHAT, ACAR BAVER, YÜKSEL HALIL YALÇIN (2015). Functional outcomes and complications after surgical repair of triceps tendon rupture. European Journal of Orthopaedic Surgery Traumatology, 25(7), 1131-1139., Doi: 10.1007/s00590-015-1669-3,

A.15 ACAR BAVER, BASARIR KEREM, ARMANGIL MEHMET, BINNET MEHMET SERDAR (2014). One-stage anatomic double bundle anterior and posterior cruciate ligament reconstruction. International journal of clinical and experimental medicine, 7(10), 3710-3.,

A.16 TURAN ADIL, KÖSE ÖZKAN, ACAR BAVER, ÜNAL MELIH (2017). Posterior tibial tendon impingement due to os subtibiale: a case report and up-to-date review. Skeletal Radiology, 46(5), 705-714., Doi: 10.1007/s00256-017-2601-1,

A.17 KÖSE ÖZKAN, MAY HASAN, ACAR BAVER, ÜNAL MELIH (2018). Symptomatic os talus secundarius: a case report and review of the literature. Skeletal Radiology, 47(4), 553-562., Doi: 10.1007/s00256-017-2803-6,

A.18 ÜNAL MELIH, KÖSE ÖZKAN, ARIK HASAN ONUR, GÜLER FERHAT, ACAR BAVER, YÜKSEL HALIL YALÇIN (2017). Hand grip strength: Age and gender stratified normative data in Anatolian population. Hand and Microsurgery, 6(3), 1, Doi: 10.5455/handmicrosurg.257058

A.19 KÖSE ÖZKAN, TURAN ADIL, ACAR BAVER, ÜNAL MELIH, MAY HASAN (2019). Avulsion fracture of anterior talofibular ligament from talus: A case report. The Foot, 38, 24-29., Doi: 10.1016/j.foot.2018.12.002,

A.20 KILIÇASLAN ÖMER FARUK, ACAR BAVER, KÖSE ÖZKAN (2017). Simultaneous Anterior Glenohumeral Dislocation and Ipsilateral Acromioclavicular Separation: A Dual Injury of the Shoulder. Cureus, 9, 1582, Doi: 10.7759/cureus.1582,

A.21 ACAR BAVER, ÜNAL MELIH, TURAN ADIL, KÖSE ÖZKAN (2018). Isolated Lateral Malleolar Fracture Treated with a Bioabsorbable Magnesium Compression Screw. Cureus, 10, 2539, Doi: 10.7759/cureus.2539,

A.22 YILMAZ BARIS, ACAR BAVER, KÖMÜR BARAN HEVAL, EGERCI ÖMER FARUK, KÖSE ÖZKAN (2016). Coronal plane talar body fracture associated with subtalar andtalonavicular dislocations: A case report. The Foot and Ankle Online Journal, Doi: 10.3827/faoj.2016.0904.0003,

A.23 SAHIN ERCAN, KALEM MAHMUT, SONGÜR MURAT, ACAR BAVER, KOCAOGLU HAKAN (2018). Comparison of cemented and uncemented hemiarthroplasty results in the treatment of comminuted displaced proximal humeral fractures. Ortadogu Tıp Dergisi, Doi: 10.21601/ortadogutipdergisi.453456

A.24 ÜNAL MELIH, DEMIRAYAK ENGIN, ACAR BAVER, KÖSE ÖZKAN (2018). Simultaneous Median and Ulnar Compression Neuropathy Secondary to a Giant Palmar Lipoma: A Case Report and Review of the Literature. Cureus, 10, 2198, Doi: 10.7759/cureus.2198,

B. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında (proceedings) basılan bildiriler:

B.1 ACAR BAVER, KÖSE ÖZKAN, KATI YUSUF ALPER (2017). Comparison of volar versus dorsal screw fixation for scaphoid waist fractures: A finite element analysis.. 38th SICOT Orthopaedic World Congress,

B.2 ACAR BAVER, KÖSE ÖZKAN, AYTAÇ DIDIN GÜNES, ÖZTÜRK SERRA, GÖKSU ASIYE KÜBRA, TANRIÖVER GAMZE, SINDEL MUZAFFER (2018). Diabetes Mellitus Accelerates Fatty Degeneration of the Supraspinatus Muscle In a Rat Model Of Chronic Rotator Cuff Tear. 20th asia pacific orthopaedic association congress (apoa 2018), Doi: 10.5606/ehc.2018.62388,

B.3 KATI YUSUF ALPER, ACAR BAVER, KÖSE ÖZKAN, ÜNAL MELIH (2018). Multifocal Osteofibrous Dysplasia Mimicking Tibia Osteoid Osteoma: A Case Report. 39th sicot orthopaedic world congress,

C. Yazılan ulusal/uluslararası kitaplar veya kitaplardaki bölümler:

C2. Yazılan ulusal/uluslararası kitaplardaki bölümler:

C2.1 Diz Çevresi Osteotomileri, B.lüm adı:(Ameliyat Öncesi Hazırlık,Klinik Degerlendirme,Radyolojik Planlama ve Düzeltmenin Hesaplanması) (2019)., KÖSE ÖZKAN, TURAN ADIL, ACAR BAVER, Istanbul Tıp Kitapevleri, Editör:Irfan Esenkaya, Merter Özenci, Yavuz Kocabey, Hasan Bombacı, Özkan Köse, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 218, ISBN:9786059528870, Türkçe(Bilimsel Kitap),

C2.2 Diz Eklemi Bag ve Tendon Sorunları, B.lüm adı:(Arka Çapraz Bag Rüptürlerinin Çift Demet Rekonstruksiyonu) (2016)., ACAR BAVER, AKAN BURAK, BINNET MEHMET SERDAR, Istanbul Tıp Kitapevleri, Editör:Taser F. Ömer, Mahiroguları Mahir, Karahan Mustafa, Taskıran Emin, Bal Emin, Basım sayısı:1, ISBN:978-605-9528-01-6,

C2.3 Ard Ayak Sorunları ve Tedavileri, B.lüm adı:(Kalkaneus kırıkları) (2019)., KATI YUSUFALPER,ACAR BAVER,KÖSE ÖZKAN, Türkiye Klinikleri, Editör:Bahtiyar Demiralp, Basım sayısı:1, Sayfa Sayısı 80, ISBN:978-605-7597-77-9,

C2.4 Kırık ve Çıkıklar El Kitabı, B.lüm adı:(Kalça Çıkıkları) (2017)., ACAR BAVER,DEMIRAYAK ENGIN, Günes Tıp Kitapevi, Editör:Cem Nuri Aktekin, Basım sayısı:5, Sayfa Sayısı 803, ISBN:978-11- 4511-9362-6,

D. Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

D.1 ACAR BAVER, KATI YUSUF ALPER (2019). A Comparison of the Results of Tenodesis and Tenotomy Applied to the Long Head of the Biceps Muscle in Cases of Biceps Tendon Pathology Concomitant to Rotator Cuff Tear. Journal of Ankara University Faculty of Medicine, Doi: 10.4274/atfm.galenos.2019.42714,

D.2 YAZAR TARIK, ACAR BAVER (2009). Yatay Konumlu Konvansiyonel Mrg'de Aksiyel Kompresyon ve Traksiyon Uygulaması Omurga Degerlendirilmesi Için Anlamlı mıdır?. The Journal of Turkish Spinal Surgery, 20(4), 11-18.

D.3 ACAR BAVER, KÖSE ÖZKAN (2016). Shoulder pain after falling from bicycle. Turkish Journal of Emergency Medicine, 16(2), 91-92., Doi: 10.1016/j.tjem.2015.04.002,

D.4 KÖSE ÖZKAN, ACAR BAVER (2018). Ulnar sided wrist pain after falling on outstretched hand. Turkish Journal of Emergency Medicine, 18(1), 45-46., Doi: 10.1016/j.tjem.2017.12.001,

E. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler:

E.1 ACAR BAVER (2018). Dirsek kırıklı çıkıga yaklasım. XIV.TÜRK SPOR YARALANMALARI ARTROSKOPI VE DIZ CERRAHISI(TUSYAD) KONGRESI,

E.2 ACAR BAVER (2018). Omuz Anatomisi. XIV.TÜRK SPOR YARALANMALARIARTROSKOPI VE DIZ CERRAHISI(TUSYAD) KONGRESI,

E.3 ACAR BAVER (2018). Dejeneratif Menisküs Yırtıklarında Karar Verme (Fizik Muayenenin Rolü, Mrg´nin Rolü, Konservatif Tedavi, Cerrahi Tedavi). 28. Ulusal Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi,

E.4 ACAR BAVER (2017). Üst Ekstremite Travmaları. 27. Ulusal Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi,

E.5 ACAR BAVER (2016). Humerus Kırıklarında Sinir Yaralanmaları. 26. Ulusal Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi,

E.6 DEMIRTAS MEHMET, BILGIN SIRRI SINAN, ARMANGIL MEHMET, ACAR BAVER, ADIGÜZEL ERSIN (2010). Distal Humerus Kırıklarında Non-Union ve Malunionlarının Cerrahi Tedavisi. 6. Omuz ve Dirsek Cerrahisi Kongresi,

E.7 AKAN BURAK, ARMANGIL MEHMET, KARADUMAN MERT, ACAR BAVER, DEMIRALP ÖZERK
CEMIL, YÜCEL TENEKECI GÖZDE, DEMIRTAS MEHMET (2013). Sistemik eritropoetinin sıçan Asil tendon iyilesmesine olan etkisi. 23. Ulusal Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi

E.8 ÇELIKTAS MUSTAFA, KÖSE ÖZKAN, ACAR BAVER, GÜLER FERHAT, GÜLSEN MAHIR, TOGRUL EMRE (2015). Kalça füzyonlarının total kalça artroplastisine dönüstürülmesi 28 kalçanın klinik, radyolojik sonuçları ve komplikasyonlar. 25. Ulusal Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi,

E.9 ARMANGIL MEHMET, KARADUMAN MERT, ACAR BAVER, DEMIRTAS MEHMET, BILGIN SIRRI SINAN (2012). Humerus segment kayıplarında serbest vaskülarize fibula grefti ile rekonstrüksiyon. 7.Omuz ve Dirsek Cerrahisi Kongresi,

E.10 DEMIRAYAK ENGIN, KATI YUSUF ALPER, TURAN ADIL, ACAR BAVER (2016). Dizde dev prepatellar bursit olgusu. 26. Ulusal Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi,

E.11 SINDEL MUZAFFER, ÖZTÜRK SERRA, KASTAN ÖZLEM, AYTAÇ DIDIN GÜNES, ACAR BAVER (2015). Facies articularis calcanea ve sulcus calcanei morfolojisi. Antropoloji, Radyoloji ve Anatomi Kongresi,

E.12 SINDEL MUZAFFER, ÖZTÜRK SERRA, AYTAÇ DIDIN GÜNES, ACAR BAVER (2015). Facies articularis talaris ve sulcus calcanei morfolojisi. Antropoloji, Radyoloji ve Anatomi Kongresi,

E.13 ÜNAL MELIH, ACAR BAVER, GÖKMEN ADIL, GÜLER FERHAT (2016). Nadir g.rülen bir olgu: Posterior omuz çıkıgı ve engaging reverse Hill-sacks. 26. Ulusal Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi,

E.14 ACAR BAVER, KILIÇASLAN ÖMER FARUK, KÖSE ÖZKAN (2017). Ulnar stiloid impaksiyon sendromunun artroskobik stiloid eksizyonu ile tedavisi: Nadir bir olgu. 27. Ulusal Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi,

E.15 YILMAZ BARIS, ACAR BAVER, KÖMÜR BARAN HEVAL, EGERCI ÖMER FARUK, KÖSE ÖZKAN (2016).
Subtalar ve talonaviküler çıkıkla birlikte koronal plan talus gövde kırıgı. 26. Ulusal Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi, Doi: 10.3827/faoj.2016.0904.0003,

E.16 AKTAN CEMIL, KATI YUSUF ALPER, ACAR BAVER, MAY HASAN (2016). Plantar fasiite enjeksiyon sonrası beklenmeyen bir komplikasyon: Ayakta yaygın abse. 26. Ulusal Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi,

E.17 ÜNAL MELIH, ACAR BAVER, GÖKMEN ADIL, KÖSE ÖZKAN (2016). Nadir görülen bir olgu:Hamatometakarpal kırıklı çıkık. 26. Ulusal Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi,

E.18 KÖSE ÖZKAN, KILIÇASLAN ÖMER FARUK, GÜLER FERHAT, ACAR BAVER, YÜKSEL HALIL YALÇIN (2015). Triceps tendon kopmalarının cerrahi tedavisinin fonksiyonel sonuçları ve komplikasyonları. 25. Ulusal Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi,