

T1273



T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ
ANABİLİM DALI

T1273/1-1

TRANSVERS KARPAL LİGAMENT GEVŞETİLMESİNİN MEDİAN SİNİR EKSKURSIYONUNA ETKİSİ

UZMANLIK TEZİ

Dr.Aydın YILDIRIM

Tez Danışmanı : Doç.Dr.Serdar TÜZÜNER

"Tezimden Kaynakça Gösterilerek Yararlanılabilir"

Antalya, 1999

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
Merkez kütüphanesi

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u> :
Önsöz	1 - 2
Giriş ve Amaç	3 - 5
Genel Bilgiler	6 - 16
Gereç ve Yöntem	17 - 23
Bulgular	24 - 29
Tartışma	30 - 34
Sonuç	35
Özet	36
Kaynaklar	37 - 40

ÖNSÖZ

Tıbbın çoğu alanlarında olduğu gibi periferik sinir sistemine ait ilk yazılı tanımlamalar, Hipokrat zamanına kadar dayanır. Hipokrat, tendon ve sinir dokuları arasındaki farklılığı tanımlamıştır.

Günümüzde teknolojiye gelişmeler sonucu travma vakalarının artması, periferik sinir yaralanmalarının da sık görülmesine neden olmaktadır. Periferik sinir yaralanmaları anatomik bütünlüğün bozulduğu kesilere ilave olarak; traksiyon, kompresyon, iskemik yaralanmalar ile radyasyon ve teröpatik ajanlar gibi çeşitli nedenlerle de oldukça sık ortaya çıkmaktadır.

Periferik sinirler hareket sisteminin önemli kısımlarından biri olup, lezyonlarında ciddi sakatlıklar oluşmaktadır. Bundan dolayı sinir yaralanmalarının cerrahi tedavisinde, sinir dokusunun mikroanatomisi ve biyomekanik özelliklerine dikkat etmeden yapılan tedavilerden yararlı sonuçlar beklemek anlamsızdır. Periferik sinir lezyonlarının değerlendirilmesinde, sinirlerin fizyolojik bir özelliği olan longitudinal ekskursionun kısıtlanmasının önemi de nadiren göz önüne alınır.

Sinir yaralanmaları, kompresyon nöropatileri ve adheziv nöritlerin etkin tedavisinde, longitudinal ekskursionun restorasyonu önemlidir. Bu bakımdan longitudinal ekskursionun normal sınırlarını bilmek gereklidir. Bu çalışmada karpal tünel sendromu olan hastalarda, transvers karpal ligament gevşetilmesinin, Median sinir ekskursionuna etkisi araştırılmıştır.

Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı'ndaki asistanlığım süresince, yardım ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, eğitimimde büyük emekleri olan değerli hocalarım; Prof.Dr.Erdoğan ALTINEL,

Prof.Dr.Ahmet Turan AYDIN, Doç.Dr Ahmet Nedim YANAT, Doç.Dr.Semih GÜR, Doç.Dr.Feyyaz AKYILDIZ, Yard.Doç.Dr.Hakan ÖZDEMİR'e ve tezimin başından sonuna kadar her aşamasında desteğini ve yardımını esirgemeyen Doç.Dr.Serdar TÜZÜNER'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca klinik içi ve dışı hayatta benden desteklerini esirgemeyen Op.Dr.Mustafa ÜRGÜDEN, Op.Dr.A.Merter ÖZENCİ, Op.Dr.Yetkin SÖYÜNCÜ ve tüm asistan arkadaşlarıma minnetim sonsuzdur.

Her zaman yanımda olduğunu bildiğim eşim zorlukları aşmamda en büyük desteği verdi, ona da sonsuz teşekkürler.

Dr. Aydın YILDIRIM
Antalya, 1999

GİRİŞ VE AMAÇ

Periferik sinirler intervertebral foramenden çıktıktan sonra, yolu boyunca birkaç anatomik kompartmandan geçer. Kompartmanın kesit alanının azalması veya kompartman içi volümün artması durumunda, buradaki dokular arasındaki kayma kısıtlanır. Ayrıca, basıncın kritik seviyelerin üzerine çıkması, periferik sinirde doku kan akımının azalmasına ve sonuçta sinirde fonksiyonel bozuklukların ortaya çıkmasına neden olacaktır (1).

Ekstremitte hareketleri ile sinirlerin hareket ettiği bilinmektedir (2,3,4,5,6). Bu hareket, sinirin longitudinal ekskursiyonu (LE) olarak isimlendirilmiştir. Ekstremitte hareketleri sırasında periferik sinirler, sinir yatağı sayesinde kısalıp uzayabilirler. Periferik sinir içindeki fibrillerin pozisyonu spiral biçimde düzenlenmişlerdir. Sinir yatağının uzaması sinirde ilk olarak düzleşmeye, sonra gerilmeye ve fibrillerdeki kıvrımların açılmasına neden olacaktır. Sinir yatağında lokal değişikliklere izin veren bu adaptif mekanizmalar sayesinde, sinirin dalgalanma yönünün düzenlenmesi ve nöral bağ dokusunun elastisitesi; sinirin çapında değişiklik olmaksızın sinirin longitudinal yönde kaymasını sağlar (2). Bu yolla sinire ulaşan longitudinal kompresyon veya traksiyon kuvvetlerinin miktarı ve dolayısıyla sinirdeki kan dolaşımına olumsuz yönde etki eden güçler azaltılmış olur.

Median sinir el bileği ekleminin rotasyon merkezinin anteriorunda bulunur. El bileği ve parmakların fleksiyonu sinir yatağının kılmasına neden olur ve sinirin proksimal yönde hareketine yol açar. El bileği ve parmakların ekstansiyonunda ise sinir yatağı uzar, sinir distale hareket eder. Bu distal-proksimal yöndeki hareket miktarı konusunda, birçok araştırmacı tarafından canlılarda (2) ve kadavralar üzerinde

ölçümler yapılmıştır (3,4,5,6). Hareketliliğin skar dokusu, sonradan gelişen yapışıklıklar ya da kompresyon nöropatileri gibi patolojik durumlarda kısıtlanacağı belirtilmiştir (3,4,6)

Periferik sinirde irritasyon yapan herhangi bir faktör kolaylıkla inflamatuvar cevap ortaya çıkartır. İnflamatuvar cevabın sonucunda; şişlik, ödem ve fibrozis gelişimi ile sinirlerin normal longitudinal LE'ü bozulur (1). Ekskursiyonun kısıtlanması gibi sinirin kinematikiğindeki değişikliklerin, periferik nöropatilerin oluşumunda etyolojik bir neden olabileceği ileri sürülmüştür (6).

Ekstremiteler hareketleri sırasında LE'un kısıtlanması, sinirde elongasyonun artmasına, böylelikle sinirin gerilmesine ve kan akımının bozulmasına neden olmaktadır. İyi vaskülarize ve kompleks bir anatomik yapısı olan sinir dokusu, kan akımındaki değişikliklere karşı aşırı duyarlıdır (1,7,8). İntranöral mikrosirkülasyondaki değişiklik hızla duyu bozukluğu şeklinde ortaya çıkar. Sinirdeki kompresyon; önemsiz paresteziden, total duyu kaybı ve paraliziye kadar değişen fonksiyonel bozukluğa neden olabilir. İskemi ve kompresyon, sinirdeki fibrillerin tipine ve dağılımlarına göre farklı klinik tablolar oluştururlar (9).

Periferik sinirlerin fizyolojik bir özelliği olan LE'ün ölçüm sonuçlarının, literatürde bildirildiği gibi canlıda ve kadavrada benzerlik göstermesi şaşırtıcıdır. Canlılarda LE miktarının daha fazla olması gerekmektedir.

Periferik sinirlerin ekskursiyonunun en fazla el bileğinde, karpal tünelin proksimalinde ortaya çıktığı bilinmektedir (3). Karpal tünel sendromu (KTS) gibi kompresif nöropatilerde, median sinirin LE'unun kısıtlandığı kabul edilmektedir. Buna göre transvers karpal ligamentin (TKL) gevşetilmesi, median sinirdeki basıyı kaldıracak ve ekskursiyon miktarını arttıracaktır. Aynı zamanda ameliyat sırasında kullanılan turnikenin eksternal bir kompresyona neden olması beklenir. Turnikenin sinir ekskursiyonu üzerine olan etkisinde, kompresif bir nöropati modeli olarak değerlendirilebilir.

Bu noktadan hareketle karpal tünel sendromlu olgularda, median sinir ekskursiyonunun araştırılması amaçlandı. Bu çalışmamızda; el bileği seviyesinde

median sinirin ekskursionunun in vivo ölçümü, longitudinal ekskursion miktarının saptanması, ameliyat öncesi ve sonrası LE'un karşılaştırılarak cerrahi girişimin ekskursiona etkisi ve turnike uygulanması sonucu gelişen eksternal kompresyonun median sinir ekskursionu üzerindeki etkileri incelendi ve sonuçlar değerlendirildi.

GENEL BİLGİLER

Bu bölümde periferik sinir mikroanatomi ve kinematiği ile median sinirin yer aldığı karpal kanal anatomisi özetlenecektir.

A-Periferik Sinirin Mikroanatomi ve Kinematiği (1,4,7,8,10);

I - Periferik sinirler 3 farklı destek doku kılıfı ile sarılmış sinir fibrillerinden oluşmuşlardır.

1. Endonörrium;

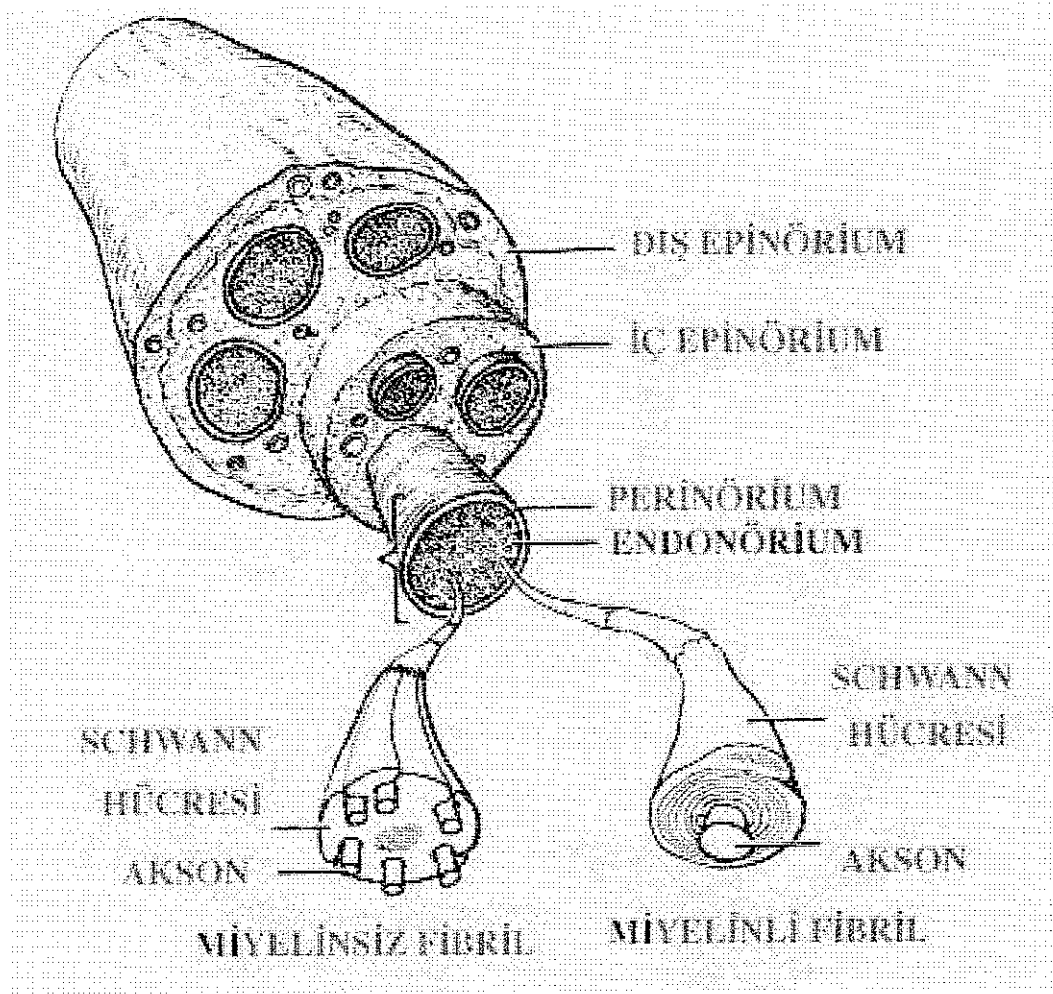
Temel hücresel komponenti fibroblast olan sinir fibrillerini saran yapıdır. Ayrıca mukopolisakkarid maddesi içerisinde, longitudinal yerleşimli kollajen ve retikulum fibrilleri içerir (Şekil 1).

2. Perinörrium;

Sinir fibrilleri, endonörrium dokusu ile sarılı gruplar halinde fasiküller içinde yer alır. Her bir fasikülde perinörrium tarafından sarılmıştır (Şekil 1). Perinörrium yassı hücrelerden oluşan, kollajen fibrillerin longitudinal, oblik ve dairesel yerleştiği, elastik fibrilleri de içeren mekanik olarak kuvvetli bir membrandır ve nöral dokuya skelatal destek görevi görür. Periferik sinirlerde tensil kuvvetin primer dağıtılmasından sorumludur.

3. Epinörüm;

Fasiküler gruplar periferik sinirlere ve seviyelerine göre değişen miktarda gevşek bir konnektif doku olan, onları kompresyondan koruyan epinörüm içine gömüldürler. Fasiküllerin arasındaki perifasiküler ve interfasiküler alanı dolduran gevşek bağ dokusudur. Dış ve iç tabakası olarak iki kısma ayrılır (Şekil 1).



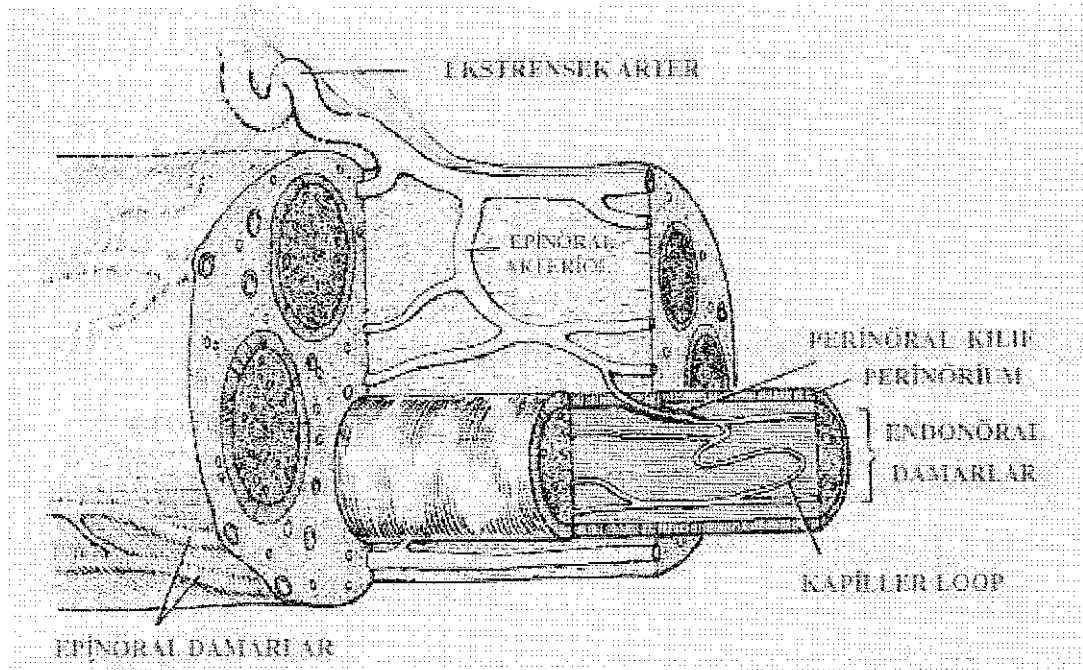
Şekil 1: Periferik sinirin transvers kesiti.

Derin fasiyal yada paranöral doku; sinir ve çevresindeki dokular arasındaki aralıkları dolduran, özelleşmemiş konnektif dokunun gevşek ağ şeklindeki tipidir. Gevşek olarak bu dokularla birleşir ve bir dokunun diğerine karşı hareketine izin verir. Bu doku sinir dokusu ile birlikte bulunmakta ise de sinirin bir komponenti olarak kabul edilmez.

Sinirin tüm uzunluğu boyunca yapısı devamlı olarak değişir. Fasiküller tekrar tekrar ayrılıp birleşerek kompleks fasiküler pleksusu oluştururlar. Sinirin tüm uzunluğu boyunca bağımsız ve yönü değişmemiş fasikül yoktur. Sinirin tensil kuvveti sinirin fasikül sayısı ile artar. Sinir kesitinde epinöral ve fasiküler dokunun rölatif miktarı sinirin farklı seviyelerinde değişiktir. Fasiküler doku oranı %30-70 arasında değişir. Konnektif doku komponenti ve fasiküler anatomisinin özellikleri kompresyon yaralanmalarına karşı önemli bir korunma sağlar.

II - Sinir kan dolaşımı;

Periferik sinirlerin mikrovasküler sistemi tüm tabakalarda iyi bir şekilde gelişmiş vasküler pleksuslardan oluşur (Şekil 2). Sinirin yönü boyunca segmental dallar alırlar. Bu segmental damarlar genellikle sinire gevşek ve kıvrılmış şekilde girerler. Sinirin ekskürsionunu kısıtlamazlar. Perinöriumdan endonöriuma geçerken oblik şekilde olduklarından kapak mekanizması görevini görürler.



Şekil 2 : Periferik sinirin damarları.

III - Endonöral sıvı basıncının fizyolojisi;

Sinirde travma, mekanik irritasyon ya da kompresyon olduğunda epinörium içinde hızla ödem oluşur. Perinöriumun diffüzyon bariyer etkisi göstermesi nedeniyle ödem fasiküllerin içine ilerlemez. Perinöral tabaka fibrillerin korunmasında önemli bir rol oynar. Ayrıca epinöral ve endonöral damarlar; ekstrasvazasyona izin vermezler ve kan beyin bariyeri analogu gibi kan sinir bariyeri oluştururlar. Böylece kombine diffüzyon bariyerleri ile endonörium korunmuş olur.

IV - Sinir fibrilleri;

Aksonlar, Medulla Spinalis'in dorsal kök gangliyonlarındaki (duyu) yada ön boynuz (motor) nöronlarındaki sinir hücrelerinin periferik uzantılarıdır. Schwann hücreleri ile birlikte fibrilleri oluşturur. Miyelinli fibrillerde akson, tek bir Schwann hücresi ve miyelin kılıfı ile; miyelinsiz fibrillerde ise çok sayıda akson Schwann hücresince sarılmıştır (Şekil 1).

Fonksiyon ve boyutuna göre fibril tipleri ; Grup A ileti hızı yüksek en büyük miyelinli somatik afferent ve efferent fibriller, Grup B miyelinli otonomik ve pregangliyonik fibriller ve Grup C en ince miyelinsiz visseral ve somatik ağrı fibrilleridir.

V - Sinirin gerilme direnci ve elastisitesi;

Periferik sinirler, biyomekanik özellikleri nedeniyle viskoelastik dokulardır. Yük altında bir noktaya kadar sinir dokusu bir elastik doku gibi davranır ve yükten sonra orijinal şeklini alır. Elastik limiti dışında semiplastik materyal gibi davranır.

Periferik sinirler bir miktar tensiyon altında bulunur. Sinirin deforme edici kuvvetin büyüklüğü, uygulanım hızı ve zamanı gibi faktörlere bağlı olarak elastisitesi nedeniyle elongasyon genişliği vardır.

Sinir, yerleştiği yatağı içinde bir dalgalanma yönünde uzanır. Fasiküller, epinörium ve sinir fibrilleri de fasiküller içinde aynı şekilde uzanırlar. Bunun anlamı sinir ve sinir fibrillerinin uzunluğu, ekstremitenin herhangi sabit iki noktası arasında bu çizgileri birleştiren çizgiden daha büyüktür.

Bir sinir derece derece gerilirse, önce sinir ve fasiküldeki dalgalanma elimine edilir ve fasikül içinde gerilme görülmez. Bu yolla bu sistemde sağlanan gevşeme, ekstremite hareketi sırasında ortaya çıkan traksiyon kuvvetlerinin nötralizasyonunu ve absorpsiyonunu sağlar. Böylece sinir fibrilleri her zaman aşırı gerilmeden korunur.

Eğer gerilme sürdürülürse; sinir düzleşir, daha sonra gerilir, sonunda da sinir fibrilleri rüptüre olur. Bu durumda bile sinir elastik bir yapı gibi davranmaya devam eder. Gerilme daha da artırılırsa perinörium rüptüre olur. Bu dokunun kaybı sinirin elastitesinin ve gerilme direncinin kaybına neden olur.

Fleksiyon sırasında sinir kısaldığında volüm absorpsiyon etkisi gereklidir. Çünkü eklem flexiyonu sinirde kıalmaya ve volümünde artmaya neden olur. Sinir dokusu sıvı gibidir ve komprese edilemez. Eklem ekstensiyona getirildiğinde sinir elonge olur ve volümü azalır. Elongasyon daha da arttırılırsa fasiküller uzar. Özellikle orta segmentte transvers kontraksiyon nedeniyle fasiküller daha da daralır. Fasiküller arasındaki gevşek doku adaptasyonu gerçekleştiren yapıdır.

Endonöral dokunun bir miktar gerilme direnci vardır. Bununla birlikte sinire elastisite ve gerilme direnci veren ana komponent perinöriumdur. Perinörium sağlam kaldığı sürece sinirin elastik özelliği vardır. Fasiküller gerildiği zaman kesit alanı azalır, intrafasiküler basınç artar, sinir fibrilleri komprese olur, mikrosirkülasyon tehlikeye girer. Normal ekstremite hareketleri sırasında ortaya çıkan traksiyon kuvvetleri, fasikül içindeki sinir fibrillerinin kan dolaşımını etkilemez.

Periferik sinirlerin gerilme direnci ve elastisitesi konusunda yapılan çalışmalarda; tavşan tibial sinirinin in situ % 11'in üzerinde gerilme altında olduğu (11), kadavra çalışmalarında ise median sinirin el bileği ve dirsek bölgesinde ekstremite hareketlerinde, %10 üzerinde bir gerilme altında kaldığı gösterilmiştir (6).

VI - Epinöriumun biyomekanik rolü;

Bir sinire basınç uygulandığında epinörium şok absorbe edici rol oynar ve sinirde stresi dağıtarak sinir fasiküllerine ve fibrillerine bu yolla yastıkçık görevi görür. Böylece onları hasardan korur. Epinöral dokunun az olduğu sinirler mekanik yaralanmalara karşı daha duyarlıdır. Epinöral dokunun fazla miktarda olduğu sinirlerde fasiküllere hasar veren kuvvet dağıtılır, sinir içinde fasiküller daha kolay yer değiştirir.

VII - Kayma mekanizması;

Minimal sürtünmeyle kaymaya izin veren ideal durum iki yüzey arasındaki aralığın sıvı ile doldurulması ile sağlanır. Dokuların her biri diğerine karşı kayar. Bu prensip eklemlerde ve tendon kılıflarında sağlanmıştır. Alternatif bir durum özel kayma dokularının oluşturulmasıdır. Bu gibi kayma dokusu tendonların etrafındaki sinoviyal kılıf ve kas tabakaları arasındaki (skapula ve toraks duvarı arasındaki gibi) vücudun farklı bölümlerinde vardır. Ayrıca benzer bir durum damarların etrafında da görülür. Arterlerin etrafındaki özel bir önemi vardır. Bu gibi kayma mekanizması olmasaydı arter pulsasyonunu hissetmek mümkün olmazdı.

Periferik sinirlerin etrafındaki gevşek bağ dokusundan oluşmuş kayma tabakaları, ilk olarak Schaffer(cit.4), tarafından tanımlanmıştır. Daha sonraları Lang (cit.4), tarafından da sinir etrafında konnektif doku fibrillerinin rastgele düzenlendiği, birbirini takip eden vasküler ve avasküler tabakalar içeren, bağ dokusu tabakaları tanımlanmıştır. Vaskülarize tabakalar bazen yağ dokusu içermesi nedeniyle "*konjonktiva vazorum*" analogu gibi "*konjonktiva nervorum*" olarak isimlendirilmiştir. Van Beek ve Kleinert (cit.4), "*damar adventisiyası*" analogu gibi, sinir çevresindeki kayma dokusuna "*adventisiya*" terimini kullanmışlardır. Krstic (cit.4), bu dokuyu tendonların paratenon analogu gibi "*paranörium*" olarak tanımlanmıştır. Normal bir sinir eksplorasyonunda bu kayma dokusu sinirin kolay disseksiyonuna ve mobilizasyonuna izin verir.

VIII - Sinirlerin fizyolojik kayması;

Ekstremitte hareketleri ile sinirlerin kayması, ekstra ve intranöral kayma yüzeylerinin özelliği ile mümkündür. Sinirin dış tabakasında, ekskürsiyona izin veren kayma apparatusu vardır. Hareketi sağlayan ikinci önemli yapı, fasiküller arasındaki gevşek bağ dokusudur. Bu doku kompresyona neden olmaksızın fasiküller arasındaki harekete izin verir.

LE sinirin çevre doku ile, fasiküllerin ve sinir fibrillerinin kendi aralarında birbirleri ile rölatif hareket edebilmesi ile mümkündür. Bu üç seviyenin birinde hareketlerde azalma diğer seviyenin birinde yada diğerlerinde artma ile kompanze edilir.

IX - Kayma mekanizmasının bozulması ve klinik önemi (3);

Kayma mekanizması tabakalarında fibrozis olursa, kayma kapasitesi bozularak sinir çevre dokuya yapışır. Bu durum; eksternal kompresyon, irritasyon, ödem, hematom, iskemi ve skar oluşumu gibi nedenlerle ortaya çıkabilir. Böylelikle ekstremitte hareketi sırasında kayma hareketi inhibe olacak, sinir uzunluğu boyunca traksiyon kuvvetlerinin eşit dağılımı mümkün olmayacaktır. Sonuç olarak, daha fazla traksiyon kuvvetleri absorbe etmesi gereken komşu segmentlerde traksiyon kuvvetleri artacaktır. Tolerans limitini aşan sinir dokusu; traksiyon yaralanması, ödem ve fibrozis ile yanıt verecek ve kısır döngü ortaya çıkacaktır.

Paranörium fibrotik olur ve yapışıklıklar gelişirse, epifasiküler epinöriumdan ayırt edilemez. Fibrotik paranöriumun çekmesi ve/veya paranöriumla epinöriumun birleşmesi sinirde kompresyona neden olabilir.

Normal ekskürsiyon engellenirse sinirde nörodez etkisi ve strainde artma görülür. Strainde artma sinirde doğrudan mekanik hasara yada %10 üzerinde gerilirse iskemi sonucu sinirde yaralanmaya neden olabilir (8).

Tavşan tibial sinirindeki üzerinde yapılan çalışmalarda; % 8 gerilmenin venos staza, %15 gerilmenin total iskemiye neden olduğunu bildirilmiştir (11,12,13,14,15). Sinirdeki %6'lık gerilmenin iletide 1 saatten fazla süren %70'lik bir azalmaya neden olduğu, %12'lik gerilmenin iletiyi tamamen durdurduğu gösterilmiştir (16).

Kayma tabakalarının sağlam kaldığı sinir kesilerindeki primer onarımlarda; sinir uçları kolaylıkla paranöral tabaka içinde uygun tensiyon altında yaklaştırılarak, uç uca onarım yapılabilir.

Sekonder sinir onarımlarında, primer onarıma göre sinir uçlarında fibrozis ve kayma mekanizmalarında bozulma olacağından, uç uca onarım ihtimali azalacaktır. 25-30 mm'ye kadar ulaşan sinir defektlerinin; kan dolaşımını engellemeden sinirde yeterli ekskursiyonun sağlanılabileceği ve primer veya erken sekonder sütürler ile giderilebileceği bildirilmiştir (17,18). Sonuç olarak sekonder onarımlarda sinir greftleri endikasyonu daha sıklıkla konulacaktır.

Serbest sinir greftlerinde, konulduğu bölgedeki yeni damarlanmaya bağlı olarak yapışıklık oluşması beklenir. Primer onarımlardan sonra, kayma dokusunun rejenerasyonu ile sinir hareketliliğini yeniden kazanabilir. Fakat sinir greftlerinde hiçbir zaman bu olmaz. Sinir greftlerinin yapışık kaldığı kabul edilir. Bu olay sinir greftlerinin neden tensiyona hassas olduğunu açıklamaktadır. Mobilizasyonun, greft uçlarının proksimali ve distalinde tensiyonun artmasına neden olacağı açıktır. Bu nedenle sinir greftlerinde; greft uzunluğunun, komşu eklemlerin ekstansiyon pozisyonunda iken sinirin distal ve proksimal ucu arasındaki maksimum mesafe ile uygun olması gereklidir. Mobilizasyon başlarsa sinirin uzunluk farkına adaptasyonu yalnızca gevşeme ile olur, elongasyon olmaz. LE'un önemli olduğu diğer bir klinik durum kompresif nöropatilerdir. KTS, en sık karşılaşılan periferik kompresif nöropatidir.

El bileğinde proksimal yönde siniri deforme eden makaslama kuvvetlerinin distal yöndeki deformasyondan daha şiddetli olduğu bilinir. En fazla makaslama kuvveti oluşturan el pozisyonu el bileğinin fleksiyonuna ilave olarak parmakların ekstansiyonudur. Sinirde kompresyon ve yapışıklık olduğu zaman distalindeki ekstremitenin hareketinde longitudinal kayma için bir gereksinim ortaya çıkacaktır. Bu traksiyon, kompresyonun distalinde sinire ek bir kompresif kuvvet üretecektir. Longitudinal traksiyon kuvveti sinirde daralmaya ve sinirin içerisinde minikompresyona neden olur. Bu da klinik semptomların niçin kompresyon alanın proksimal ve distaline yayıldığını açıklar.

Bu görüş kompresif lezyonların medikal tedavisinde eklem bir pozisyonda tutulmasının sinirin LE gereksiniminin ve longitudinal kuvvetlerin potansiyel etkilerinin azaltılması nedeniyle splintlemeyi destekler. İstirahat sinir etrafındaki inflamatuvar cevabı azaltacak ve dekompresif bir cerrahi girişime gereksinim olmaksızın semptomların azalmasına neden olacaktır.

Adheziv nöritler de, LE'un önemli olduğu diğer bir klinik durumdur. Bir sinir uzun süreli kompresyon ya da internal ve eksternal (cerrahi nedenli) travma ile yaralanmasını takiben çevresindeki dokulara sekonder olarak yapışır. Sinirin skar nedeniyle çevre dokulara bağlanması sonucu, ekstremitenin distal yada proksimale hareketi ile aksonal uyarı görülecektir. Çevre dokuya sıkı bir şekilde yapışan sinirde nöroliz uygulandığı zaman, ameliyat sonrası dönemde LE sağlanmalıdır. Sinirin lokal çevresinin değiştirilmesi için bir işlem yapılmaz ise, adhezyonlar yeniden oluşacak ve klinik sendrom kalıcı olacaktır. Bazı KTS'lu hastaların uygun teknikle yapılan yeterli bir karpal tünel gevşetilmesini takiben görülen semptomların rekürrensi; normal ekskürsyonu engelleyen ameliyat sonrası sinir çevresi skar dokuları tarafından, sinirin traksiyonuna neden olması ile açıklanabilir.

Lokal çevrenin değiştirilmesi için yağ dokusu greftleri, kas flepleri, sinir transpozisyonu gibi sinirin yeni çevresinde iyileşmesine izin veren bir çok teknik kullanılmıştır. Nöroliz işleminin tüm amacı ekstremitte hareketi ile sinirin longitudinal kaymasını restore etmeye yönelik olmalıdır.

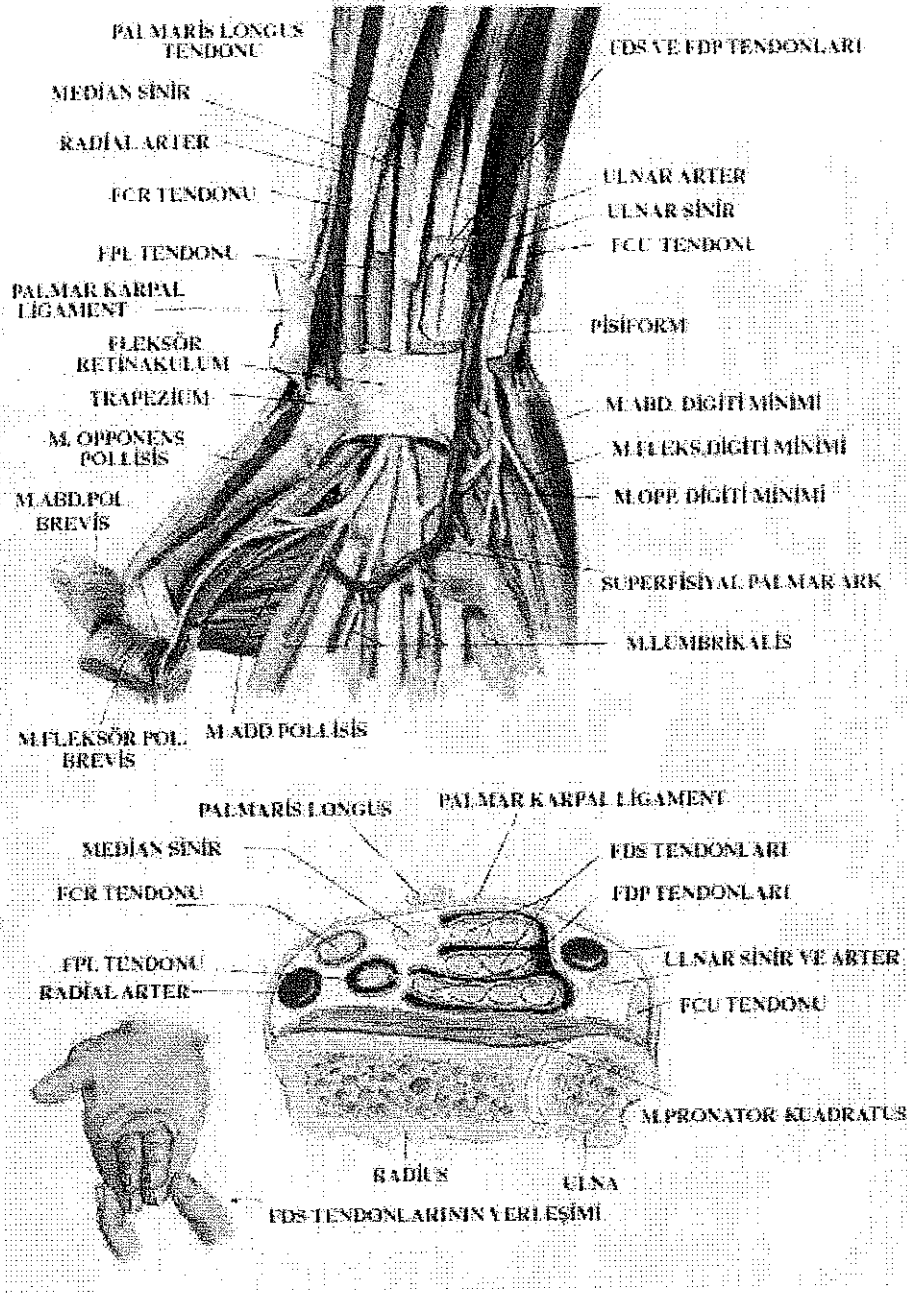
B – Karpal kanal (18);

Proksimal ve distal ucu açık olmasına rağmen fizyolojik olarak kapalı kompartman gibi davranır. Karpal kanalın dorsali ve laterali karpal kemiklerin konkav arki tarafından sınırlanmış olup volarinde fleksör retinakulum bulunur. Ulnar kenarını; hamatumun çengeli, triquetrum ve pisiform kemikleri oluşturur. Radial kısmını skafoid, trapezium ve fleksör karpi radialis tendonunu (FKR) örten fasiyal septum oluşturur.

Fleksör retinakulum distal radiustan metakarpların kaidesine kadar uzanır ve üç komponenti vardır. Bunlar derin ön kol fasiyası, TKL ile tenar ve hipotenar kaslar arasındaki distal aponevrozdur. TKL radialde skafoid ve trapezium tüberkülü, ulnarda hamatumun çengeli ve pisiform arasında uzanır. En yüzeysel tabaka proksimal önkol fasiyası, palmaris longus tendonu (PL) ve distal palmar fasiyadan oluşur. Kanaldan 9 adet fleksör tendon ve median sinir geçer.

Median sinir distal ön kolda PL tendonu dorsoradialinde, FKR ve fleksör digitorum süperficialis (FDS) tendonları arasında, daha yüzeysel olarak uzanır. Karpal kanalın radiopalmar bölümünde fleksör retinakulumun altından geçer ve retinakulumun distal ucunda dallarına ayrılır (Şekil 3).

Karpal kanaldan transvers bir kesit alınırsa; en yüzeysel yapı FKR tendonudur (Şekil 3). Ancak bu kasın tendonu kendi özel kanalından geçer. Bu kasın derininde FDS tendonları bulunur. 3. ve 4. parmak FDS tendonları daha yüzeysel yerleşir. FDS tendonları ve fleksör retinakulumun arasında median sinir, daha derinde fleksör digitorum profundus (FDP) tendonları ve median sinirin lateralinde fleksör pollisis longus (FPL) tendonu bulunur. Kanal içinde tüm tendonlar kayma hareketine izin veren sinoviyal doku ile sarılıdır. Nötral pozisyonda median sinir FPL tendonunun palmar ve ulnarında, 3. parmak FDS tendonunun radialinde 2. parmak FDS tendonunun palmar ve radialinde bulunur (19,20,21)



Şekil 3: Karpal kanalın anatomik görünümü ve transvers kesiti.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmada, 01 Ocak - 30 Temmuz 1998 tarihleri arasında Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim, El Cerrahisi Bilim Dalı'nda KTS tanısı konulan 22 olgunun 28 eli değerlendirildi. Olguların tanısı; öykü, klinik ve elektronöromyografik değerlendirmeleri ile konuldu.

Yaş ortalaması 49 (34 - 68) olan olguların, 21'i (%96,4), kadın; 1'i (%3,6) erkekti. Olguların 8'i (% 36,4) sağ , 8'i (% 36,4) sol ve 6'sı (%27,2) her iki elinden ameliyat edildi. Bilateral olgularda genel, diğerlerinde aksiller anestezi kullanıldı. Cerrahi teknik olarak Menon tekniği (22) ile endoskopik karpal tünel gevşetilmesi uygulandı.

Median sinirin ekskursiyonunun ölçümü; transvers karpal ligament gevşetilmeden önce ve sonra olmak üzere, el bileğinin 110 cm. mesafeden 3 farklı pozisyonunda çekilen lateral el bilek grafilerinden yapıldı.

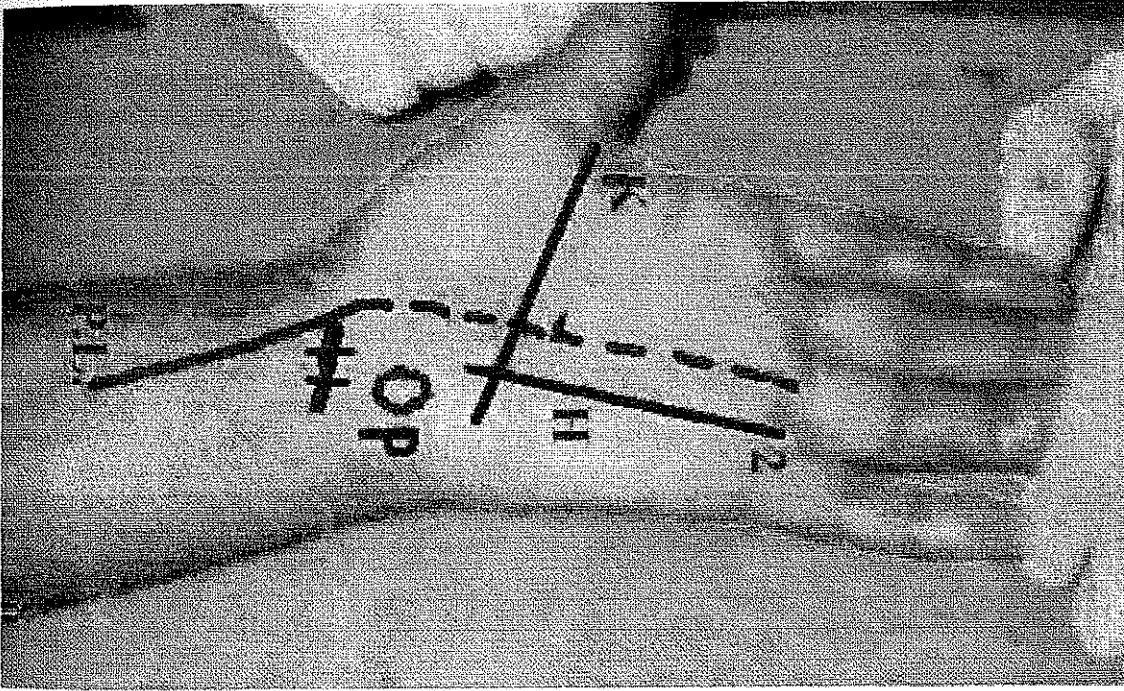
Kola uygulanan turnikenin, median sinirin el bileği seviyesindeki ekskursiyonuna olan etkisinin araştırılmasında; 14 hastanın ameliyatının tüm aşamasında pnömatik turnike kullanılırken, 14 hastada grafilerin çekimi aşamasında turnikeleri çıkartıldı.

Karpal kanalın gevşetilmesinde; plastik kökenli disposıbl iki dilatatör, bir adet kesici bıçak ve endoskop ile bıçağın içine girebildiği bir adet kanülden oluşan, "Concept Carpal Tunnel Relief Kit (Linvatec, Largo, FL,USA)" kullanıldı.

Endoskopik girişimler, 25° ve 2,7 mm'lik Wolf endoskop, 250 Watt'lık Storz soğuk ışık kaynağı ve Sony video-printer ile yapıldı.

Cerrahi teknik:

Hastalara yapılacak girişimin detayları anlatılıp yazılı izinleri alındı. Hastalar supine pozisyonunda ameliyat masasına yatırıldı ve omuz 90° abduksiyonda iken ekstremite el supinasyonda olacak şekilde el masasına yerleştirildi. Önce palmar yüzde, pisiform kemik, elbileğinin ulnar kenarında palpe edilerek işaretlendi. Daha sonra Kaplan'ın kardinal çizgisi (başparmak ve işaret parmağı arasındaki interdigital kıvrım tepesinden proksimal palmar çizgiye paralel olarak elin ulnar tarafına doğru uzanan ve pisiform'un yaklaşık 4-5 mm distalinden geçen bir çizgidir) çizildi (Şekil 4).

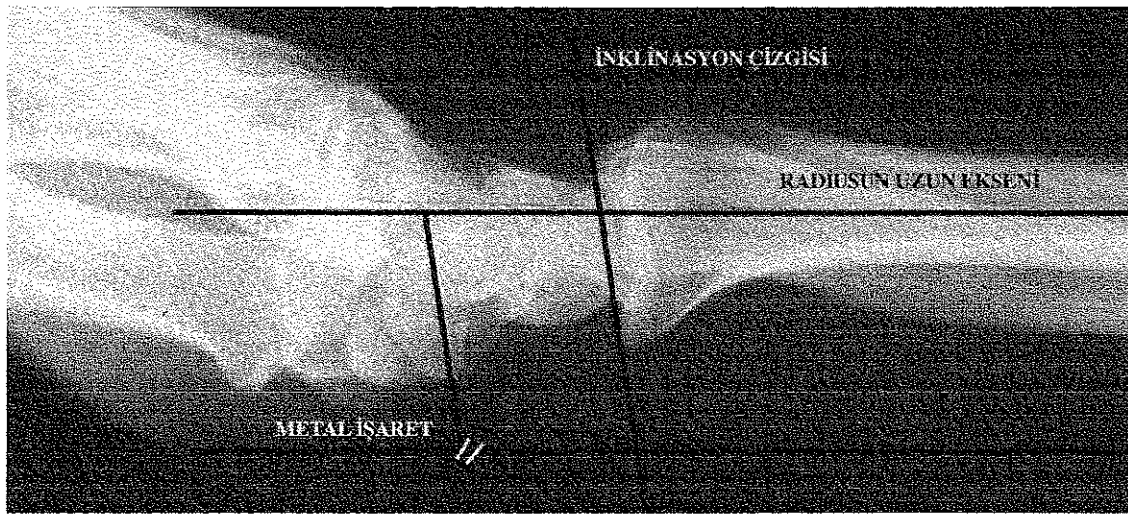


Şekil 4. Cerrahi çizgiler (K; Kaplan'ın kardinal çizgisi, P; pisiform, H; hamatum, 2; 4. parmağın ulnar tarafından çizilen çizgi)

4. parmağın ulnar tarafından el bileğine doğru proksimal yönde longitudinal uzanan ikinci çizgi çizildi. Bu iki çizginin kesişme noktası, transvers karpal ligamentin distal ulnar yapışma yeri olan hamatum'un çengelini gösterir. Bu iki referans noktası arasında, TKL'in distal kenarı bulunur. 4. parmağın radial kenarından el bilek çizgisine doğru 3. bir çizgi çizildi (Şekil 4). Kesiyeye, el bileği volarinde, bu çizgi ile distal fleksör katlantı çizgisinin kesiştiği noktadan başlandı ve yaklaşık 1.5 cm. lik transvers kesi palmaris longus tendonunun ulnar tarafında sonlandırıldı. Künt ve keskin disseksiyonları takiben önkol antebrakiyal fasiyasının transvers fibrilleri ortaya çıkarıldı. Fasiya fibrillerin yönünde açıldı ve önce künt disseksiyonla açıldığı yerden genişletildi.

Median sinir ortaya çıkarıldı ve ölçümler için 0.5x4 mm büyüklüğünde iki adet silindirik küçük metal parça median sinire epinöral olarak sagittal ve koronal planlarda yerleştirildi ve cilt kesileri sütüre edildi. Turnikenin ekskursiyon üzerindeki etkisinin araştırıldığı 14 hastada turnikeleri boşaltılarak grafi çekilmesi aşamasına geçildi.

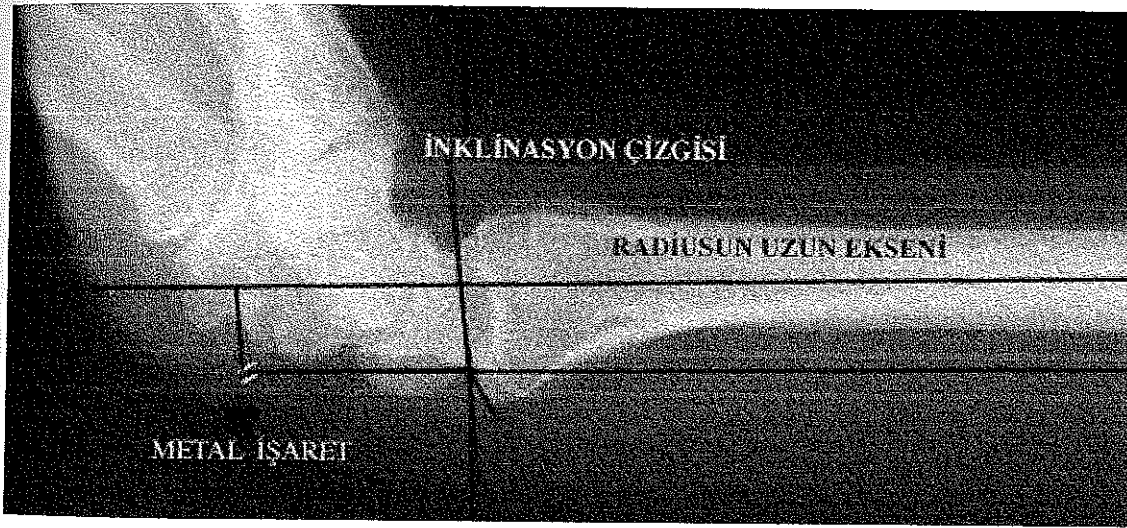
Hastaların omuzları 90° abduksiyonda, dirsekleri 10° fleksiyonda, ön kolları nötral pozisyonda iken, gonyometre kullanılarak 20° ve 65° dorsifleksiyonda, 60° palmar fleksiyonda lateral el bilek grafileri çekildi (Şekil 5,6,7). Parmak hareketlerinin sinir ekskursiyonunu etkilememesi için, parmaklar 0° 'de nötral pozisyonda tutuldu.



Şekil 5. 20° palmar fleksiyon



Şekil 6. 60° palmar fleksiyon.

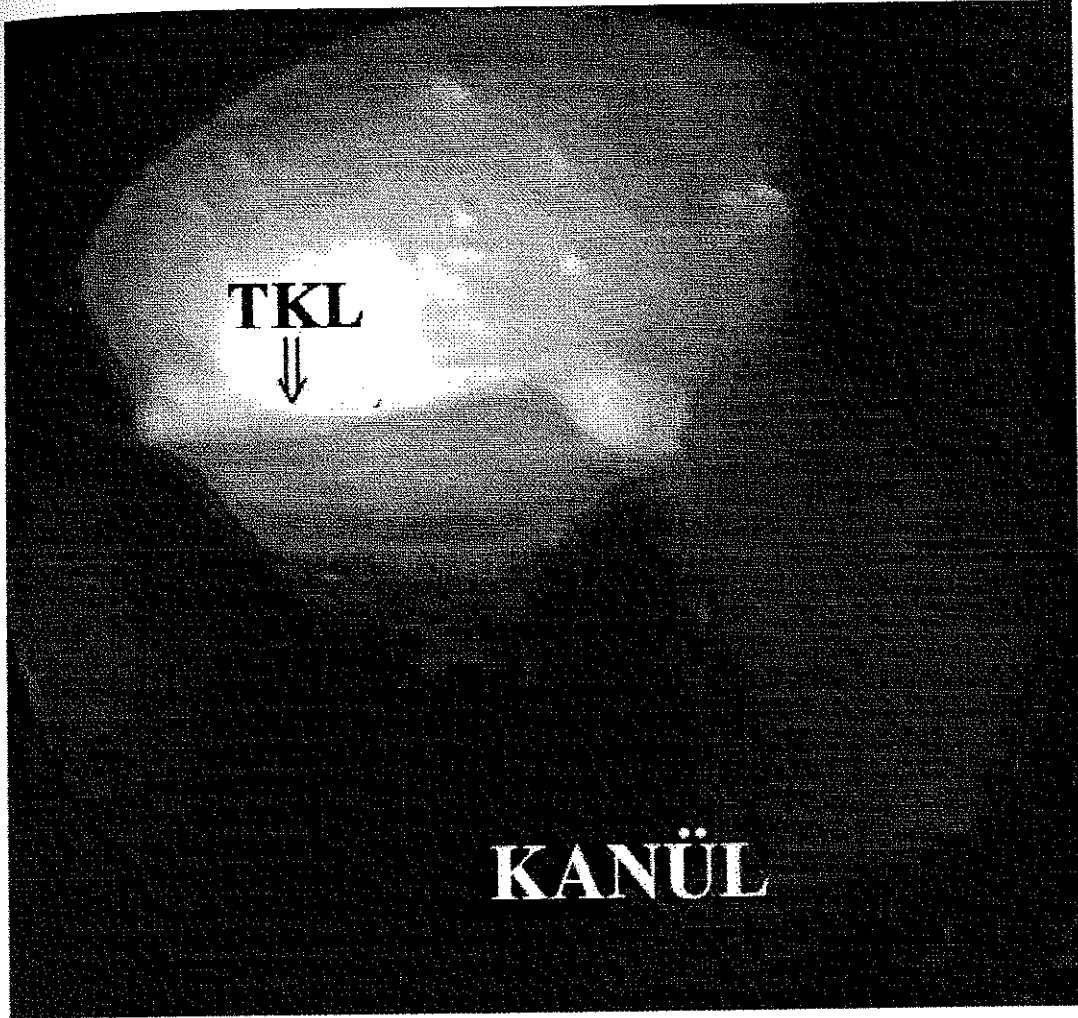


Şekil 7. 65° dorsal fleksiyon.

Turnikelerin çözüldüğü 14 olguda, tekrar turnike sarıldı ve cilt sütürleri alındı. Fasyal kesiden 5.5 mm ve 7 mm dilatatörlerle, 4. parmağın her iki kenarı boyunca çizilen çizgilerin arasından TKL'in distal kenarının birkaç mm distaline kadar genişletme işlemi yapıldı. Bu seviyede ulnar nörovasküler yapıların yaralanmaması için dikkatli olundu.

Kanül, el bileği ekstansiyonda iken 4. parmağa doğru, ucu TKL distalinin birkaç mm distaline gelecek şekilde karpal kanal içine yerleştirildi. Kanülün

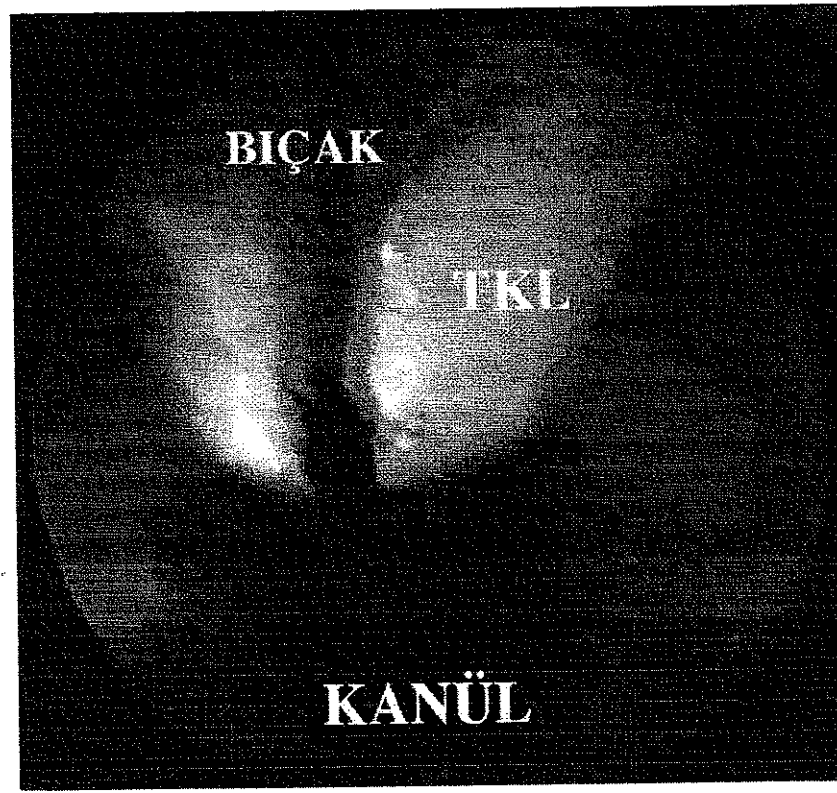
proksimal ucundan 25°'lik 2.7 mm endoskop yerleştirilerek TKL görüntülendi (Şekil 8). Daha sonra endoskop TKL proksimaline kadar geri çekildi. Bıçak konkav ucu TKL proksimal ucuna gelecek şekilde kanülün içine yerleştirildi ve proksimalden distal yöne doğru bıçak itilerek TKL kesildi (Şekil 9,10). Proplar ile TKL'in total olarak kesilip kesilmediği kontrol edildi. Kanül radial tarafa doğru döndürülerek median sinir izlendi.



Şekil 8. TKL'in görünümü.



Şekil 9 Bıçağın yerleştirilmesi.



Şekil 10. TKL kesilirken.

BULGULAR

Çekilen grafler üzerinde yapılan ölçümler Tablo 1'de verilmiştir.

Çekilen graflerde hareket etmeyen veya beklenenin tersini yapıp palmar fleksiyonda nötral noktanın distaline, dorsal fleksiyonda nötral noktanın proksimaline giden işaretleme olmadı. Ameliyat öncesi biri bilateral 4 olgu ve ameliyat sonrası 2'si bilateral 7 olguda, palmar fleksiyondaki işaret, inklinasyon çizgisini geçmedi.

Kesi yeri nedeniyle nötraldeki işaretleme negatif bir değerde olmadı ve ortalama 15.2 ± 4.07 mm ölçüldü. Gruplar kıyaslandığında, operasyon öncesi (ortalama 15.2 mm) ve operasyon sonrası (ortalama 15.9 mm) nötral noktalar arasındaki yerleşim farklılığında anlamlı bir fark saptanmadı ($p=0.5$). Bu uygun nötral yerleşimin ve ölçümlerde belli bir standardizasyonun sağlandığını göstermektedir.

Çalışmada ($n=28$) girişim öncesi; dorsifleksiyonda ortalama 8.35 mm distale, palmar fleksiyonda 21.61 mm proksimale, total 29.96 mm hareket saptandı. Girişim sonrası; dorsifleksiyonda 7.99 mm distale, palmar fleksiyonda 20.46 mm proksimale, total 28.45 mm hareket saptandı. Girişimin dorsifleksiyona net etkisi -0.35 mm azalma, palmar fleksiyona net etkisi -1.15 mm azalma şeklinde oldu. Toplam ekskursiyonda ortalama -1.5 mm kayıp olduğu görüldü.

Bu verilerin t testi ile yapılan değerlendirmesine göre, cerrahi girişimin etkisi yönünden, cerrahi girişim öncesi ve sonrası distal ekskursiyonlar ($p=0.68$) ve proksimal ekskursiyonlar ($p=0.28$) ile total ekskursiyonlar ($p=0.308$) arasında istatistiksel olarak anlamlı farkı olmadığı saptandı.

Ekskursiyonlara ait istatistiksel değerler Tablo 2'de milimetre cinsinden verilmiştir.

Sıra	Cins	taraf	çift	Turnike	Ameliyat öncesi			Ekskursiyon			Ameliyat Sonrası			Ekskursiyon			Amel sonrası-öncesi		
					nötral	Dorsifl	Palmfl	Distal A	Prok B	Total A+B	nötral	Dorsifl	Palmfl	Distal a	Prok b	Total a+b	Df	pf	Total
1	K	Sol	+	(+)	5.9	21.1	-17.5	15.2	23.4	38.6	9.5	23.2	-19.7	13.7	29.2	42.9	-1.5	5.8	4.3
2	K	Sağ	+	(+)	8.2	23.7	-10.6	15.5	18.8	34.3	10.6	22.2	-10.7	11.6	21.3	32.9	-3.9	2.5	-1.4
3	K	Sol	+	(-)	21.9	26.8	2.8	4.9	19.1	24	22.6	28.1	2	5.5	20.6	26.1	0.6	1.5	2.1
4	K	Sağ	+	(-)	15.7	22.4	-5	6.7	20.7	27.4	17.4	24.2	-2.5	6.8	19.9	26.7	0.1	-1	-0.7
5	K	Sol	+	(-)	15.5	24.9	-4.8	9.4	20.3	29.7	15.9	26.8	-5.8	10.9	21.7	32.6	1.5	1.4	2.9
6	K	Sağ	+	(-)	21	27	-2.4	6	23.4	29.4	21.2	26.3	-6.3	5.1	27.5	32.6	-0.9	4.1	3.2
7	K	Sol	+	(+)	11.9	19.9	-6.3	8	18.2	26.2	12.9	21.5	-8.8	8.6	21.7	30.3	0.6	3.5	4.1
8	K	Sağ	+	(+)	18.4	23.3	-3.2	4.9	21.6	26.5	18.6	21	-1.3	2.4	19.9	22.3	-2.5	-2	-4.2
9	K	Sol	+	(+)	16.2	24.1	-7.8	7.9	24	31.9	17.9	23.3	-5.6	5.4	23.5	28.9	-2.5	-1	-3
10	K	Sağ	+	(+)	22.2	26.5	-3.1	4.3	25.3	29.6	24	26.3	7.5	2.3	16.5	18.8	-2	-9	-11
11	K	Sağ		(-)	14.4	25.4	-16.4	11	30.8	41.8	14.3	25	-3.6	10.7	17.9	28.6	-0.3	-13	-13
12	K	Sağ		(+)	19.6	23.9	4.6	4.3	15	19.3	20.4	24.6	6.4	4.2	14	18.2	-0.1	-1	-1.1
13	K	Sağ		(+)	18.9	25	2.9	6.1	16	22.1	18.3	25.6	3	7.3	15.3	22.6	1.2	-1	0.5
14	K	Sağ		(+)	11	21.4	-8.1	10.4	19.1	29.5	12	23.1	-9.2	11.1	21.2	32.3	0.7	2.1	2.8
15	K	Sağ		(+)	10.6	20.7	-14.4	10.1	25	35.1	10.7	22	-7.8	11.3	18.5	29.8	1.2	-7	-5.3
16	K	Sağ		(+)	19.3	27.5	-2.1	8.2	21.4	29.6	22	26.3	5.8	4.3	16.2	20.5	-3.9	-5	-9.1
17	K	Sol		(+)	12.9	20.4	-3.2	7.5	16.1	23.6	15.2	20	-1.3	4.8	16.5	21.3	-2.7	0.4	-2.3
18	K	Sol		(+)	12.2	19.1	-10.3	6.9	22.5	29.4	8.6	20.9	-6.8	12.3	15.4	27.7	5.4	-7	-1.7
19	K	Sol		(-)	14.5	29.7	-5.9	15.2	20.4	35.6	17.5	29.6	-5.3	12.1	22.8	34.9	-3.1	2.4	-0.7
20	K	Sol		(-)	15.7	24.3	-9.3	8.6	25	33.6	15.8	25.6	-10.1	9.8	25.9	35.7	1.2	0.9	2.1
21	E	Sol		(-)	15.4	25.6	3.3	10.2	12.1	22.3	17.7	26.3	3.3	8.6	14.4	23	-1.6	2.3	0.7
22	K	Sol		(+)	13.5	22.2	-9	8.7	22.5	31.2	16.4	22.5	-9.3	6.1	25.7	31.8	-2.6	3.2	0.6
23	K	Sol		(-)	17.8	27.4	-7.1	9.6	24.9	34.5	16.6	26.9	-7.7	10.3	24.3	34.6	0.7	-1	0.1
24	K	Sol		(-)	19.2	25.6	-3.6	6.4	22.8	29.2	20.7	26	3.1	5.3	17.6	22.9	-1.1	-5	-6.3
25	K	Sağ		(-)	17.4	23	-9.2	5.6	26.6	32.2	14.4	25.2	-10	10.8	24.4	35.2	5.2	-2	3
26	K	Sağ		(-)	11	20	-12.9	9	23.9	32.9	7.7	18.9	-12	11.2	19.7	30.9	2.2	-4	-2
27	K	Sağ	+	(-)	12.5	18.4	-9.5	5.9	22	27.9	12.2	17.7	-8.9	5.5	21.1	26.6	-0.4	-1	-1.3
28	K	Sol	+	(-)	13.6	20.8	-10.8	7.2	24.4	31.6	16.7	22.4	-3.5	5.7	20.2	25.9	-1.5	-4	-5.7

Ortalama	15.2	23.575	-6.39	8.35	21.61	29.964	15.99	23.982	-4.47	7.99	20.46	28.45	-0.35	-1.15	-1.5
Maksimum	22.2	29.7	4.6	15.5	30.8	41.8	24	29.6	7.5	13.7	29.2	42.9	5.4	5.8	4.3
Minimum	5.9	18.4	-17.5	4.3	12.1	19.3	7.7	17.7	-19.7	2.3	14	18.2	-3.9	-13	-13
Std	4.07	2.9069	5.72	3.09	3.93	5.0776	4.325	2.842	6.43	3.29	4	5.907	2.32	4.3	4.45
T test 2 tailed 2	0.5	0.5983	0.24	0.68	0.28	0.3082									

Tablo 1 Olguların tüm ölçüm sonuçları.(dorsifl=dorsifleksiyon, palmfl=palmar fleksiyon, Df-n=dorsifleksiyon-nötral=A=ameliyat öncesi distale hareket, n-pf=nötral-palmar fleksiyon=B= ameliyat öncesi proksimale hareket, dist+pr=distal+proksimal=A+B= ameliyat öncesi total hareket, a=ameliyat sonrası distale, b=ameliyat sonrası proksimale hareket)

Ekskursiyon (mm)		Ortalama	Std Dev.	Minimum	Maksimum	N
Palmar fleksiyonda	Ameliyat öncesi	21.61	3.93	12.10	30.80	28
	Ameliyat sonrası	20.46	4.01	14.00	29.20	28
Dorsal fleksiyonda	Ameliyat öncesi	8.35	3.09	4.30	15.50	28
	Ameliyat sonrası	7.99	3.29	2.30	13.70	28
Total	Ameliyat öncesi	29.96	5.07	19.30	41.80	28
	Ameliyat sonrası	28.45	5.90	18.20	42.90	28

Tablo 2. Ölçümlerin istatistiksel değerleri.

Median sinirin el bileği seviyesindeki total ekskursiyon miktarı ortalama ameliyat öncesi 29.96 ± 5.07 mm, ameliyat sonrası 28.45 ± 5.90 mm olarak bulundu.

Tablo 3’de turnike uygulanan gruba (T+), uygulanmayan grubun (T-) ölçümleri verilmiştir.

Turnike uygulanan grupta (n=14) ortalama ameliyat öncesi; dorsifleksiyonda distale 8.43 mm, palmar fleksiyonda proksimale 20.63 mm, toplam 29.06 mm hareket saptandı. Ameliyat sonrası; dorsifleksiyonda distale 7.53 mm, palmar fleksiyonda proksimale 19.63 mm, toplam 27.16 mm hareket saptandı. Turnikeli grupta ameliyat, dorsifleksiyonda - 0.9 mm kayıp, palmar fleksiyonda - 1 mm kayıp ortaya çıkarmıştır. Ameliyat sonrası ekskursiyonda toplam -1.9 mm kayıp ortaya çıkmıştır. Ancak ameliyatın etkisi yönünden pre- ve postoperatif distal ekskursiyonlar (p=0.52) ve proksimal ekskursiyonlar (p=0.51) ile total ekskursiyonlar (p=0.42) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur.

T+	Cins	taraf	çift	Ameliyat öncesi			Ekskursiyon			Ameliyat sonrası			Ekskursiyon			Amel sonrası-öncesi		
				Nötral	Dorsifl	Palmfl	Df-n	n-pf	Dist+pr	nötral	dorsifl	palmfl	df-n	n-pf	Dist+pr	Df	pf	total
1	K	Sol	+	5.9	21.1	-17.5	15.2	23.4	38.6	9.5	23.2	-19.7	13.7	29.2	42.9	-1.5	5.8	4.3
2	K	Sağ	+	8.2	23.7	-10.6	15.5	18.8	34.3	10.6	22.2	-10.7	11.6	21.3	32.9	-3.9	2.5	-1.4
7	K	Sol	+	11.9	19.9	-6.3	8	18.2	26.2	12.9	21.5	-8.8	8.6	21.7	30.3	0.6	3.5	4.1
8	K	Sağ	+	18.4	23.3	-3.2	4.9	21.6	26.5	18.6	21	-1.3	2.4	19.9	22.3	-2.5	-2	-4.2
9	K	Sağ	+	16.2	24.1	-7.8	7.9	24	31.9	17.9	23.3	-5.6	5.4	23.5	28.9	-2.5	-1	-3
10	K	Sağ	+	22.2	26.5	-3.1	4.3	25.3	29.6	24	26.3	7.5	2.3	16.5	18.8	-2	-9	-11
12	K	Sağ		19.6	23.9	4.6	4.3	15	19.3	20.4	24.6	6.4	4.2	14	18.2	-0.1	-1	-1.1
13	K	Sağ		18.9	25	2.9	6.1	16	22.1	18.3	25.6	3	7.3	15.3	22.6	1.2	-1	0.5
14	K	Sağ		11	21.4	-8.1	10.4	19.1	29.5	12	23.1	-9.2	11.1	21.2	32.3	0.7	2.1	2.8
15	K	Sağ		10.6	20.7	-14.4	10.1	25	35.1	10.7	22	-7.8	11.3	18.5	29.8	1.2	-7	-5.3
16	K	Sağ		19.3	27.5	-2.1	8.2	21.4	29.6	22	26.3	5.8	4.3	16.2	20.5	-3.9	-5	-9.1
17	K	Sol		12.9	20.4	-3.2	7.5	16.1	23.6	15.2	20	-1.3	4.8	16.5	21.3	-2.7	0.4	-2.3
18	K	Sol		12.2	19.1	-10.3	6.9	22.5	29.4	8.6	20.9	-6.8	12.3	15.4	27.7	5.4	-7	-1.7
22	K	Sol		13.5	22.2	-9	8.7	22.5	31.2	16.4	22.5	-9.3	6.1	25.7	31.8	-2.6	3.2	0.6
Ortalama				14.3	22.771	-6.29	8.43	20.63	29.064	15.51	23.036	-4.13	7.53	19.63	27.16	-0.9	-1	-1.9
Maksimum				22.2	27.5	4.6	15.5	25.3	38.6	24	26.3	7.5	13.7	29.2	42.9	5.4	5.8	4.3
Minimum				5.9	19.1	-17.5	4.3	15	19.3	8.6	20	-19.7	2.3	14	18.2	-3.9	-9	-11
Std				4.82	2.5123	6.13	3.49	3.44	5.2384	4.901	2.0148	7.816	3.87	4.42	6.917	2.55	4.4	4.46
Ttest 2 tailed 2				0.53	0.7612	0.42	0.52	0.51	0.4201									

T-	Cins	taraf	Çift	Amel öncesi			Ekskursiyon			Amel sonrası			Ekskursiyon			Amel sonrası-öncesi		
				Nötral	dorsifl	Palmfl	Df-n	n-pf	Dist+pr	nötral	dorsifl	Palmfl	df-n	n-pf	Dist+pr	Df	pf	Total
3	K	Sol	+	21.9	26.8	2.8	4.9	19.1	24	22.6	28.1	2	5.5	20.6	26.1	0.6	1.5	2.1
4	K	Sağ	+	15.7	22.4	-5	6.7	20.7	27.4	17.4	24.2	-2.5	6.8	19.9	26.7	0.1	-1	-0.7
5	K	Sol	+	15.5	24.9	-4.8	9.4	20.3	29.7	15.9	26.8	-5.8	10.9	21.7	32.6	1.5	1.4	2.9
6	K	Sağ	+	21	27	-2.4	6	23.4	29.4	21.2	26.3	-6.3	5.1	27.5	32.6	-0.9	4.1	3.2
11	K	Sağ		14.4	25.4	-16.4	11	30.8	41.8	14.3	25	-3.6	10.7	17.9	28.6	-0.3	-13	-13
19	K	Sol		14.5	29.7	-5.9	15.2	20.4	35.6	17.5	29.6	-5.3	12.1	22.8	34.9	-3.1	2.4	-0.7
20	K	Sol		15.7	24.3	-9.3	8.6	25	33.6	15.8	25.6	-10.1	9.8	25.9	35.7	1.2	0.9	2.1
21	E	Sol		15.4	25.6	3.3	10.2	12.1	22.3	17.7	26.3	3.3	8.6	14.4	23	-1.6	2.3	0.7
23	K	Sol		17.8	27.4	-7.1	9.6	24.9	34.5	16.6	26.9	-7.7	10.3	24.3	34.6	0.7	-1	0.1
24	K	Sol		19.2	25.6	-3.6	6.4	22.8	29.2	20.7	26	3.1	5.3	17.6	22.9	-1.1	-5	-6.3
25	K	Sağ		17.4	23	-9.2	5.6	26.6	32.2	14.4	25.2	-10	10.8	24.4	35.2	5.2	-2	3
26	K	Sağ		11	20	-12.9	9	23.9	32.9	7.7	18.9	-12	11.2	19.7	30.9	2.2	-4	-2
27	K	Sağ	+	12.5	18.4	-9.5	5.9	22	27.9	12.2	17.7	-8.9	5.5	21.1	26.6	-0.4	-1	-1.3
28	K	Sol	+	13.6	20.8	-10.8	7.2	24.4	31.6	16.7	22.4	-3.5	5.7	20.2	25.9	-1.5	-4	-5.7
Ortalama				16.1	24.379	-6.49	8.26	22.6	30.864	16.48	24.929	-4.81	8.44	21.3	29.74	0.18	-1.3	-1.12
Maksim.				21.9	29.7	3.3	15.2	30.8	41.8	22.6	29.6	3.3	12.1	27.5	35.7	5.2	4.1	3.2
Minimum				11	18.4	-16.4	4.9	12.1	22.3	7.7	17.7	-12	5.1	14.4	22.9	-3.1	-13	-13
Std				3.08	3.1381	5.51	2.76	4.27	4.9358	3.785	3.2843	4.949	2.65	3.51	4.59	2.01	4.3	4.58
ttest 2 tailed 2				0.78	0.6543	0.4	0.86	0.38	0.5365									
Turnike kıyas ttest 2 tailed 2				0.26	0.15	0.931	0.891	0.191	0.358	0.562	0.077	0.786	0.469	0.284	0.257	0.22	0.85	0.65

Tablo 3. Turnike uygulanan (T+), uygulanmayan (T-) olguların ölçüm değerleri.

Turnike uygulanmayan grupta (n=14) ortalama cerrahi girişim öncesi; dorsifleksiyonda distale 8.26 mm, palmar fleksiyonda proksimale 22.6 mm, toplam 30.86 mm hareket saptandı. Cerrahi girişim sonrası; dorsifleksiyonda distale 8.44 mm, palmar fleksiyonda proksimale 21.3 mm, toplam 29.74 mm hareket saptandı. Turnikesiz grupta cerrahi girişim dorsifleksiyonda + 0.18 mm artış, palmar fleksiyonda - 1.3 mm kayıp ortaya çıkarmıştır. Cerrahi girişim sonrası ekskursiyonda toplam - 1.12 mm kayıp ortaya çıkmıştır. Ancak ameliyatın etkisi yönünden pre ve postoperatif distal ekskursiyonlar (p=0.86) ve proksimal ekskursiyonlar (p=0.38) ile total ekskursiyonlar (p=0.53) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur.

Kol seviyesinde turnike uygulamasının "t" testi ile yapılan değerlendirilmesinde turnike uygulananlar ile uygulanmayanlar arasında; ameliyat öncesi distal ekskursiyonlar (p=0.891) ve proksimal ekskursiyonlar (p=0.191) ile total ekskursiyonlar (p=0.358) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktur. Ameliyat sonrası distal ekskursiyonlar (p=0.469) ve proksimal ekskursiyonlar (p=0.284) ile total ekskursiyonlar (p=0.257) arasında da istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır.

Tablo 4'de median sinir ekskursiyonuna cerrahi girişimin etkisi özetlenmiştir.

	Dorsal fleksiyon		Palmar fleksiyon		Total	
	Amel. öncesi	Ameliyat etkisi	Amel. Öncesi	Ameliyat etkisi	Amel. öncesi	Ameliyat etkisi
Total n=28						
Ekskursiyon	8.35	-0.35	21.61	-1.15	29.96	-1.5
p	0.68		0.28		0.308	
Turnike (+) n=14						
Ekskursiyon	8.43	-0.9	20.63	-1	29.06	-1.9
P	0.52		0.51		0.42	
Turnike (-) n=14						
Ekskursiyon	8.26	+0.18	22.6	-1.13	30.86	-1.12
p	0.86		0.38		0.53	

Tablo 4. Median sinirin ekskursiyonuna cerrahi girişim etkisinin istatistiksel verileri.

Tablo 4'den de anlaşılacağı gibi TKL'in gevşetilmesinin, median sinir ekskursiyonuna istatistiksel olarak, pozitif ya da negatif bir etkisi görülmemiştir.

Ayrıca kola turnike uygulamanın, yani dıştan basının da median sinirin el bileğindeki ekskursiyonunda da istatistiksel olarak bir etkisi gözlenmemiştir.

4 (%14.2) hastada 3. ve 4. parmaklarda hipoestezi ve bunların 2'sinde (%7.1) kesi yeri duyarlılığı, 2 (%7.1) hastada median sinire ait nöropraksi ve olmak üzere toplam 6 (%21.3) elde anormal duyarlılık saptandı. Bu hastaların 2'sinde (%7.1) RSD gelişti.

Hastaların izlemlerinde nöropraksiler 3.-12. haftada düzeldi ve herhangi bir kalıcı nörolojik komplikasyon saptanmadı.

TARTIŞMA

Ekstremitte hareketi sırasında bir periferik sinir, fizyolojik olarak sinir yatağının uzunluğundaki değişikliklere uyum sağlamalıdır. Normalde bu uyum periferik sinirin sınırlı miktardaki elastiki özelliği ile sağlanabilir ise de , esas olarak LE tarafından sağlanır. Bu nedenle, longitudinal kayma periferik sinirlerin fizyolojik bir özelliğidir.

Periferik sinirlerin ekskürsion mesafesi değişik yöntemlerle, bir çok araştırmacı tarafından ölçülmüştür (2,3,4,5,6). Periferik sinir ekskürsionu ile ilgili araştırmalar daha çok üst ekstremitede ve özellikle el bileği seviyesinde yapılmıştır. Periferik sinirlerin en fazla ekskürsionun el bileğinde karpal kanalın proksimalinde ortaya çıktığı bilinmektedir (3).

McLellan ve Swash (2), median sinirde aksiyon potansiyeli kaydı sırasında, tesadüfen ekstremitte hareketi ile median sinirin longitudinal hareket ettiğini ve median sinire el bileği seviyesinde deri üzerinden yerleştirilen iğne elektrodun, ekstremitenin aktif ve pasif hareketi sırasında sinirin longitudinal aksı boyunca angulasyona neden olduğunu gözlemlediler. El bileğinin hareketlerinde median sinirde 10 ila 15 mm'lik ekskürsion ölçtüler.

Wilgis ve ark.(3), 15 taze erişkin kadavrada yüzeysel disseksiyondan sonra üst ekstremitenin tüm periferik sinirlerinin total LE'larını ölçtüler ve el bileğinde tam fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri sırasında median sinirde 15.5 mm LE buldular.

Rath ve Millesi'nin (cit.4), yaptıkları kadavra çalışmalarında; fleksör retinakulumun proksimal ucu ile median sinir arasında, parmaklar fleksiyonda iken, el bileği ekstansiyonu ve fleksiyonu sırasında total olarak 13.1 mm (dorsifleksiyonda 3.5 mm, palmar fleksiyonda 9.6 mm) hareketin olduğunu gösterdiler.

Zöch ve ark.(cit.4), ise kadavra çalışmalarımda median sinir yatağı uzunluğunu, dirsek ve el bileğinin ekstansiyonunda iken 538.7 ± 10.7 mm ; el bileği dirsek ve parmakların fleksiyonunda iken 438.2 ± 11.9 mm olarak saptadılar. Median sinirin uzunluğunu ise ekstazyondan sonra 516.6 ± 10.4 mm olarak buldular. Yatağın uzunluğu ile karşılaştırıldığında, el bileğinin ekstansiyonunda median sinirde 22.1 ± 6.1 mm (%4.3) elongasyon, fleksiyonda 77.1 ± 8.9 mm (%15) kısalma olduğunu ortaya koydular.

Szabo ve ark.(5), dirsekten dezartiküle 9 taze kadavra ön kolunda, aktif hareket oluşturmak için fleksör tendon kas bileşkelerine motor bağlantı yaptılar ve 0.5 mm çaplı metal işaretleri median sinire yerleştirdiler. El bileğinin üzerine yerleştirilen video kamera ile nötral, 30° ve 60° el bilek ekstansiyonunda sinirdeki hareketi ölçtüler. Median sinirin el bileği seviyesindeki hareketini 0.9 ila 1.4 cm., ortalama 1 cm. saptadılar.

Wright ve ark.(6), 5 taze kadavranın 10 üst ekstremitesinde, bilek 65° fleksiyon ve 60° ekstansiyonda iken el bileğindeki median sinir ekskursiyonunu, Laser işaretleyici ile modifiye edilmiş dijital kumpas kullanarak ölçtüler. Median sinirin el bileğindeki ortalama total ekskursiyonunu 19.6 mm (10.4 ± 1.5 mm 65° el bilek fleksiyonunda ve 9.2 ± 1.38 mm 60° el bilek ekstansiyonunda) buldular ve üst ekstremit eklemlerinin kombine hareketlerinde el bileğindeki total ekskursiyon miktarını 35.4 mm olarak bildirdiler.

KTS tanısı almış olgularda yaptığımız ölçüm çalışmaları, el bilek seviyesinde median sinirin ekskursiyonunu 29.96 ± 5.07 mm olduğunu göstermiştir. Bu el bilek seviyesinde median sinir ekskursiyonun literatürde kadavra çalışmaları sonrası bildirilenden çok daha fazla olduğunu ortaya koymuştur. Bu farklılığın nedeni ; kadavra üst ekstremitesine yaptırılan pasif ve aktif hareketlerin, canlılardaki sinir kinematiğini tam olarak yansıtmamasından ve ölçüm tekniklerindeki farklılıklardan kaynaklanabileceğini düşündürmüştür.

Bunun yanısıra Mc. Lellan ve Swash'ın (2), canlılarda yaptıkları çalışmada, el bileğinde median sinir içine yerleştirilen elektrodun hareket ölçümleri cildin üstünden yapılmış, elektrodun 1 mm çekilmesi ile hareketinin bozulmasını sinir çevresindeki dokuların harekete katılmaması olarak yorumlamışlardır. Ancak, cilt ve cilt altı

dokuların kendi hareketliliği ve bu dokuların elektrodun hareketini engellemesi dikkate alınmamıştır; bu açıdan ölçümlerin güvenilirliği şüphelidir.

Periferik sinir onarımlarında 25-30 mm'ye kadar ulaşan sinir defektlerinin, kan dolaşımını engellemeden yeterli elangasyonun sağlanabileceği ve primer veya erken sekonder sütürler ile giderilebileceği, bunun üzerindeki sinir defektlerinde ise sinir greftinin kullanılması gerektiği bildirilmiştir (17,18). Median sinirin 29.96 ± 5.07 mm'lik bir ekskursiyon gösterdiği bulgumuz bu görüşü desteklemektedir.

Bazı araştırmacılar, adheziv nörit veya kompresyon nöropatilerinin patogeneğinde, ekstremitenin olağan hareketleri sırasında oluşan sinir hareketi, gerilmesi gibi biyomekanik faktörlerin önemli olduğunu belirtmişlerdir. Bu gibi durumlarda, periferik sinirler çevre dokulara yapışık ve eklemlerin normal hareketleri sırasında kayma gösteremezler ; bu uyum eksikliğinin, adheziv nörit ve kompresyon nöropatilerinin patofizyolojisinde potansiyel bir makaslama travma ürettiği varsayılmıştır (3,6).

KTS'nun, ağırlıklı olarak median sinir tutulumunun olduğu kompresif bir nöropati olduğuna inanılır (18,23,24,25).

Ancak, bazı araştırmacılara göre, median sinir bir noktada veya bir segmentinde fikse olur yahut sıkışır fizyolojik kayması bozulabilir ve ekstremitte hareketleri sırasında sinirde gerilme ortaya çıkar. Median sinirdeki bu gerilmenin, karpal tünel sendromunun gelişiminde önemli bir patomekanik yardımcı faktör olabileceği ileri sürülmüştür. Nörolojik semptomların; buradaki basınç artışından değil, longitudinal ekskursiyonun kısıtlanması sonucu, sinir fonksiyonlarındaki sekonder değişiklikler nedeni ile ortaya çıkacağı varsayılmıştır (26).

TKL'in fleksör tendon ekskursiyonunda fleksör pulley rolü vardır (27). Kang ve ark.(28), kadavra çalışmalarında; el bileğinin 30°'deki fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri ile nötral pozisyonları sırasında, TKL kesilmesinin fleksör tendon ekskursiyonunda %16'lık azalmaya neden olduğunu gösterdiler; el bileğinin fleksiyonunda %8, ekstansiyonunda %0.3, nötralde %5 azalma olduğunu ölçtüler. Ekskursiyonda azalmanın klinik olarak el bileği fleksiyonunda yakalama kuvvetinin azalmasıyla sonuçlanacağını bildirdiler. TKL'in kesilmesinin fleksör tendon ekskursiyonu üzerine olan benzer bir etkisi Kline ve ark.(29), tarafından da bildirildi.

El bileği hareketleri sırasında, TKL kesilmesi sonrasında tendonlarda gelişen 'bow string' nedeni ile tendon ekskursiyonunda % 20 azalma olduğunu saptadılar.

Kato ve ark.(30), endoskopik TKL gevşetilmesi uygulanan KTS'lu hastalarda yaptıkları MR çalışmasında, karpal kanal kesit alanında %15-33 oranında artış olduğunu gösterdiler.

Çalışmamızda, TKL kesilmesinin median sinir ekskursiyonu üzerindeki beklenen artış etkisi olmadığı, aksine azalttığı görüldü. Bunun nedeni, yukarıda da belirtildiği gibi, TKL'in kesilmesi karpal kanal kesit alanını arttırmasına ve kanal içi yapıların el bilek hareketleri sırasında bow string'e uğramasına bağlanabilir.

TKL gevşetilmesi sonrası ekskursiyon ölçümlerinde dorsifleksiyonda 0.35 mm, palmar fleksiyonda 1.15 mm, toplam 1.5 mm'lik azalma olmuştur. Bu da ameliyat sonrası total median sinir ekskursiyonunda %5 azalma, dorsifleksiyonda %4.2 azalma, palmar fleksiyonda %5.3 azalma demektir. Median sinirin el bileği seviyesindeki total ekskursiyon miktarı, ameliyat öncesi ortalama 29.96 ± 5.07 mm, ameliyat sonrası 28.45 ± 5.90 mm olarak bulundu. Fakat, TKL'in kesilmesinin, median sinirin ekskursiyonuna olan etkisi istatistiksel olarak anlamlı olmamıştır ($p=0.308$).

Turnike uygulanan grupta, dorsifleksiyonda 0.9 mm (%10.6) ve palmar fleksiyonda 1.0 mm (%4.8), olmak üzere toplam 1.9 mm (%6.4)'lik azalma görüldü.

Turnike uygulanmayan grupta ise, dorsifleksiyonda 0.18 mm (%2.2) artış ve palmar fleksiyonda 1.3 mm (%5.8) azalma olmak üzere toplam 1.12 mm (%3.6)'lik azalma saptandı.

Kola turnike uygulamanın, median sinirin el bileği seviyesindeki ekskursiyonunu azaltması beklenir. Turnikeli grupta ekskursiyondaki %6.4 azalmaya karşın, turnikesiz grupta % 3.6 bir azalma saptandı. Ayrıca, turnikesiz grupta elbileğinin dorsifleksiyonunda % 2.2 artış olmasına karşın turnikeli grupta dorsifleksiyonda % 10.6'lık azalma olduğu görüldü. Bu da kol seviyesinde uygulanan eksternal kompresyonun, sinir ekskursiyonunu azalttığını göstermektedir. Ancak, aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p=0.358$).

Karpal tünel sendromunun gelişiminde longitudinal kaymanın engellenmesinin önemli bir patomekanik yardımcı faktör olduğu görüşü bulgularımızla da desteklenmemiştir. Aksine, TKL'in gevşetilmesinden sonra median sinirin

ekskursiyonunda azalma saptanmıştır. Olguların hiç birinde median sinirde bir yapışıklık saptanmamıştır. Bu yüzden KTS'nun, daha çok kompresif bir nöropati olduğu görüşü ağırlık kazanmaktadır. Turnikenin etkisi sonucunda ekskursiyonun azalması bulgusu da kompresyon nöropatilerinde, longitudinal ekskursiyonu azalttığı görüşünü desteklemektedir. Bu nedenle çalışmamızda bulduğumuz ekskursiyon azalması TKL'in pulley etkisinin kalkmasına bağlı rölatif bir azalma olabilir.

Karpal tünel sendromunun endoskopik ameliyatları sonrası bildirilen komplikasyonları; TKL'in yetersiz gevşetilmesi, palmar kutanöz dalın kesilmesi, refleks sempatik distrofi, ağırlı hipertrofik skar dokusu, süperfisiyal ark yaralanması, fleksör tendon yaralanmaları ve 'bow string', median ve ulnar sinirde geçici pareteziler, yüzeysel enfeksiyonlardır (29,31,32,33).

Çalışmamızdaki komplikasyonlar, literatürde bildirilen komplikasyonlarla benzerlik göstermektedir ; 4 (%14.2) hastada 3. ve 4. parmaklarda hipoestezi ve bunların 2'sinde (%7.1) kesi yeri duyarlılığı, 2 (%7.1) hastada median sinire ait nöropraksi ve olmak üzere toplam 6 (%21.3) elde anormal duyarlılık saptandı; 2 (%7.1) elde ise RSD gelişti. Median sinire epinöral yerleştirilen iğneye bağlı komplikasyonların araştırılmasında, her bir aksonun duyu ENG'sinin yapılması gereği ve bunun pratikte bir yarar sağlamaması nedeniyle, takiplerde klinik duyu muayenesi kullanıldı; aslında görülen nöropraksi komplikasyonları 3.-12. haftada kendiliğinden düzeldiler. RSD gelişen 2 hastanın yakınmaları medikal tedavi ile 2. ayın sonunda geçti.

Nöropraksi, TKL'in kesilmesi sırasında kullanılan teknik gereği; el bileğinin aşırı dorsifleksiyona getirilmesi sonucu sinirin kanülün altında sıkışması nedeniyle olabileceği gibi, primer olarak tuzak nöropatisine bağlı da gelişebileceği düşünüldü.

Hiçbir hastada kalıcı nörolojik komplikasyon saptanmadı.

Radyografi sayısı, hasta ve hekimin alacağı ışın açısından sınırlı tutuldu; bu belki de, değişik ektremite pozisyonlarında median sinirin el bileği düzeyinde saptanabilecek diğer ekskursiyon miktarlarını belirleyemememizle sonuçlanmıştır.

SONUÇ

- 1- Karpal tünel sendromu tanısı almış olgularda yaptığımız ölçümler, el bilek seviyesinde median sinir ekskursionunun, literatürde canlılarda ve kadavra çalışmaları sonrası bildirilenden çok daha fazla olduğunu göstermiştir. Median sinirin, el bilek seviyesindeki total ekskursion miktarı ameliyat öncesi ortalama 29.96 ± 5.07 mm, ameliyat sonrası 28.45 ± 5.90 mm olarak bulunmuştur. Bu bulgu periferik sinir onarımlarında, 25-30 mm'ye kadar ulaşan sinir defektlerinin, kan dolaşımını engellemeden yeterli elongasyonun sağlanabileceği ve primer veya erken sekonder sütürler ile giderilebileceği yönündeki klinik uygulamalar ile uyumludur.
- 2- Transvers karpal ligamentin kesilmesi, karpal tünel sendromlu hastalarda, median sinirin ekskursionunu istatistiksel olarak etkilememiştir. Bu bulgu karpal tünel sendromundaki nöropatiden, median sinirdeki ekskursionun kısıtlanmasının değil, kompresyonun sorumlu olduğu görüşünü desteklemektedir.
- 3- Kompresyonun sinir ekskursionunu azaltması beklenir. Oysa kola uygulanan turnikenin, el bilek hareketleri sırasındaki sinir ekskursionunda istatistiksel olarak etkisi olmamıştır. Bu bulguda el bilek seviyesinde median sinirin lokal elongasyona uğradığını gösterir. Ayrıca dışardan uygulanan kompresyonun sinir ekskursionuna bir etkisi yoktur.

ÖZET

01 Ocak - 30 Temmuz 1998 tarihleri arasında Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim, El Cerrahisi Bilim Dalı'nda, karpal tünel sendromu tanısı konulan 22 olgunun 28 elinde, median sinirin in vivo longitudinal ekskürsion ölçümleri yapıldı.

21'i (%96.4) kadın, 1'i (%3.6) erkek, ortalama yaşı 49 (34 - 68) olan olgulara, Menon tekniği ile endoskopik karpal tünel gevşetilmesi uygulandı. El bileği 20 ° ve 65° dorsifleksiyonda ve 60° palmar fleksiyonda, intraoperatif çekilen radyografler üzerinde yapılan ölçümlerle, median sinirin, el bileği düzeyinde transvers karpal ligamentin kesilmesinden önce ve sonrasında ki hareketliliği değerlendirildi.

Median sinirin el bileği seviyesindeki total ekskürsionu ortalama ameliyat öncesi 29.96 ± 5.07 mm, ameliyat sonrası 28.45 ± 5.90 mm olarak bulundu.

Ameliyat öncesi ve sonrası median sinir ekskürsion değerleri arasında istatistiksel anlamlı farklılık olmadığı tespit edildi ($p=0.308$).

KAYNAKLAR

1. Lundborg, G., Dahlin, L.B. : Anatomy, function, and pathophysiology of peripheral nerves and nerve compression. *Hand Clin.*, 12(2): 185-193, 1996.
2. McLellan, D.L., Swash, M. : Longitudinal sliding of the median nerve during movements of the upper limb. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.*, 39(6) : 566-570, 1976.
3. Wilgis, E.F., Murphy, R. : The significance of longitudinal excursion in peripheral nerves. *Hand Clin.*, 2(4) : 761-766, 1986.
4. Milesi, H., Zöch, G., Rath, T. : The gliding apparatus of peripheral nerve and its significance. *Ann. Hand Surg.*, 9(2) : 87-97, 1990.
5. Szabo, R.M., Bay, B.K., Sharkey, N.A., Gaut, C., Davis, C.: Median nerve displacement through the carpal canal. *J. Hand Surg.*, 19A (6) : 901-916, 1994.
6. Wright, T.W., Glowczewskie, F., Wheeler, D., Miller, G., Cowin, D. : Excursion and strain of the median nerve. *J. Bone Joint Surg.*, 78A (12) : 1897-1903, 1996.
7. Terzis, J.K., Smith, K.L. : Composition of the peripheral nerve. In: *The Peripheral Nerve Structure, function and Reconstruction*, first edition :1-37, Raven Press, Virginia: 1990.
8. Sunderland, S. : The anatomy and physiology of nerve injury. *Muscle Nerve.*, 13 : 771-784, 1990.
9. Lundborg, G., Dahlin, L.B. : Pathophysiology of nerve compression. *Hand Clin.*, 8(2): 215-226, 1992.
10. Milesi, H., Zöch, G., Reihnsner, R. : Mechanical properties of peripheral nerves. *Clinical Orthop. Related Res.*, 314 : 76-83, 1995.

11. Kwan, M.K., Wall, E.J., Massie, J., Garfin, S. : Strain, stress and stretch of peripheral nerve. *Acta Orthop. Scand.*, 63 (3) : 267-272, 1992.
12. Lundborg, G., Rydevik, B. : Effects of stretching the tibial nerve of the rabbit. A preliminary study of the intraneural circulation and barrier function of the perineurium. *J. Bone Joint Surg.*, 55B (2) : 390-401, 1973.
13. Rydevik, B., Lundborg, G., Bagge, U. : Effect of graded compression on intraneural blood flow, an in vivo study on rabbit tibial nerve. *J. Hand Surg.*, 6: 3-12, 1981.
14. Ogata, K., Naito, M. : Blood flow of peripheral nerve effects of dissection, stretching and compression. *J. Hand Surg.*, 11B : 10-14, 1986.
15. Clark, W.L., Trumble, T.E., Swiontkowski, M.F., Tencer, A.F. : Nerve tension and blood flow in a rat model of immediate and delayed repair. *J. Hand Surg.*, 17A : 677-687, 1992.
16. Wall, E.J., Massie, J.B., Kwan, M.K., Rydevik, B.L, Meyers, R.R., Garfin, S.R. : Experimental stretch neuropathy. Changes in nerve conduction under tension. *J. Bone Joint Surg.*, 74B (1) : 126-129, 1992.
17. Haas, H.G. : A method to reduce tension at the suture site. *J. Reconstr. Microsurg.*, 12 (5) : 317-20, 1996.
18. Szabo, R.M.: Entrapment and compression neuropathies. In: *Green's operative hand surgery*. Ed: Green, D.P, Hotchkiss, R.N, Pederson, W.C, Fourth Edition.: 1406-1410, Livingstone, Philadelphia, 1998.
19. Middleton, W.D., Kneeland, J.B., Cates, J.D. : MR Imaging of the carpal tunnel: normal anatomy and preliminary findings in the carpal tunnel syndrome. *Am. J. Roentgenol.*, 148: 307-316, 1987.

20. Zeiss, J., Skie, M., Ebraheim, N., Jackson, W.T. : Anatomic relations between the median nerve and fleksor tendons in the carpal tunnel: MR evaluation in normal volunteers. *Am. J. Roentgenol.*, 153 : 533-536, 1989.
21. Skie, M., Zeiss, J., Ebraheim, N., Jackson, W.T. : Carpal tunnel changes and median nerve compression during wrist flexion and extension seen by magnetic resonance imaging. *J. Hand Surg.*, 15A : 934-939, 1990.
22. Menon, J. : Endoscopic carpal tunnel release: preliminary report. *Arthroscopy*. 10 (1) : 31-38, 1994.
23. Szabo, R.M., Madison, M. : Carpal tunnel syndrome. *Orthop. Clin. North Amer.*, 23 (1) : 103-109, 1992.
24. Gelberman, R.H., Hergenroeder, P.T., Hargens, A.R., Lundborg, G.N., Akeson, W.H. : The carpal tunnel syndrome. A study of carpal canal pressures. *J. Bone Joint Surg.*, 63A : 380-383, 1981.
25. Lundborg, G., Gelberman, R.H., Minter-Convery, M., Lee, Y.F., Hargens, A.R. : Median nerve compression in the carpal tunnel functional response to experimentally induced controlled pressure. *J. Hand Surg.*, 7: 252-259, 1982.
26. Sole, J.V., Alvarez, R., Nunez, M. : Limited longitudinal sliding of the median nerve in patients with carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve.*, 18 : 761-767, 1995.
27. Netscher, D., Mosharrafa, A., Lee, M. : Transverse carpal ligament: Its effect on flexor tendon excursion, morphologic changes of the carpal canal, and on pinch and grip strengths after open carpal tunnel release. *Plast. Reconstr. Surg.*, 100 : 636-642, 1997.

28. Kang, H.J., Lee, S.G., Phillips, C.S., Mass, D.P. : Biomechanical changes of cadaveric finger flexion: the effect of wrist position and of the transverse carpal ligament and palmar and forearm fasciae. *J. Hand Surg.*, 21A (6) : 963-968, 1996.
29. Kline, S.C., Moore, J.R. : The transverse carpal ligament. An important component of the digital flexor pulley system. *J. Bone Joint Surg.*, 74A (10) : 1478-1485, 1992.
30. Kato, T., Kuroshima, N., Okutsu, I., Ninomiya, S. : Effects of endoscopic release of the transverse carpal ligament on carpal canal volume. *J. Hand Surg.*, 19A (3) : 416-419, 1994.
31. Jimenez, D.F., Gibbs, S.R., Clapper, A.T. : Endoscopic treatment of carpal unnel syndrome : a critical review. *J. Neurosurg.*, 88 (5) : 817-826, 1998.
32. Kuschner, S.H., Brien, W.W., Johnson, D., Gellman, H. : Complications associated with carpal tunnel release. *Orthop. Rev.*, 20 : 345-352, 1991.
33. Tüzüner, S., Aydın, A.T., Altınel, E. : Endoskopik teknikle karpal kanalın gevşetilmesi: Cerrahi deneyim ve komplikasyonların değerlendirilmesi. *Acta Orthop. Trav. Turc.*, 29 (5) : 442-445, 1995.

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
Merkez Kütüphanesi