

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
MERAM TIP FAKÜLTESİ
PLASTİK, REKONSTRÜKTİF VE ESTETİK CERRAHİ ANABİLİM DALI

**BAŞPARMAK OPPOZİSYON REKONSTRÜKSİYONU
İÇİN TENDON TRANSFERİNDE PULLEY
LOKALİZASYONLARININ BAŞPARMAK
FONKSİYONU VE TENDON KAYMA DİRENCİ
ÜZERİNDE ETKİSİ:
BİYOMEKANİK KADAVRA ÇALIŞMASI**

UZMANLIK TEZİ

DR. AHMET DUYMAZ

TEZ DANIŞMANI: Yrd. Doç. Dr. MUSTAFA KESKİN

KONYA 2009

DİZİM**SAYFA NUMARALARI**

İçindekiler	1
Tablo Listesi	2
Şekil Listesi	3–4
Özet	5–6
Anahtar Sözcükler	6
Abstract	7–8
Keywords	8
Giriş ve Amaç	9–11
Genel Bilgiler	12–34
Gereç ve Yöntem	35–45
Bulgular	46–49
Tartışma	50–52
Sonuç	53
Kaynaklar	54–56

TABLO LİSTESİ

Tablo–1: Median sinir patolojileri

Tablo–2: Transfer edilen FDS tendonunun her üç pulley yerleşimlerinde ortalama ve pik kayma dirençleri. * Royle-Thompson ile diğer iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlılık var ($p < 0.05$). KD: Kayma Direnci (Gliding Resistance)

Tablo–3: Tüm pulley yerleşimlerinde, fonksiyonel değerlendirme için başparmak pulpasının ikinci ve beşinci metakarp başına ortalama yaklaşma miktarları

1. Başparmak pulpası ile ikinci metakarp başı arasındaki mesafe (mm) (palmar abdüksiyon)

2. Başparmak pulpası ile beşinci metakarp başı arasındaki mesafe (mm) (oppozisyon)

* FKU loop ve diğer iki grup pulleyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark ($p < 0.05$)

T tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark ($p < 0.05$)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil-1: (A) FKU tendonun çevresinden transfer; (B) FKU loop tendon transferi; (C) Guyon kanal tendon transfer; (D) Royle-Thompson tendon transferi; (E) Camitz tendon transferi.

Şekil-2: Kolun arteriyel dağılımı.

Şekil-3: Kolun motor ve duyuşal sinirleri.

Şekil-4: Parmak pulleyleri ve yerleşimleri.

Şekil-5: Başparmak pulley sistemi.

Şekil-6: Fleksör zonlar.

Şekil-7: El ekstensör bölgedeki kompartmanlar. APL: abdükör pollisis longus, EİP: ekstensör indisis propius, EDQ: ekstensör dijiti quanti, EKU: ekstensör karpi ulnaris, EPB: ekstensör pollisis brevis.

Şekil-8: Tendon histolojik yapısı.

Şekil-9: Psiform, psiform distali ve psiform proksimaline lokalize pulley yerleşimlerinde tendon transferlerinin abdüksiyon planında, fleksiyon planında ve kombine fleksiyon ve abdüksiyon planda oppozisyon transferi. Abdüksiyon plan daha büyük güç sağlamaktadır.

Şekil-10: Dirsek eklemin hemen distalinden ampute edilmiş spesimende 4. parmak FDS tendonunun yapışma yerinden serbestlenmesi.

Şekil-11: Bilek 20°'de; proksimal konektör, proksimalde ulna ve radiustan, distalde distal metakarp başlarından geçen rodler ile ekstansör fiksatorlerle ekstansiyona alınması ve test apareyine monte edilmesi.

Şekil-12: F1 transdüörünü kemiğe adapte etmek için, proksimal falanks metakarpofarengal eklemin hemen distali ve radial kenarına, APB'in yapışma yerine süperiorunda bir delik bulunan bir vidanın yerleştirilmesi.

Şekil-13: EPL tendonu ekstensör kompartımana girmeden hemen bilek proksimalinden yapılan bir insizyon ile serbestlenmesi.

Şekil-14: 4. parmak FDS tendonun Guyon kanalından geçirilmesi. Ulnar arter ve sinir paketi oklar ile işaret edilmiş.

Şekil-15: FKU loop pulleyini oluşturmak için, tendonun bir yarısından, tendonun psiforma yapışma yeri bütünüyle sağlam bırakacak tarzda, psiformun hemen 3 cm proksimalinden hazırlanan distal tabanlı tendon grefti

Şekil-16: FDS tendonun, palmar aponevrozun ulnar kenarı ile transvers volar karpal ligamanın distal kenarının kesişme yerinden başparmağa transferi.

Şekil-17: Test düzeneğinin özeti, A: Lateral görünümü, B: Süperior görünümü.

Şekil-18: Test düzeneğinin karşıdan görünümü ve her bir oppozisyon hareketi esnasında değişen açılar ve ekskürsiyonlara göre bilgisayara kaydedilen kayma direnci ile ekskürsiyonların bilgisayar ekranında gösterilmesi.

Şekil-19 ve 20: Fonksiyonel değerlendirme için birinci parmak pulpası ile ikinci ve beşinci metakarp başı arasındaki mesafelerin karşılaştırılması.

ÖZET

Başparmak oppozisyonu için yapılan tendon transferlerinin etkisi transfer edilen kasa, pulley yerleşimine ve bu yerleşim yerindeki tendon kayma direncine bağlıdır. Kas seçimi ve pulley yerleşimi üzerinde geniş çalışmalar mevcut iken, transferin başarısında veya yetmezliğinde potansiyel bir sebep olan pulley yerleşiminde kayma direnci ile ilgili çok az sayıda çalışmalar yapılmıştır. Çalışmamızın amacı; tendon transferinde en sık kullanılan 3 pulley lokalizasyonunda tendonun kayma direncini biyomekanik olarak karşılaştırmak ve en düşük kayma direnci oluşturan pulley yerleşimine karar vermektir.

Çalışmada, kayma direncini hesaplamak için 8 taze donmuş kadavranın önkolü kullanıldı. Donör tendon olarak tüm kadavralarda 4. parmak fleksör dijitorum süperfisiyalis (FDS) seçildi. Oppozisyon tendon transferi için seçilen üç pulley; 1- Guyon kanal, 2- fleksör karpi ulnaris (FKU) loop pulley ve 3- Royle-Thompson pulley (palmar aponörozun ulnar kenarı ile transvers karpal ligamanın distal kenarının birleşme yeridir). FDS tendonu tüm kadavra örneklerinde abduktör pollicis brevisin (APB) palmar-radial tarafına suture edildi. Transfer edilen tendonun kayma direnci ile fonksiyonel değerlendirilmesi 3 farklı pulley sahasında, modifiye edilmiş tendon kayma direnci düzeneğiyle direkt olarak ölçüldü. Fonksiyonel değerlendirme için; başparmak abduksiyonu ve oppozisyonu hassas cetvel kullanılarak sırayla başparmak ucu ile ikinci ve beşinci metakarp başı arasındaki mesafe ölçüldü.

Royle-Thompson, Guyon kanal ve FKU loop pulleyleri içinde transfer edilen tendonun ortalama kayma direnci sırayla 129.83 (± 103.57), 59.44 (± 53.99), 45.37 (± 42.03) (Newton) idi. Royle-Thompson pulleyinde kayma direnci FKU loop ve Guyon kanalı pulleylerinden istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek bulundu ($p < 0.05$). Guyon kanal ile FKU loop pulleyleri arasında oluşan kayma direncinde istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu. Fonksiyonel olarak; Royle-Thompson ile Guyon kanal pulleyi en fazla başparmak pulpasını

beşinci parmak metakarp başına yaklaştırırken (oppozisyon) ($p < 0.05$), FKU loop pulley ise en fazla palmar abdüksiyon sağladı ($p < 0.05$).

Sonuç olarak, Guyon kanal ile FKU loop pulleyleri 4. parmak FDS tendonu kullanılarak yapılan oppozisyon transferinde daha az kayma direnci üretir. Guyon kanal pulleyi ayrıca FKU loop pulleyi ile karşılaştırıldığında daha fazla oppozisyon hareketi sağladığından dolayı oppozisyon rekonstrüksiyonunda en uygun pulley yerleşimi Guyon kanalı olduğu tespit edildi.

Anahtar kelimeler: başparmak oppozisyonu, tendon transferi, pulley yerleşimi, tendon kayma direnci

ABSTRACT

The function of tendon transfers for thumb opposition depends on the muscle transferred, pulley location and the amount of friction created at the pulley site. While muscle choice and pulley location have been extensively studied, few studies have examined friction at pulley site as a potential cause for transfer success or failure. The purpose of this study was to biomechanically compare the gliding resistance (GR) of 3 commonly used pulley sites and to determine the pulley location which produces the lowest GR on the transferred tendon.

Eight fresh-frozen cadaver forearms were used to examine GR. The flexor digitorum superficialis (FDS) of the ring finger was used as a donor tendon in all 8 specimens. An oppositional transfer was created to the thumb using three pulley sites: 1.) Guyon's canal (GC) 2.) a Flexor carpi ulnaris (FCU) loop pulley and 3.) a Royle-Thompson pulley (RT) which is placed at the junction between the ulnar border of the palmar aponeurosis and the distal edge of the transverse carpal ligament. The FDS was inserted into the palmar radial portion of the abductor pollicis brevis in all cases. GR and functional evaluation of the transferred tendon were measured directly in 3 different pulley sites using a tendon friction testing device modified from a previously described and validated gliding resistance testing machine. For functional evaluation of the thumb, thumb abduction and opposition were measured as the distances between the thumb tip and the second/fifth metacarpal heads by digital ruler respectively.

The mean GR of the tendon within the Royle-Thompson, Guyon's canal, and FCU loop pulleys was 129.83 (± 103.57), 59.44 (± 53.99) and 45.37 (± 42.03) (Newton) respectively. The GR for the RT pulley was found to be significantly higher than the FCU loop or GC ($p < 0.05$). There was no statistically significant difference between GC, and FCU loop pulley with regard to friction generated following transfer. Functionally the FCU loop pulley obtained the greatest amount of palmar abduction ($p < 0.05$), while the GC and RT pulleys

produced the largest amount of opposition, as measured by the thumb pulp's final distance from the fifth metacarpal head ($p < 0.05$).

GC and a FCU loop produced lower friction when used as a pulley location for oppositional transfers using the ring FDS. Because the GC also produced greater oppositional motion when compared to the FCU loop, the most appropriate pulley for tendon transfer in opponensplasty was found Guyon's canal pulley.

Keywords: Thumb opposition, tendon transfer, pulley location, tendon gliding resistance

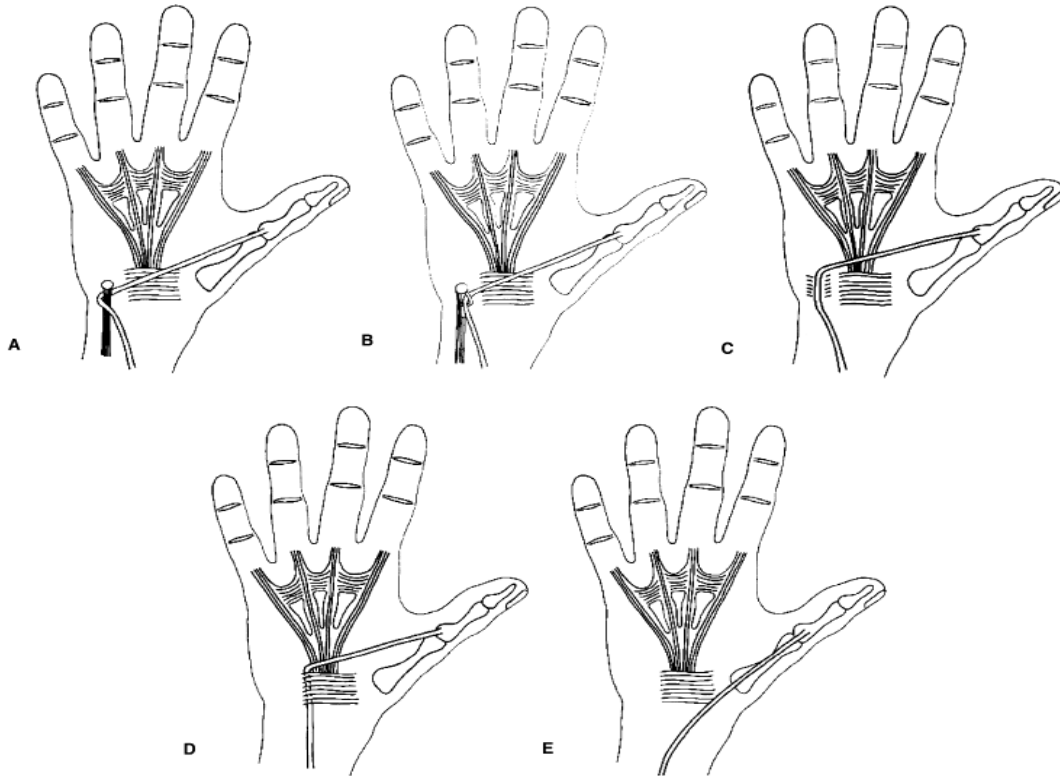
1. GİRİŞ VE AMAÇ

Başparmak oppozisyonu normal el fonksiyonunun en önemli hareketidir. Bu hareket başparmak karpometakarpal (KMK) eklemin palmar abdüksiyonu ile KMK ve metakarpofarengal (MF) eklemin fleksiyon ve rotasyon hareketlerinin kombinasyonudur. Daha güçlü kavrama ve çimdik hareketinden, başparmak oppozisyonu sorumlusudur (3). Vücudun bu en kompleks hareketi, tenar kaslar (abdüktör pollisis brevis-APB, fleksör pollisis brevis-FPB, opponens kası) ile abdüktör pollisis longus (APL) ve başparmak ekstensör kasları tarafından üç planda oluşan bir hareketin sonucu başlar (4). Median sinir yaralanmaları ve periferik nörit gibi durumlar oppozisyon hareketinde oppozisyon hareketi etkilenir ve el fonksiyonlarında önemli kayıba neden olur. Bunu onarmak için farklı fonksiyonel sonuçlar veren çeşitli tendon transferleri tanımlanmıştır (5–8).

Başparmak opponenplastilerinde yapılan tendon transferlerinde; donör tendon ya da donör kas, hareket vektörünün yönü veya pulley yerleşimi ve transferin sonunda tendonun başparmağa yapışma yeri ile yakından ilişkilidir (9). Bu ilişkiler hakkında birçok çalışmalar olmasına rağmen oppozisyon transferinde pulley yerleşimleri veya farklı tendon rotaları ile ilgili objektif karşılaştırmalar oldukça nadirdir (10).

Guyon kanalı, Fleksör karpı ulnaris (FKU) etrafından, FKU loop pulleyi, Royle-Thompson pulleyi, direkt subkutanöz yaklaşım, transvers karpal ligaman pencere pulleyi gibi birçok pulley yerleşimleri tanımlanmıştır (7,11) (Şekil-1). Direkt subkutanöz yaklaşım ile oppozisyon transferinde konvansiyonel bir pulley sistemi yoktur. Bu tanımlanmış pulleylerin içerisinde FKU loop pulleyi, Guyon kanal pulleyi ve Royle-Thompson pulleyi klinik olarak en sık kullanılan pulley sistemleridir. FKU loop pulleyi proksimal bir tendon pulleyi olarak ilk defa Sterling Bunnell tarafından tanımlanmıştır (7). Bunnell psiform kemiği yakınında FKU'nun distal sonlanmasından, tendonun kalınlığının yarısı kadar, distal tabanlı ve yaklaşık 3 cm uzunluğunda bir flep hazırlayıp, bunu bir loop şeklinde psiform kemiğin ligamanına

sütüre ederek bir pulley oluşturmuştur. Royle-Thompson pulleyi transvers karpal ligamanın distal kenarı ile palmar aponevrozun ulnar kenarının kesişme noktasındaki yerdir (12). Aslında Royle'nin orijinal çalışmasında başparmak fonksiyonunu restore etmek için bir pulley kullanılmamış, fleksör dijitorum süperfisiyalis (FDS) tendonu fleksör pollisis longus (FPL) tendon kılıfından geçirilerek transfer edilmiştir (6). Daha sonra bu teknik Thompson tarafından modifiye edilmiştir (12). Thompson 4. parmak FDS'i karpal tünelden geçirip palmar aponevrozun ulnar kenarından çıkardıktan sonra subkutanöz bir tünel yoluyla oppozisyon transferini tanımlamıştır. Guyon kanalı elin proksimal hipotenar bölgesi içinde uzanan ve palmar karpal ligamanlar ile fleksör retinakulum tarafından oluşturulan bir kanaldır. Ulnar arter ve eşlik eden venleri, ulnar sinir ile gevşek fibrotik yağ dokusu bulunur. Kanal başparmak oppzisyon transferinde bir pulley olarak kullanılmıştır (8,13).



Şekil-1: (A) FKU tendonun çevresinden transfer; (B) FKU loop tendon transferi; (C) Guyon kanal tendon transferi; (D) Royle-Thompson tendon transferi; (E) Camitz tendon transferi.

Tendon transferinde donör kas ve yapışma yeri seçiminde birçok teknikler bildirilmiştir. Fakat 3. ve 4. parmak FDS tendonu oppozisyon fonksiyonunu restore etmek için donör tendon olarak en sık kullanılan tendondur (3, 5–8, 14). Operasyon seçimindeki karar her hastanın bireysel ihtiyaçlarına göre dizayn edilmesine rağmen, pulley yerleşimi ile ilgili devam eden belirsiz noktalar ve tartışmalar vardır. Çünkü transfer edilen tendon, pulley içinden kayması sırasında tendon-pulley temasından kaynaklanan bir kayma direnci ile karşılaşır (15–16). Tendonun bu kayma direncinin veya sürtünme gücünün parmak fonksiyonlarında önemli bir faktör olduğu düşünülür. Çünkü aşırı sürtünme tendonun kaymasını önler ve parmakta tendon üzerinde negatif bir etki doğmasına neden olur(17–18). Başparmak oppozisyon fonksiyonu rekonstrüksiyonunda tendon transfer teknikleri kapsamlı olarak çalışılmış olmasına rağmen farklı pulley yerleşim tekniklerinin kayma karakteristikleri açık olarak bildirilmemiştir.

Bu çalışmanın amacı, başparmak oppozisyon rekonstrüksiyonunda, transfer edilen tendonun hareket ya da vektör yönünü belirlemede en sık kullanılan 3 pulleyin kayma dirençlerini ve sürtünme karakteristiklerini ölçmek ve transfer sonrası başparmak oppozisyon hareket kazanımını fonksiyonel olarak karşılaştırmak ve değerlendirmektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. EL ANATOMİSİ

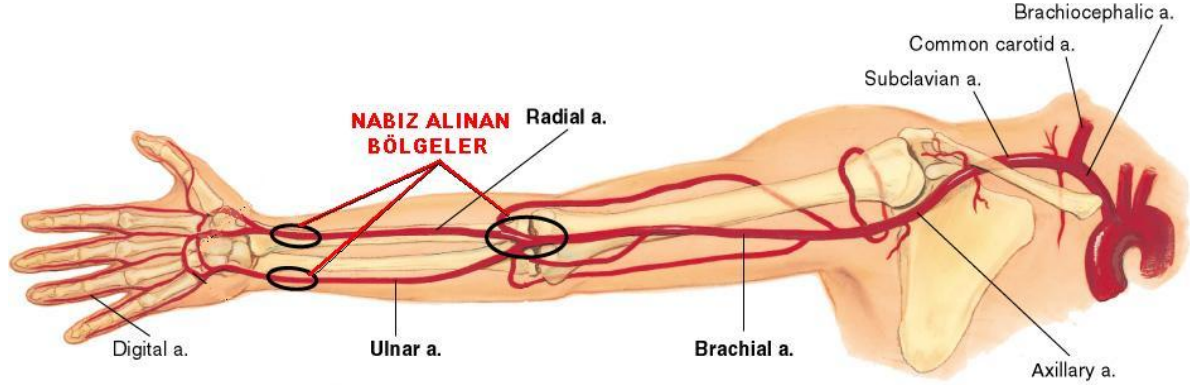
2.1.1.Deri:

El sırtını ve avuç içini örten deri örtüsü arasında büyük farklılıklar vardır. El dorsali ve bilek bölgesi, ince deri tabakası ve minimal subkütanöz doku ile örtülüdür. Palmar fasya longitudinal, oblik ve vertikal düzenli liflerden oluşan güçlü ve fibröz dokulardan oluşur. Transvers lifler, parmak araları ve mid-palmar bölgelerde yoğunlaşmışlardır. Palmar transvers liflerin oluşturduğu sistem Skoog'un tanımladığı Transvers Palmar Ligamanı (TPL) oluşturur. TPL, geçen fleksör tendonlar için proksimal pulley sistemini oluşturur. Metakarpofalangeal eklem düzeyinde lifler fleksör tendon kılıfının yanında aşağıya doğru uzanan digital arter ve sinirin üzerinden veya derininden geçen spiral bantlar şekline dönüşürler. Sıklıkla nörovasküler demetleri saran bu bantlara spiral bantlar adı verilir (19).

2.1.2. Beslenme:

Brakiyal arter, kubital fossa seviyesinde ulnar ve radial arterlere ayrılır (Şekil-2). Ulnar arter, el bileği hizasında medialinde Ulnar sinir ile beraberken palmar fasya altından ilerler ve psiform kemiğin radyalinde fleksör retinakulum üzerinden geçer ve derin ve yüzeyel palmar dallarını verir. Radial arter, başparmak ekstansör tendonlarının derininden ilerler ve 1. Dorsal interosseos kasın içindeki bir arktan geçerek avuç içine geçer ve derin dalını verir. Yüzeyel dalını ise fovea radialis öncesi distal radius düzeyinde verir. Bu dal, yüzeyel palmar arkı oluşturur. Ulnar arter ve radial arter, el ayasında derin ve yüzeyel palmar arkları oluşturarak birbirleriyle birleşirler. Bu arteryel arklardan dik açıyla çıkan digital arterler parmakların her iki yanında ilerleyerek parmak distaline uzanırlar. Elin dorsal arteri,

proksimal olarak dorsal interosseos arterden ve volar interosseos arterin dorsal perforan dalından çıkar. Bu arterlere, radial ve ulnar arterlerden gelen dallar katılarak dorsal karpal ark oluşur. Dorsal metakarpal arterler, bu arkta çıkarlar parmakların yanından distale ilerlerler.

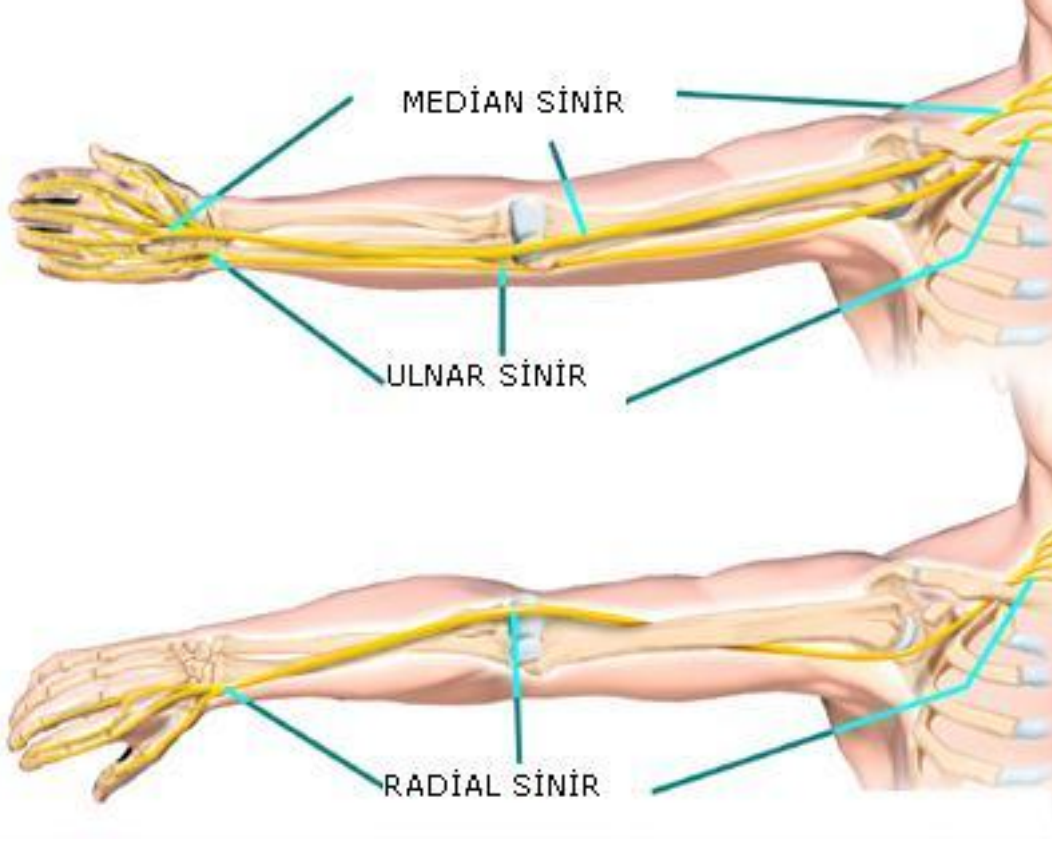


Şekil 2: Kolun arteriyel dağılımı

Elin venöz dönüşü ise dorsalden gerçekleşir; buradan başlayan V. Basilica ve V. Cephalica yüzeysel venöz sistemlerdir.

2.1.3. Sinirler:

Ön kol ve elin sinirleri, Medulla Spinalisin Servikal 5-6-7-8 ve Torakal 1 bölümünden kaynaklanır. Daha sonra Brachial Pleksustan Radial sinir, ulnar sinir ve median sinirden oluşur (Şekil-3). Bunlar tüm kol ve ele motor, duyu ve sempatik dallar verirler.



Şekil-3: Kolun motor ve duyuşal sinirleri

2.1.3.1. Motor İnnervasyon:

Radial sinir: Brakial pleksustan ayrıldıktan sonra kol medialinde seyrederken M. Triceps Brachii'ye motor dal verir. Humerus üzerinde adını taşıyan sulkusta oblik olarak seyreder. Daha sonra ön kolun tüm ekstansör kaslarının motor innervasyonunu sağlar. N. Radialis paralizisi durumunda “Düşük El” deformitesi gelişir. Deformitenin ağırlığı, kesinin proksimalde olmasıyla doğru orantılıdır (20).

Median sinir: Brakial pleksustan ayrıldıktan sonra, kolun iç kısmında seyrederek kubital bölgeye gelir ve kolun 1/3 proksimalinde fleksör kasların innervasyonunu gerçekleştirir. Daha sonra karpal tünelden geçerken tünel çıkışında tenar bölge kaslarına giden motor dalını verir. Median sinir kesilerinde, fleksiyon yapılamaması ve tenar bölge kaslarında

gerçekleşen inaktivasyon atrofisi sonucu “Maymun Eli” deformitesi oluşur. Başparmak oppozisyon hareketini gerçekleştiremez (20).

Ulnar sinir: Ön kolun ulnar yüzünde seyreder. İnterosseal ve hipotenar kaslara motor dal verir. Ulnar sinir hasarında, parmaklar adduksiyon ve abduksiyon hareketlerini gerçekleştiremez. Buna bağlı, hipotenar bölge kaslarındaki ve interosseal kaslardaki atrofi sonucu “Pençe El” deformitesi oluşur (20).

2.1.3.2. Duyusal İnnervasyon:

Elin duyusal innervasyonu median, ulnar ve radial sinirler tarafından sağlanır ve bu sinirlerin volar ve dorsal bölgede farklı innervasyon bölgeleri vardır. Palmar bölgenin iç kısmı yani 5. parmağın tamamı ve 4. parmağın ulnar yarısı N.Ulnaris, başparmağın interfalangeal (İF) eklemin altından el bileğine kadar olan, yaklaşık 4 mm’lik şerit halindeki bölge N.Radialis, palmar bölgenin diğer kısımları ise N.Medianus tarafından innerve edilir. El sırtında ise ulnar sinirin innervasyonu tıpkı palmar bölgede olduğu gibidir. Diğer parmakların distal falanklarının dorsal bölgeleri ise N.Medianus tarafından, bunun dışındaki tüm el dorsumu N.Radialis tarafından duyulandırılır (20).

2.1.4. Kaslar:

2.1.4.1. Fleksör kaslar:

Ön kolun fleksör kasları süperfisiyal ve derin olmak üzere iki gruba ayrılır.

2.1.4.1.1. Süperfisiyal grup:

1. Pronator Teres
2. Fleksör Karpi Radialis
3. Palmaris Longus
4. Fleksör Dijitorum Süperfisiyalis
5. Fleksör Karpi Ulnaris

2.1.4.1.2. Derin grup:

1. Fleksör Dijitorum Profundus
2. Fleksör Pollisis Longus
3. Pronator Kuadratus

Fleksör Dijitorum Süperfisiyalis, Fleksör Dijitorum Profundus, Fleksör Pollisis Longus parmakların ekstirinsik fleksörleridir. Lumbrikaller ise parmakların intrinsik fleksörleridir.

Ulnar sinir tarafından innerve edilen 3. - 4. lumbrikaller ve fleksör dijitorum profundus kasının ulnar kısmı dışında hepsi median sinir tarafından innerve edilir.

Fleksör dijitorum profundus tendonları ulnardaki dört parmağın distal falankslarına ve Fleksör Pollisis Longus tendonları başparmağın distal falanksına yapışırlarken Fleksör Dijitorum Süperfisiyalis tendonları ulnardaki dört parmağın orta falankslarına yapışırlar.

Fleksör dijitorum profundus ve Fleksör Pollisis Longus tendonları kendi parmaklarındaki bütün eklemlere fleksiyon yaptırırlar. Fleksör Dijitorum Süperfisiyalis tendonları distal IF eklemlere fleksiyon yaptırmazlar.

Orta palmar bölgede derin fleksör tendonların radyal kısımlarından başlayıp ulnardaki dört parmağın ekstansör mekanizmalarına katılan lumbrikaller bu parmakların Metakarpofalangeal (MKF) eklemlerini ayrı ayrı fleksiyona getirirken İF eklemlerini ekstansiyona getirirler.

Fleksör dijitorum süperfisiyalis kası'nın humeroulnar kısmı humerus'un medial epikondilinden, radial kısmı radius'un üst yarısının anterior kenarından başlayıp tendonları 2.- 5. parmakların orta falanks kemiklerine kadar uzanırlar. Tüm yüzeyel fleksörler, median sinir tarafından innerve edilir. Ulnardaki dört parmağın orta falankslarının fleksiyonunu sağlarken birinci parmağın da fleksiyonuna yardımcı olur. Her süperfisiyal tendon ayrı bir kastan köken aldığından parmakların hareketleri birbirinden bağımsızdırlar. Karpal tünelde 2. ve 5.

parmakların yüzeyel fleksörleri 3. ve 4. parmakların yüzeyel fleksörlerine göre daha derin planda seyrederek.

Fleksör dijitorum profundus kası ulnarın antero-medialinden başlayıp tendonları 2.-5. parmakların distal falanks kemiklerine kadar uzanır. Ulnar kenarı ulnar sinir, radial kenarı median sinir tarafından innerve edilir. Başta distal falanks olmak üzere 2.-5. parmakların bütün falankslarını ve eli el bileği seviyesinde fleksiyona getirir. Bütün tendonlar tek bir kasta köken aldıkları için parmak hareketleri birbirleriyle bağımlıdır.

Fleksör pollicis longus kasının radial kısmı radius'un anterior kenarından humeral kısmı humerusun medial epikondilinden başlarken tendonu, birinci parmağın distal falanks kemiğine uzanır. Başparmak İF eklem fleksörüdür. Median sinirin anterior interosseus dalı tarafından innerve edilir. Birinci parmağın distal falanksını fleksiyona getirir.

Ön koldan başlayan bu kaslar ekstrinsik fleksörlerdir. Sayıca dört adet olan lumbrikal kaslar elin intrinsek fleksörleridir. Ekstansör mekanizma ile derin fleksörler arasındaki ahenkli fonksiyonu yaratırlar. Orta palmar bölgede derin fleksör tendonların radyal kısımlarından başlayan bu kaslar proksimal falanksın kenarları boyunca yol alıp MKF eklemleri 30 derecelik açılarla çaprazlar ve dorsumda parmakların ekstansör mekanizmalarına katılırlar. Birinci ve ikinci lumbrikaller median sinir, üçüncü ve dördüncü lumbrikaller ulnar sinir tarafından innerve edilirler. 2.-5. parmakların MKF eklemlerini ayrı ayrı fleksiyona getirirken İF eklemleri ekstansiyona getirirler.

Toplam dokuz tane dijital fleksör tendon ve üç tane el bileğine kadar uzanan fleksör tendon distal ön kolda başlarlar. Cilt-cilt altı dokunun hemen altındadırlar. Dokuz tane dijital fleksör tendon el bileği seviyesinde median sinirle beraber karpal tünele girerler. Burada süperfisiyal grup derin gruba göre daha yüzeeldir ve bu ilişki süperfisiyal tendonların MKF eklem distalinde proksimal falanks düzeyinde aralarından profundus tendonlar geçecek şekilde ikiye ayrılıp tekrar birleşerek “Kamper Kiazması” nı oluşturdukları yere kadar devam

eder. “Kamper Kiazması” Proksimal interfalangeal eklemlerin volar kısmındadır ve daha sonra tekrar ikiye ayrılıp orta falanksa bağlanır.

FPL tendonu kendi sinoviyal kılıfı olan radial bursa içinde seyrederken süperfisiyal ve derin tendonlar Ulnar Bursa’da yer alırlar. ulnar bursa ikinci, üçüncü ve dördüncü parmaklarda Metakarp kemiklerin yarısında kör bir cep olarak son bulurken beşinci parmakta parmağın sinoviyal kılıfı olarak devam edip distal falanksa kadar uzanır. Radial bursa, fleksör pollicis longus kasının tendonunu distal falankstaki insersiyosuna kadar sarar.

İkinci, üçüncü ve dördüncü parmakların sinoviyal kılıfları metakarpal kemiklerin distalinden profundus tendonun insersiyosuna kadar uzanırlar. Kılıfın içini döşeyen sinoviyum sinoviyal sıvı salgılar. Bu sıvı tendon hareketliliği ve difüzyon yolu ile tendon beslenmesi açısından önemlidir. Bu seviyedeki tendon onarımlarından sonra tendon hareketliliğini kısıtlayan yapışıklıklar görülür.

Fibröz fleksör kılıf, MKF eklemlerin “Palmar Plate”lerinden başlar. MKF’lerin palmar plateleri dördüncü ve beşinci parmaklarda distal palmar çizginin altında ve ikinci parmakta proksimal palmar çizginin altında iken üçüncü parmakta bu ikisinin arasında yer alır.

2.1.4.1.2. Pulley Mekanizması:

Fleksör tendonlar metakarp boynundan geçerken distal falanks proksimaline dek uzanan bir fibroosseoz tünele (digital kılıf) girerler. Bu tüneli oluşturan 5 anüler, 3 krusiat (çapraz) pulley vardır. Anüler pulleyler mekanik stabiliteyi, krusiat pulleyler esnekliği sağlar. Tendonun eklem üzerinde bulunduğu yerlerde fibröz kılıf fleksiyona izin verecek şekilde ince ve esnek, falanksların üzerinde tendonu alttaki kemik yapıya yaklaştıracak şekilde kalın ve güçlü olmalıdır.

Pulley sistemi: Palmar Pulley; en büyük pulleydir, tüm parmak fleksörleriyle ilgilidir, Transvers Karpal Ligaman adını alır. Başparmak pulley sistemi (2 tane anüler,1 adet oblik pulley), diğer parmakların pulley sistemi (5 adet anüler, 3 adet çapraz pulley).

Beş tane anüler, üç tane çapraz bağ vardır (Şekil-4) (21).

A1: MKF Eklemin ‘palmar plate’inden

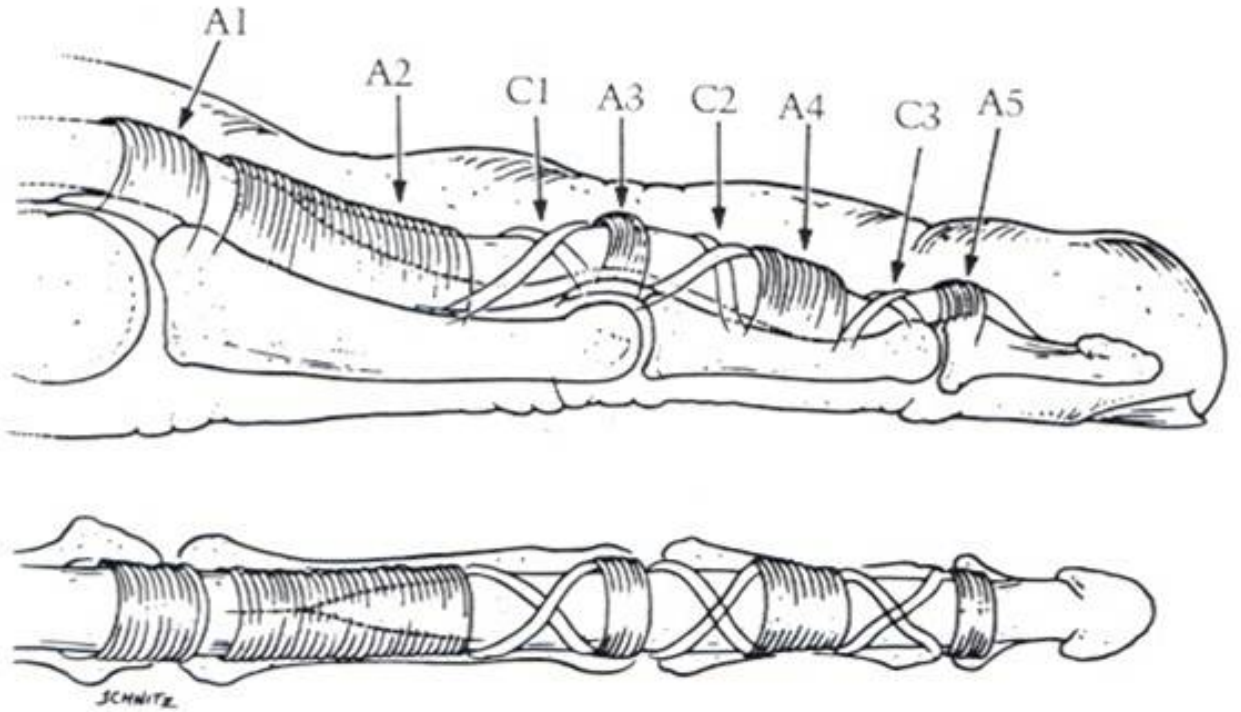
A2: Proksimal falanksın proksimalinden

A3: P.I.P eklemin ‘plate’inden

A4: Orta falanksın proksimalinden

A5: D.I.P eklemin ‘plate’inden köken alırlar ve periosteum orijinlidirler.

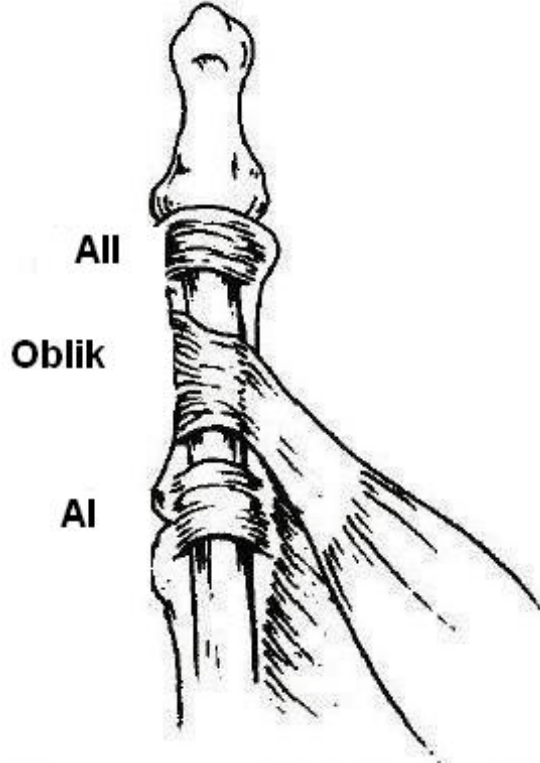
C1, C2 ve C3 halka bağların arasında yer alırlar.



Şekil-4: Parmak pulleyleri ve yerleşimleri

Başparmaktaki pulley sistemin yapısı diğerlerine göre değişiktir (Şekil-5). Proksimal halka bağ diğer parmaklardaki A1 halka bağa benzer. MKF eklemin palmar

plate'inden köken alır. Başparmağın diğer majör bağı proksimal falanksın proksimal ulnar kenarından distal radyal kenarına doğru uzanan oblik bağıdır. Diğer parmaklardaki A2 ve A4 bağlara benzer ve fleksiyonda en az onlar kadar önemlidir. A2 distal İF eklemin palmar 'plate'nden köken alır. A1 ve A2 pulleylerin yokluğu fleksiyonda önemli bir kayıp yaratmazlar.



Şekil-5: Başparmak pulley sistemi

Annuler pulleyler fleksiyon esnasında tendonu alttaki kemik yapıya yaklaştırırlar ve kaslar kasıldığında eklemlerdeki fleksiyonunu maksimuma ulaştırırlar. Bu sayede hem parmağın hem de el bileğinin fleksiyonu için tendonun 9 cm hareket etmesi gerekirken el bileği nötral pozisyonda tutulurken sadece parmağın fleksiyonu için 2,5 cm hareket yeterli olur.

A2 ve A4 halka bağlar ve başparmakta oblik bağ biyomekanik açıdan en önemli bağlardır ve kayıpları parmak hareketliliğini kısıtlar, fleksiyon kontraktürlerinin oluşmasına

yol açar. Bu bağlar 500–700 mmHg basınca dayanıklıdırlar ve kırılma kuvvetleri 40–80 kg'dır. Halka bağlarla fleksör tendonlar arasındaki basınç aktif fleksiyon esnasında 75 mmHg'ye kadar çıkar. Bu bağların önemli bir kısmının kaybı bu basıncı arttırarak rüptürlerine yol açabilir.

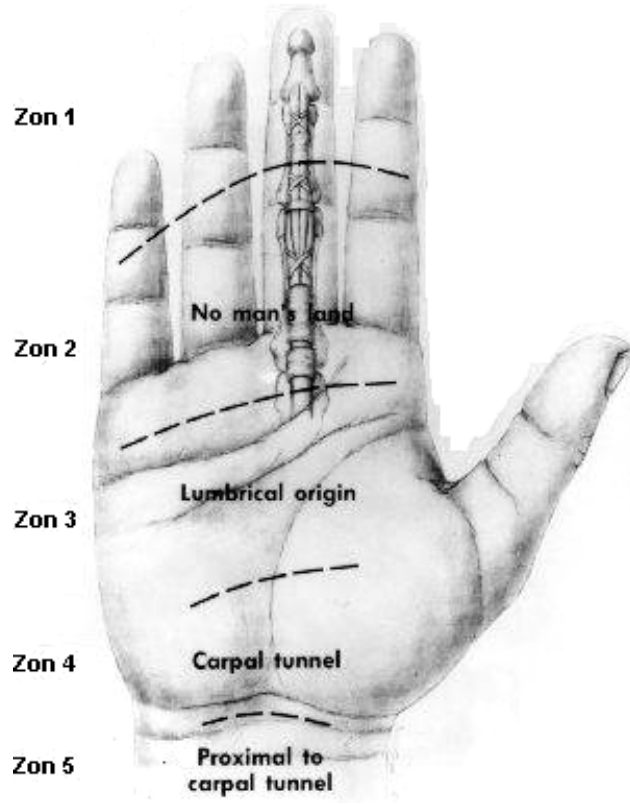
Tendon hareketiyle eklem rotasyonun sağlanması için pulley sisteminin sağlamlığı şarttır. Tendon tamiri esnasında çapraz bağlar ve zorunlu kalınmadıkça A1,A3,A5 halka bağlar dışında hiçbir bağ kesilmemelidir. Çünkü parmaktaki annüler pulleylerin kaybı fleksör, intrinsik ve ekstensör tendonlar arasındaki dengenin kaybolmasına, fleksiyon hareketinin kısıtlanmasına ve İF eklemlerde kontraktürlere yol açar. A2 ve A4 halka bağlar o kadar sıkıdırlar ki tamirleri esnasında sütür materyali bu bağları yırtar.

2.1.4.1. 4. *Pronator ve Supinatorler:*

Pronator teres ortak fleksörden orijin alıp radiusun ortasına tutunur. Median sinir tarafından innerve edilir. Önkolun primer pronatoru ve sekonder fleksörüdür. Pronator kuadratus distal radius ile ulna arasında uzanır. Bu da median sinir tarafından innerve edilir. Bu da önkol pronasyonundan sorumludur. Supinator kas humerusun lateral kondilinden orijin alıp radius proksimal 1/3'üne tutunur. Radyal sinirin derin dalı ile innerve edilen bu kas primer supinasyondan sorumludur.

2.1.4.1. 5. *Fleksör Zonlar*

Fleksör tendonlar ve bunlarla ilişkili sinovyal ve fibröz kılıflara göre anatomik olarak tanımlanmış klinik öneme sahip 5 bölge vardır (Şekil–6) (21). Bu zonlar ilk defa Verdan tarafından tanımlanmış Kleinert tarafından geliştirilmiştir. Bu zonlar prognoz ile önemli şekilde ilişkilidir.



Şekil-6: Fleksör zonlar

Zon 1: Orta falanks ortasından parmak ucuna kadar olan kısımdır. FDS'in tutunma yerinin distalinde kalır. Sadece FDP tendonunu içerir.

Zon 2: "Digital fibröz sheath"ın proksimal ucundan bölge 1'e kadar uzanan alandır. FDP ve FDS tendonlarını içerir.

Zon 3: Transvers karpal ligamanın distal ucundan A1'in proksimal ucuna kadar olan alandır. fibröz pulley içermez.

Zon 4: Transvers karpal ligamanın altında kalan alandır. Karpal tüneli içerir (1 sinir (median sinir) 9 tendon (4 FDS, 4 FDP ve FPL))

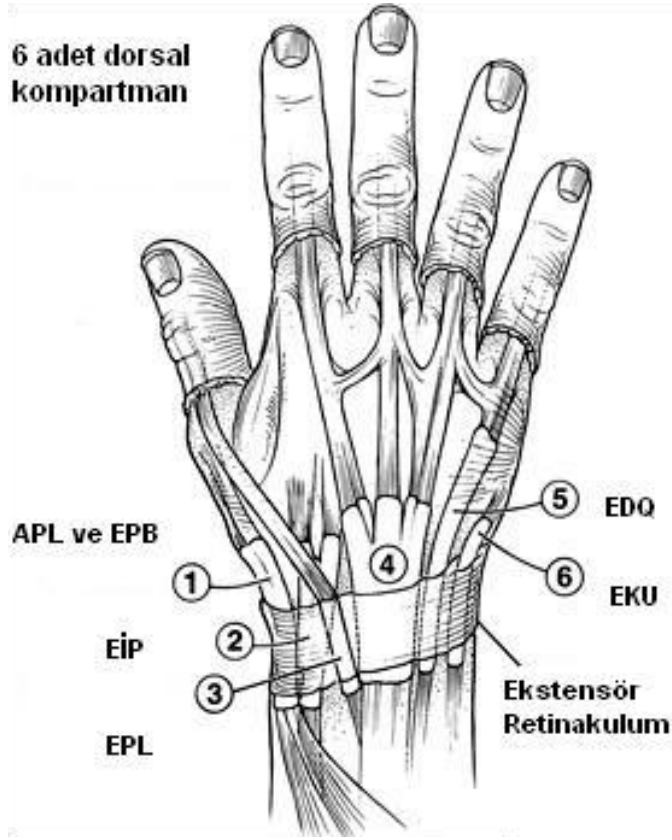
Zon 5: Transvers karpal ligamentin proksimal sınırından muskulotendinöz bileşkeye kadar olan kısımdır.

2.1.4.2. Ekstensör kaslar

Ekstensör kaslar önkol ve elin dorsalinde yer alırlar ve radial sinir tarafından uyarılırlar. Brakioradial kas dirsek ekleminin aksesuar fleksörü olarak çalışmasına rağmen radial sinir tarafından innerve edildiği için ekstensör gruba dâhil edilir. Brakioradial kas ve ekstensör karpi ulnaris humerusun lateral suprakondiler çıkıntısından orijin alırlar. Dört yüzeysel ekstensör (ekstensör karpi radialis brevis, ekstensör dijitorum communis, ekstensör dijiti minimi, ekstensör karpi ulnaris) ortak ekstensör tendon aracılığı ile suprakondiler çıkıntı ve lateral epikondilden orijin alırlar. Ekstensör karpi radialis longus ve ekstensör karpi ulnaris el bileği ekstansiyonundan sorumlu iken ekstensör dijitorum communis, ekstensör indicis proprius ve ekstensör dijiti minimi ise parmakların ekstansiyonundan sorumludur. Başparmak hareketlerine yardımcı olan 3 ekstrinsik ekstensör vardır: abdüktör pollisis longus, ekstensör pollisis brevis ve ekstensör pollisis longus.

6 ekstensör kompartman vardır (Şekil-7) (19).

1. Abdüktör pollisis longus ve ekstensör pollisis brevis;
2. Ekstensör karpi radialis longus ve ekstensör karpi radialis brevis;
3. Ekstensör pollisis longus;
4. Ekstensör dijitorum kommunis ve ekstensör indicis proprius;
5. Ekstensör dijiti minimi;
6. Ekstensör karpi ulnaris



Şekil-7: El ekstensör bölgedeki kompartmanlar. APL: abdöktör pollisis longus, EİP: ekstensör indisis propsius, EDQ: ekstensör dijiti quanti, EKU: ekstensör karpi ulnaris, EPB: ekstensör pollisis brevis

Başparmağın ekstensör yüzündeki her 3 ekstrinsik kas da bir başparmak kemiğine tutunur. Abdöktör pollisis longus (abduksiyon) metakarpa, ekstensör pollisis brevis (ekstansiyon) proksimal falanksı, ekstensör pollisis longus da (falanksın asıl ekstansörü) distal falanksı tutunur.

2.2. TENDON ANATOMİSİ

2.2.1.1.Fizyoloji

Tendon fizyolojisi ile ilgili en önemli gelişmeler Peacock ve Potenza (1965–1977) tarafından yapılan çalışmalar sonucunda olmuştur. Buna göre iyileşme, tendonu oluşturan hücrelerde bütünlüğün bozulması durumunda çevresel dokulardan olmaktadır. 3–4 gün sonra tip 3 kollajen yapımı olmakta, 5–6 gün içerisinde jelatinöz granülasyon, defekti doldurmaktadır (Kollajen organizasyon fazı). Yaklaşık 1 hafta sonra ilk kollajen lifleri gelişmekte ve 3. hafta sonuna doğru kalın bir kollajen band topluluğu bütünlüğü sağlar hale gelmektedir. Peacock bu bandın, büyük çekme kuvvetlerinin inceltmesi ve uzatması ile oluştuğunu daha sonra çeşitli fizyolojik yaklaşımlar sonucunda kayganlık fonksiyonunu kazandığını ortaya koymuştur.

Daha sistematik bir yaklaşım olarak tendonun iyileşme mekanizması iki şekilde sınıflandırılmaktadır (22).

1.Ekstrinsik iyileşme: Ekstrinsik iyileşme tendon kılıfı ile altından geçen tendon arasında oluşan fibröz bağlara bağımlıdır. Önceleri bu yol tendon iyileşmesinin tek yolu sanılırdı. Bu düşünce ile tendonları immobilize eden ameliyat sonrası protokollerin, tendon onarımında başarıyı artıracığı şeklinde yanlış bir anlayış gelişti.

2.İntrinsik iyileşme: İntrinsik tendon iyileşmesi, uzun ve kısa vinkuladan geçen kan akımı ile sinovyal sıvıdan difüzyona bağlıdır. Tendonları yarı geçirgen membranla sarmak, intrinsik iyileşmeyi hızlandırırken hücrelerin geçişine izin vermeden besinlerin geçişine izin verir.

Tendonların intrinsik mekanizma ile iyileşebildiklerinin fark edilmesi cerrahi sonrası erken mobilizasyon protokollerinin gelişmesine neden oldu.

2.2.1.2. Tendon iyileşme fazları

Bunlar yara iyileşme fazı ile aynıdır (22).

Enflamasyon: Tendon hasarını takip eden ilk 2–3 günde meydana gelir. Enflamatuvar hücreler yarayı doldurur. Bu hücreler, fibroblastları yaraya çeken büyüme faktörleri salgılar.

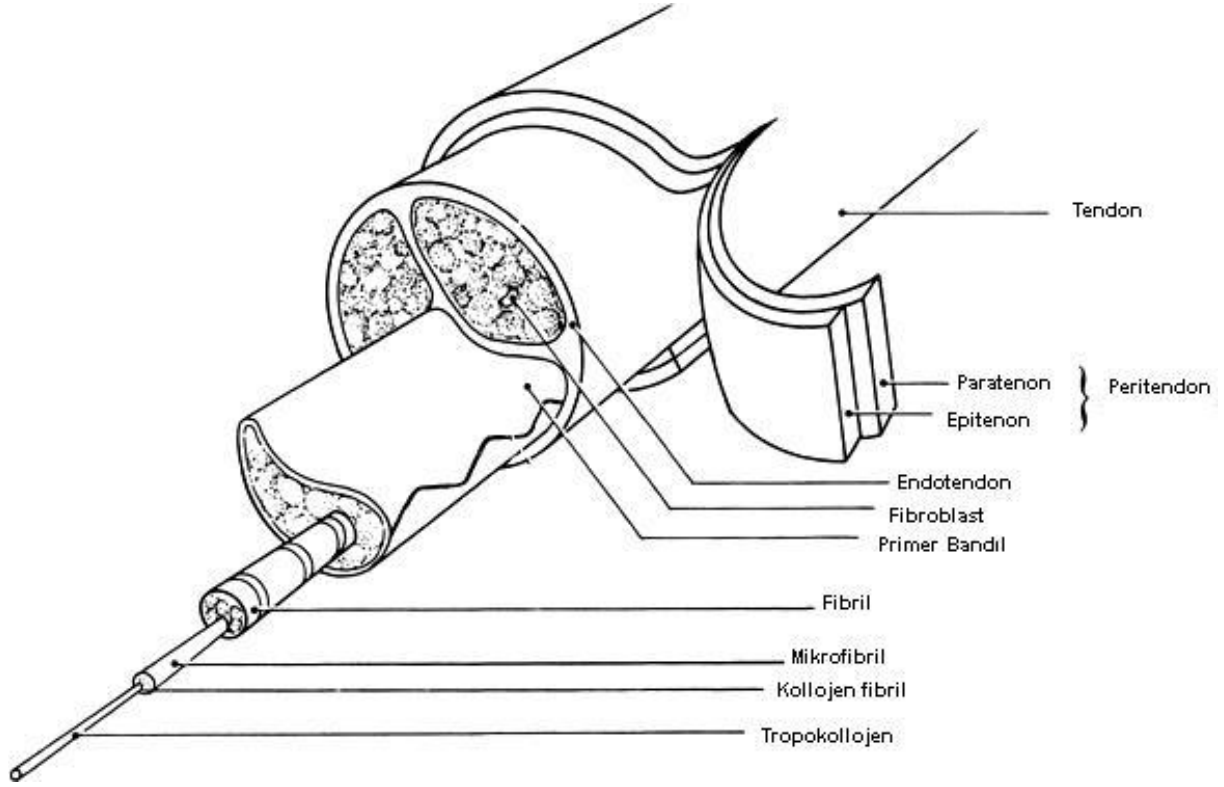
Prolifereasyon: Bu, tendon hasarından 2–3 gün sonra başlar ve yaklaşık 3 hafta sürer. Fibroblastlar doku proliferasyonundan sorumludur. Glikozaminoglikan üretir ve salgılarlar. Kollajen önce rasgele dizildiği için tendon gerilme gücünde (tensile strength) yetersizlik vardır.

Remodelling: Tendon yaranmasını takiben 3. haftadan sonra başlar. Kollajen miktarının dengelenmesi ile karakterizedir (yaradaki kollajen net miktarı aynıdır). Tendon, yapısal olarak organize yapılardan oluşur. Tendonun erken hareketi, kendisi ile kılıfı arasında fibröz yapışıklıklar oluşumunu sınırlar. Erken harekete başlanması ekstrinsik iyileşmeyi bozarken intrinsik iyileşmeye olumlu etkiler. Mobilize tendonlar hareketsiz bırakılmış tendonlara göre daha güçlüdür.

2.2.2. Histoloji

Tendonlar, sellüler ve ekstrasellüler elemanlardan oluşur:

2.2.2.1. Sellüler Elemanlar: Tenositler, endotenon hücreleri, epitenon hücrelerinden oluşur (Şekil–8). Tenositler immatür fibroblastlardır ve primer tendon destelerinde bulunurlar. Genel olarak aktif değildirler ve tendon bakımından sorumludurlar. Tendon yaranmalarında intrinsek tendon iyileşmesinde epitenon hücrelerine yardım ederler. Epitenon hücreleri tendonun en dış yüzeyinde bulunurlar.



Şekil-8: Tendon histolojik yapısı

2.2.2.2. Ekstrasellüler Elemanlar: Kollajen, ara madde ve elastin liflerinden oluşur. Kollajen kuru tendon ağırlığının %70'ini oluşturur. Tenositlerin endoplazmik retikulumunda sentezlenen tropokollajen daha sonra kollajen molekülüne çevrilir. Kollajen filamanları, fibrilleri, lifleri ve demetleri oluşturur. Tendon fasikülleri tip 1 kollajen ve tenositlerin oluşturduğu uzun, dar spiral şeklindeki demetlerden oluşurlar. Her demet endotenon tarafından çevrenirken endotenonların septaları tendonu dıştan saran epitenonu oluşturur.

Ara madde tendon hareketi esnasında fibrilleri kayganlaştıran glikozaminoglikanlardan oluşur. Elastin lifleri fasiküler seviyede yastık görevi yapar.

2.2.2.3. Komşu yapılar:

Bağ dokusu elemanlarının hâkim olduğu tendonlar, kayganlığı sağlayan paratenon adı verilen daha gevşek bağ dokusu ile çevrilidir. Paratenon, visseral ve parietal kısımlardan oluşmuştur. Bu iki adventisya arasında protein, glikozaminoglikan ve glikoproteinleri içeren

sinoviyal sıvı vardır. Bu sıvı, hem tendonun difüzyon yoluyla beslenmesini hem de kayganlığını sağlar. Kesi olduğunda paratenon, tendonların tek tek ayrılmasını engeller.

Tendonların beslenmesi 3 ana kaynaktan olmaktadır:

1. Endotendon içinde bağımsız kollajen demetlerini saran kapiller ağdan,
2. Vinkula tendineumdan,
3. Paratenon mevcut ise tendonun uzun aksına paralel seyrederek;
 - a) Proksimal 1/3 'ü musküler damarlardan,
 - b) Orta 1/3'ü paratenon bağ dokusu içindeki damar yapısından,
 - c) Distal 1/3'ü osseotendinöz periosteal damarlardan gerçekleşir.

Vinkula, üçgen şeklinde veya ince iplikler halinde bağ dokusu elemanlarından meydana gelmiş yapılar olup, embriyonel mezotenon artıklarıdır. İki tane digital arterden çıkan dallardan dört tane digital ark meydana gelir. Bu arklar, proksimal ve orta falanksların boyunlarında ve proksimal kısımlarında bulunurlar. Bu arklardan dört tane vinkula çıkar. Birinci ve ikinci vinkulalar yüzeysel tendonları, üçüncü ve dördüncü vinkulalar derin tendonları beslerler. Segmental beslenmenin uzunluğu müskülo-tendinöz bileşkeden sonra 2 cm, vinkulalar yolu ile 1-2 cm'dir. Bu arterler tendona dorsal yüzünden girerler ve korunmalıdırlar. Vinkulalar dorsal yüzde dallanırlar ve genelde bu dallanmalar diğer vinkular dallanmalarla anastomoz yapmazlar. Bunların arasından digital arter kökenli olan tendon vasküler yapıları geçerek epitenon aracılığıyla tendonun vaskülarizasyonunu sağlar.

El yaralanmalarının tedavisinde başarılı olunması, tendon onarımlarının doğru ve fonksiyonel bir şekilde yapılabilmesi, komplikasyonların en aza indirilebilmesi için iyi anatomi bilgisine sahip olmak gerekir.

2.3.MEDIAN SİNİR:

2.3.1.Anatomi

Median sinir pronator kasın iki başı arasından önkola girer. FDS ve FDP kasları arasında ve derininde önkolda distale doğru seyreder ve karpal tünele girer. Seyri sırasında FPL’u, ikinci parmak FDP’u ve pronator kuadratus kaslarını innerve etmek için anterior interosseöz siniri verir. Ayrıca median sinir bunlarla birlikte FCR, PT, FDS, PL ve üçüncü parmak FDP tendonlarının da innervasyonunu sağlar.

Bilek 5 cm proksimalinde median sinirden palmar kutanöz dal ayrılır ve bu dal tenar bölgenin duysal innervasyonunu sağlar. Bileğin hemen proksimalinde median sinir yüzeyselleşir ve kapalı tünele girer. Karpal tünel içerisindeki seyri sırasında sinirin orta ve radyal bölümünden reküren motor dal orijin alır. Reküren dal tenar kasları innerve etmek için trasvers karpal ligamanın distalini geçer ve tenar kasları innerve eder. Bu dal nadiren (populasyonun %5-7’inde) TCL’nin içinden de geçebilir (23). Tenar kaslar (OP, FPB, APB) içerisinde FPB dual innervasyona sahiptir. Kasın süperfisiyal kısmı median sinirin reküren dalından, derin kısmı ise ulnar sinirin derin motor dalından innerve olur. Median sinir başparmak, ikinci, üçüncü ve dördüncü parmağın radial yarısının duysunu almak için çok sayıda terminal duysal dallarla sonlanır. İkinci ve üçüncü parmağın radyal kısımlarında sinir, komşu lumbrikal kasları da innerve eden minor motor komponentlere sahiptir.

2.3.2.Etiyoloji

Median sinir yaralanmalarının büyük çoğunluğu bilek seviyesinde meydana gelir ve en çok tenar kaslar etkilenir (Tablo-1). Kalıcı fonksiyonel kayıp başparmağın oppozisyon kaybıdır. Bası yaralanmaları en sık olarak gözlenen yaralanmadır ve genellikle tedavi edilmeyen uzun süren karpal tünel sendromunda görülür. Karpal tünel basısı; tümör, komşu yapılarda sinovit, kırık ve çıkıklara sekonder de olabilir. Kesici yaralanmalarda da median sinir direkt olarak travmatize olabilir. Pediatrik yaş grubunda belirtilen bu nedenlere ilave

median sinirin lipofibrohamartomu, Charcot-Marie-Tooth hastalığı, demiyelinizan sinir hastalıkları da dâhil etmek gerekir.

Tablo–1: Median sinir yaralanmalarının etiyojisi

Travma	Bası	Diğer nedenler
Laserasyonlar	Karpal tünel sendromu (idiyopatik)	Charcot-Marie-Tooth Disease
Ateşli silah yaralanmaları	Sinovit (ör. Romatoid artrit)	Lipofibrohamartoma
Kırık ve çıkıklar		

2.4. BAŞPARMAK OPPOZİSYONU VE MEDİAN SİNİR FELCİ DURUMUNDA YAPILAN TENDON TRANSFERLERİNDE GENEL PRENSİPLER

2.4.1. Başparmak Oppozisyonu: Oppozisyonu, Latince “oppositio” kelimesinden köken alır. İngilizcede bu kelime “opposite” olarak yer bulmuş ve “karşı, karışık, karşısında, karışık tarafta” gibi anlamlar taşımaktadır.

Duchenne; oppozisyonun APB (en etkin ve güçlü kas), FPB ve opponens pollicis’in kombine hareketi ile olduğu sonucuna varmıştır (24).

Bunnell, gerçek oppozisyon hareketini parmakların sadece, birbirlerinden uzaklaşması ya da karışık durumda olması anlamına gelmediğini, rotasyon ile başparmak pulpasının diğer parmak pulparıyla yüzleşmesi ve başparmak tırnak yatağının diğer parmak volar ve dorsal yüzeyleriyle paralel olması gerektiğini ifade etmiştir (7). Yani, oppozisyonu KMK ve MKF eklemlerde meydana gelen rotasyon ve angulasyonun kombinasyonu olarak tanımlar.

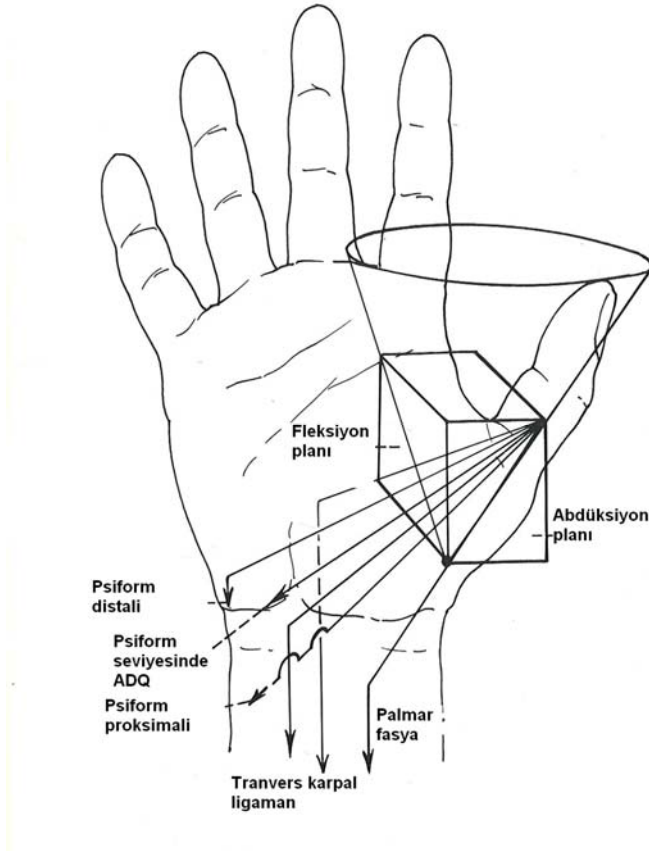
Steindler, oppozisyonun şu aşamalardan geçtiğine inanır; öncelikle iki adet başparmak ekstansörü tarafından oluşturulan ekstansiyon, iki abdükörü tarafından oluşturulan abduksiyon, sonunda opponens pollicis ve FPB tarafından sağlanan pronasyon (25).

Cooney ise başparmak oppozisyonunu, KMK eklem rotasyonu, fleksiyonu ve abduksiyonu ve MKF eklem abduksiyonu sonucunda gerçekleştiğini bildirmiştir (2). Başparmak abduksiyonunu sağlayan kaslar; abduktor pollicis brevis, opponens pollicis ve fleksör pollicis brevisin süperfisiyal başıdır (1). Başparmak oppozisyonunu sağlayan bu kasların eş zamanlı hareketi hem KMK hem de MKF eklemlerin hareketini etkiler. APL ve EPB gibi başparmağın diğer tendonları, 1. metakarpa ekstansiyona getirmesi ve başparmak balansını sağlamalarıyla oppozisyona indirekt katkıda bulunurlar. Cooney, APB’in hem KMK hem de MKF eklemlerde gerekli olan hareketi sağlamsından dolayı, başparmak oppozisyonu

için başlıca hareket ettirici tendon (*prime mover*) olduğunu ifade etmektedir (2). APB tam oppozisyonu sağlamak için daha uygun bir yapışma yeri ve hareket vektörünü sağladığını da ileri sürmektedir.

2.4.2. Median Sinir Yaralanması Sonrası Tendon Transferlerinde Genel

Prensip1er: Median sinir yaralanmalarında, spontan veya cerrahi onarım sonrası iyileşme beklenildiğinden daha uzun sürdüğü durumlarda tendon transferi planlanmalıdır. Transfer için öncelikle yeterli yumuşak doku desteğı ve uygun eklem yapısı olmalıdır. Donör tendonun hareket miktarı (excursion) ve dayanıklılığı (strenght), transfer sonrası yeterli başparmak hareket miktarını sağlayacak derecede olmalıdır. Oppozisyon restorasyonu için yapılan tüm tendon transferlerinde; başparmak pronasyon, abdüksiyon ve fleksiyon (oppozisyon) hareketi için yeterli ve uygun bir yön ve vektör yeniden oluşturulmalıdır. Bu hareketlerin kombinasyonu trapeziometakarpal ve MKF eklemlerinin birlikte hareketini gerektirir. Tendonun uygun çekme yönü psiform civarındır (2) (Şekil-9). Bu da tendonun bileğın ulnar tarafından yeniden yönlendirilmesini gerektirir. Uygun çekme hattını sağlamak için genellikle pulley mekanizması oluşturulur.



Şekil-9: Psiform, psiform distali ve psiform proksimaline lokalize pulley yerleşimlerinde tendon transferlerinin abdüksiyon planda, fleksiyon planda ve kombine fleksiyon ve abdüksiyon planda oppozisyon transferi. Abdüksiyon plan daha büyük güç sağlamaktadır. ADQ: Abdüktör dijiti quanti.

Transfer sonrası tendonun başparmak yapışma yeri hakkında birçok teknik tanımlanmıştır (8, 12, 26, 27). Bu yer KMK, MKF ve İF eklemlerde başparmak hareketini etkileyecektir. Örneğin tendonun APB tendonuna adaptasyonu başparmakta abdüksiyonu sağlar iken, FPB'e adaptasyonu abdüksiyon, pronasyon ve MCP eklemlerde ekstansiyonu sağlayacaktır. Transfer edilen tendonun kesin yapışma yeri etiyolojik sebebe, fonksiyonel kayıba ve cerrahi hedefe bağlıdır.

Başparmak oppozisyonunu rekonstrükte etmek için birçok tendon/ kas kullanılmıştır. Bunlar üçüncü ve dördüncü parmak FDS kasları, EIP, EPL, ECU, ECRL, EDQ, PL ve abdüktör dijiti quanti (6, 12, 28–31).

Seçim Donör tendonun kullanılabilirliğine, eşlik eden tendon veya sinir hasarına ve cerrahın tecrübesine bağlıdır. Fakat sıklıkla dördüncü parmak FDS tendonu kas dayanıklılığının uygun olmasından dolayı ve FDP'un fonksiyonel olarak transfer sonrası donör parmakta herhangi majör bir kayba neden olmamasından dolayı en sık tercih edilendir (32).

2.4.3.Tendon Transferinde Zamanlama

Median sinir felci durumunda tendon transferi öncesinde uygun zamanlama öncelikle esastır. Öncelikle ekstremitte ödem, skar ve ekstremitenin beslenmesi açısından muayene edilmelidir. Ayrıca sinir yaralanması sonrası iyileşmesinin mümkün olup olamayacağı sorgulanmalıdır. Şayet sinir iyileşmesinin olanaksız olduğu durumlarda, uygun yumuşak doku iyileşmesini takiben mümkün olduğunca erken yapılmalıdır. Karpal tünel sendromuyla ilişkili ciddi tenar kas fonksiyon kaybı olduğu zaman, tendon transferi karpal tünel serbestlenmesi zamanında eş zamanlı olarak karpal tünel cerrahisi ile birlikte yapılabilir. Median sinir segmental sinir dokusu kaybı ile birlikte ciddi olarak hasarlanmış ya da ezilmiş ise tenar kas fonksiyonu ve parmak fleksiyonunu restore etmek için erken transfer düşünülmelidir. Yüksek seviye median sinir felci olan yaşlı hastalarda (özellikle 50 yaş üzerindeki hastalarda) el fonksiyon kaybının onarımı için yine mümkün olduğunca erken tendon transferi planlanmalıdır. Bu durumlarda tendon onarımı sonrası rejenerasyon vakaların çoğunda mümkün değildir ve oppozisyon dışında ilave tendon transferleride hasta açısından fonksiyonel kazanım sağlayacaktır (9).

3.GEREÇ VE YÖNTEM

Bu araştırma ABD’de “Mayo Clinic” biyomekanik laboratuvarında, etik kurulu onayı alındıktan sonra yapıldı (Biomechanics Laboratory, Division of Orthopedic Research, Mayo Clinic, Rochester, MN, ABD).

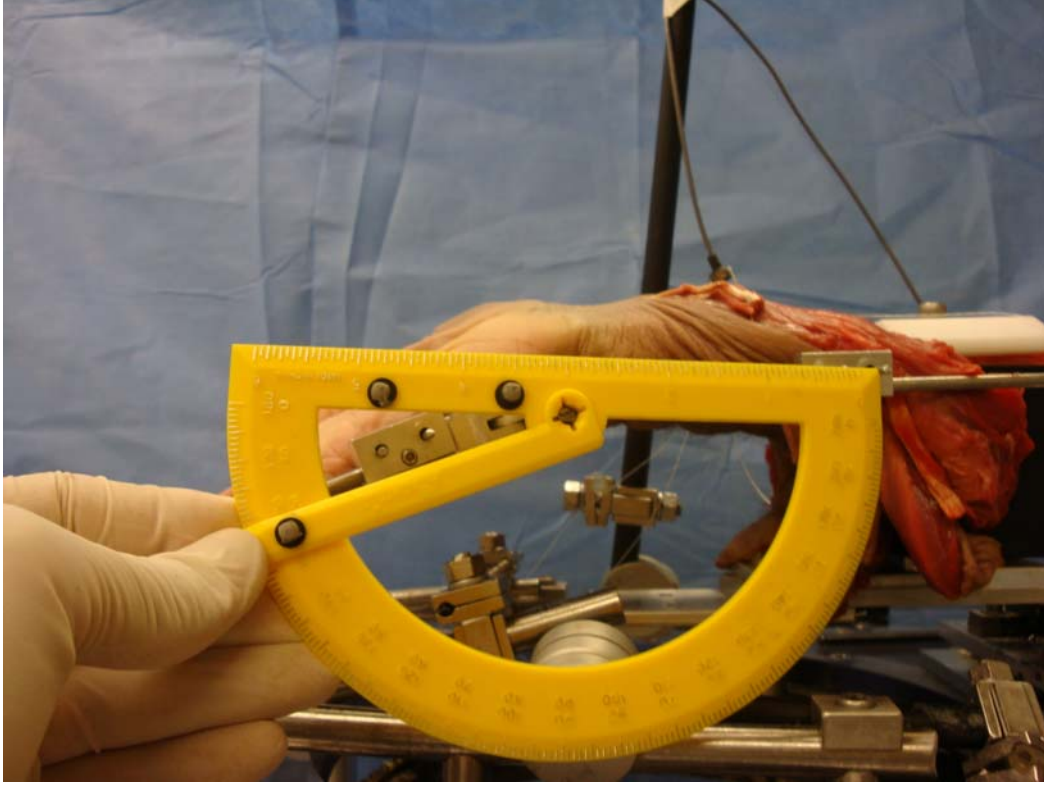
Çalışmada 8 taze-donmuş, dirseğin hemen distalinden kesilmiş, insan önkolu kullanıldı. Tüm kadavra örnekleri başparmak KMK, MKF ve İF eklem bölgesinde majör dejeneratif değişiklikler veya herhangi bir nedenle oluşan travmatik patolojik durumları tespit etmek ve dışlamak için direkt grafileri çekildi. Test öncesinde kadvralar oda sıcaklığında çözülmeye bırakıldı.

Tendon grefti olarak, 4. parmak FDS tendonu hazırlandı (Şekil-10). 3 pulley yerleşimleri test edildi;1. Guyon canal 2. FKU loop 3. Royle-Thompson. Hazırlanan tendon, her kadavra örneği üzerinde, bu pulleylerden rasgele geçildi ve subkutanöz palmar bir tünel ile başparmağa transfer edildi. Sonra tendonun distal ve proksimal uçları distal (F1) ve proksimal (F2) transdüörlere bağlandı. Transfer edilen tendonun ekskürsionları (excursion), her bir pulley için, parmak metakarpofarengal ve trapeziometakarpal eklemleri tam ekstansiyondan tam fleksiyona getirilerek ölçüldü. Bu ölçümler, kadvraların farklı önkol ebatları olma ihtimalinden dolayı tüm kadvralarda tek tek yapıldı.



Şekil–10: Dirsek ekleminin hemen distalinden ampute edilmiş, 4. parmak FDS tendonu yapışma yerinden serbestlenmesi

Çalışmamızda, kayma direncini ölçmek için, Uchiyama ve arkadaşları tarafından tanımlanan ve “gliding resistance testing machine” olarak onay almış, modifiye edilmiş tendon kayma direnci düzeneğini kullandık (15,33). Bu ölçüm sistemi bir adet mekanik aktif hareketi sağlayan eden doğrusal bir potansiyometre ile çalışan mekanik aktivatör (mechanical actuator with a linear potentiometer), 2 adet sipariş üzerine tasarlanan gerilim yük transdüsörlerinden (custom-made tensile load transducer) oluşur (range, 0 to 10 N, with a sensitivity < 0.01 N). Mekanik aktivatör sistemi, çalışma sırasında tendonun başparmak aktif fleksiyonunu taklit etmek için direkt akım ile çalışan küçük-doğrusal kayma sağlayan bir düzenek tasarlandı. Bilek, 2 adet ayarlanabilen konektörleri ile 1 adet üniversal kilitlenebilir eklemi olan ekstansör fiksatorler ile 20° ekstansiyona alındı. Proksimal konektör, proksimalde ulna ve radiustan geçen iki adet 2 mm’lik rodlara, distal konektör 2.,3.,4.,5. distal metakarp başından geçen iki adet 2 mm’lik rodlara bağlandı. Kadavra önkolu radius ve ulnanın proksimal ucundan sipariş üzerine dizayn bir tutucu ile test apareyine monte edildi (Şekil–11).



Şekil-11: Bilek 20°’de; proksimal konektör, proksimalde ulna ve radiustan, distalde distal metakarp başlarından geçen rodlar ile ekstansör fiksatorlerle ekstansiyona alınması ve test apareyine monte edilmesi.

3.1. Cerrahi Teknik

Distal yük transdüsrünü (F1) başparmağa tespit etmek için proksimal falanks metakarpofarengal eklemin hemen distali ve radial kenarına, süperiorunda bir delik bulunan bir vida yerleştirildi (Şekil-12). F1 transdüsr bu delikten geçirilen sütün ile vidaya bağlandı. Tendon greftini hazırlamak için, palmar “zig-zag” şeklinde bir insizyon yapıldı ve FDS tendonun yapışma yerinin hemen proksimalinden kesilerek serbestlendi. EPL tendonu ekstensör kompartımana girmeden hemen bilek proksimalinden yapılan bir insizyon ile

eksplere edildi (Şekil-13). EPL proksimal ucu bu insizyon yerinden çıkarılarak serbestlendi ve tendona 100 gram (0.98-newton) yük asıldı. 0.98 N ağırlık transfer edilen FDS tendonu üzerinde fizyolojik bir gerilim ve güvenli bir ekskürsiyon sağlamak için kullanıldı. Sonraki cerrahi işlemler pulleyle göre şu şekilde devam edildi:

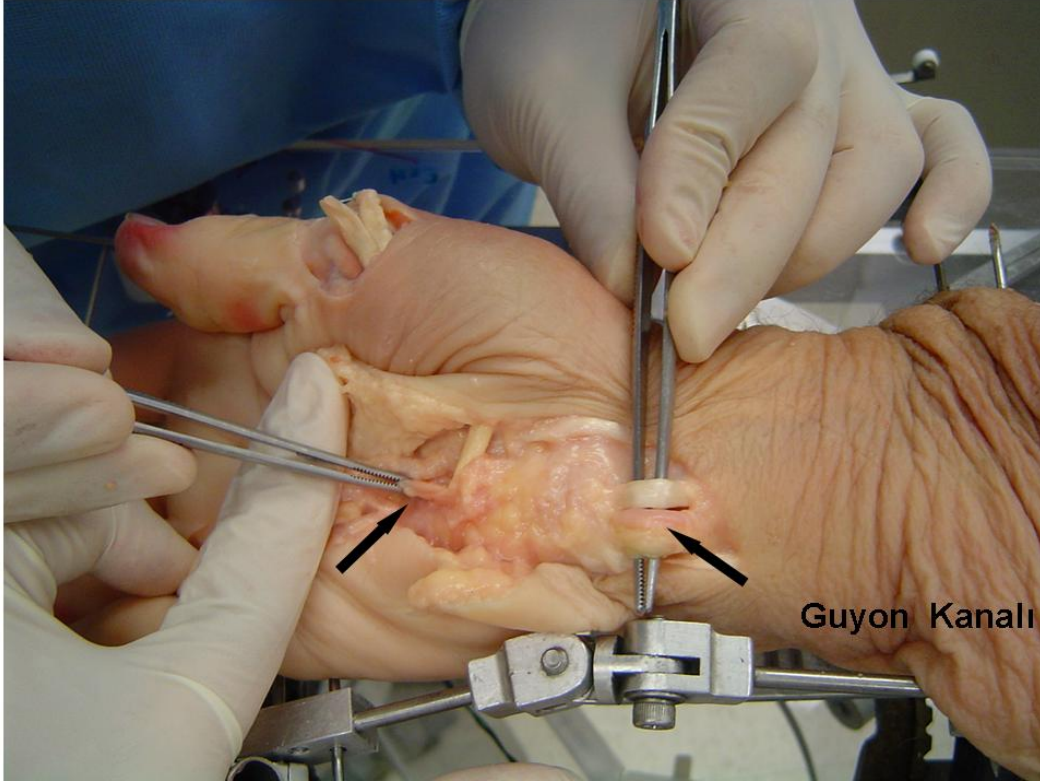


Şekil-12: F1 transdüsrünü kemiğe adapte etmek için, proksimal falanks metakarpofarengal eklemin hemen distali ve radial kenarına, APB'in yapışma yerine süperiorunda bir delik bulunan bir vidanın yerleştirilmesi



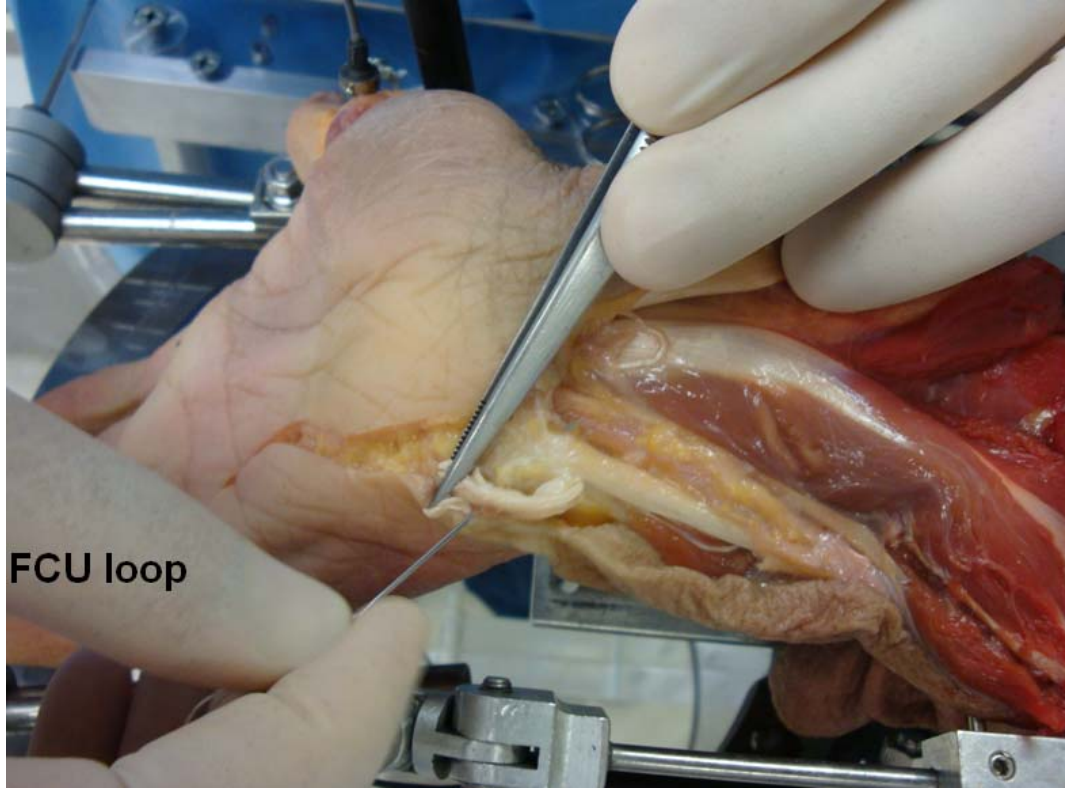
Şekil-14: EPL tendonu ekstensör kompartımana girmeden hemen bilek proksimalinden yapılan bir insizyon ile serbestlenmesi.

1- *Guyon kanal pulley*: Bilek proksimal seviyesinde insizyon yapıldı ve hazırlanan FDS tendon greft guyon kanalından geçirildi, kanaldan çıkarılan tendon palmar yüzeyi çaprazlayan subkutanöz bir tünel ile başparmağa transfer edildi (8,12). Daha sonra tendon F1 transdüörüne bağlandı (Şekil-14).



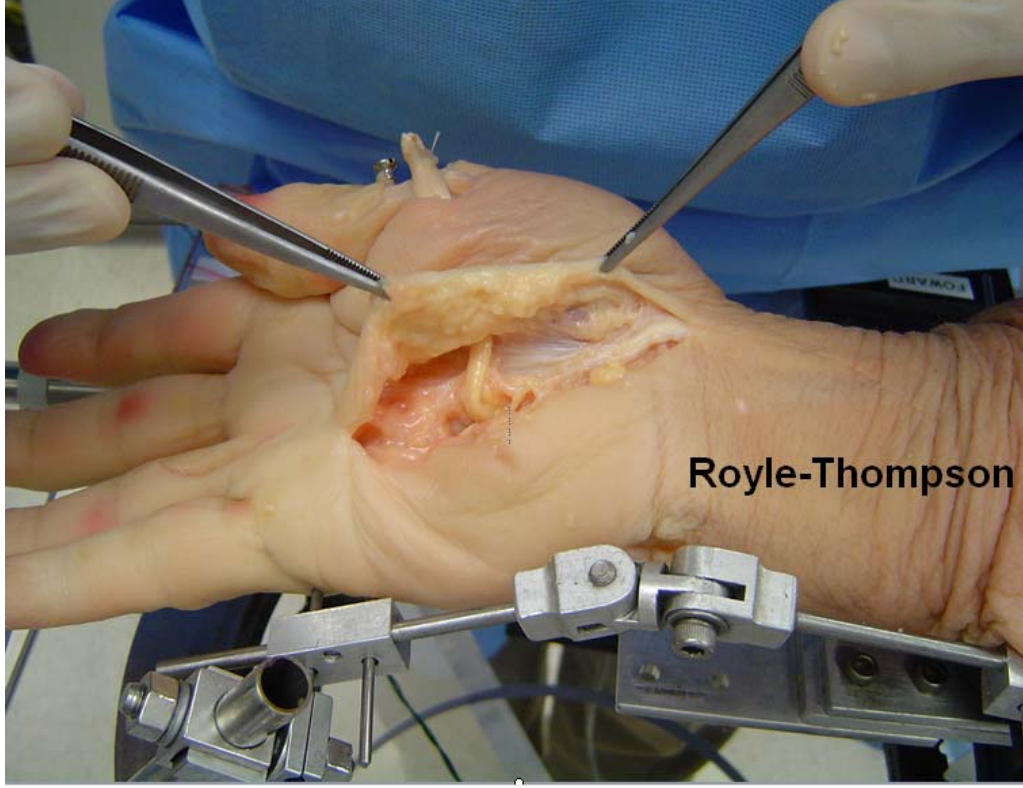
Şekil-14: 4. parmak FDS tendonun Guyon kanalından geçirilmesi. Ulnar arter ve sinir paketi oklar ile işaret edilmiş.

2- *FKU loop pulley (Bunnell-type pulley)*: FKU tendonun bir yarısından, tendonun psiforma yapışma yeri bütünüyle sağlam bırakacak tarzda, psiformun hemen 3 cm proksimalinden distal tabanlı tendon grefti hazırlandı (7) (Şekil-15). Loop şekline getirildi ve psiform kemik etrafındaki ligamanlara 4/0 prolene ile suture edilerek loop işlemi tamamlandı. FDS tendon bu loop içerisinden geçirildi ve subkutanöz palmar bir tünel oluşturulduktan sonra başparmağa transfer edildi ve F1 transdüöre bağlandı.



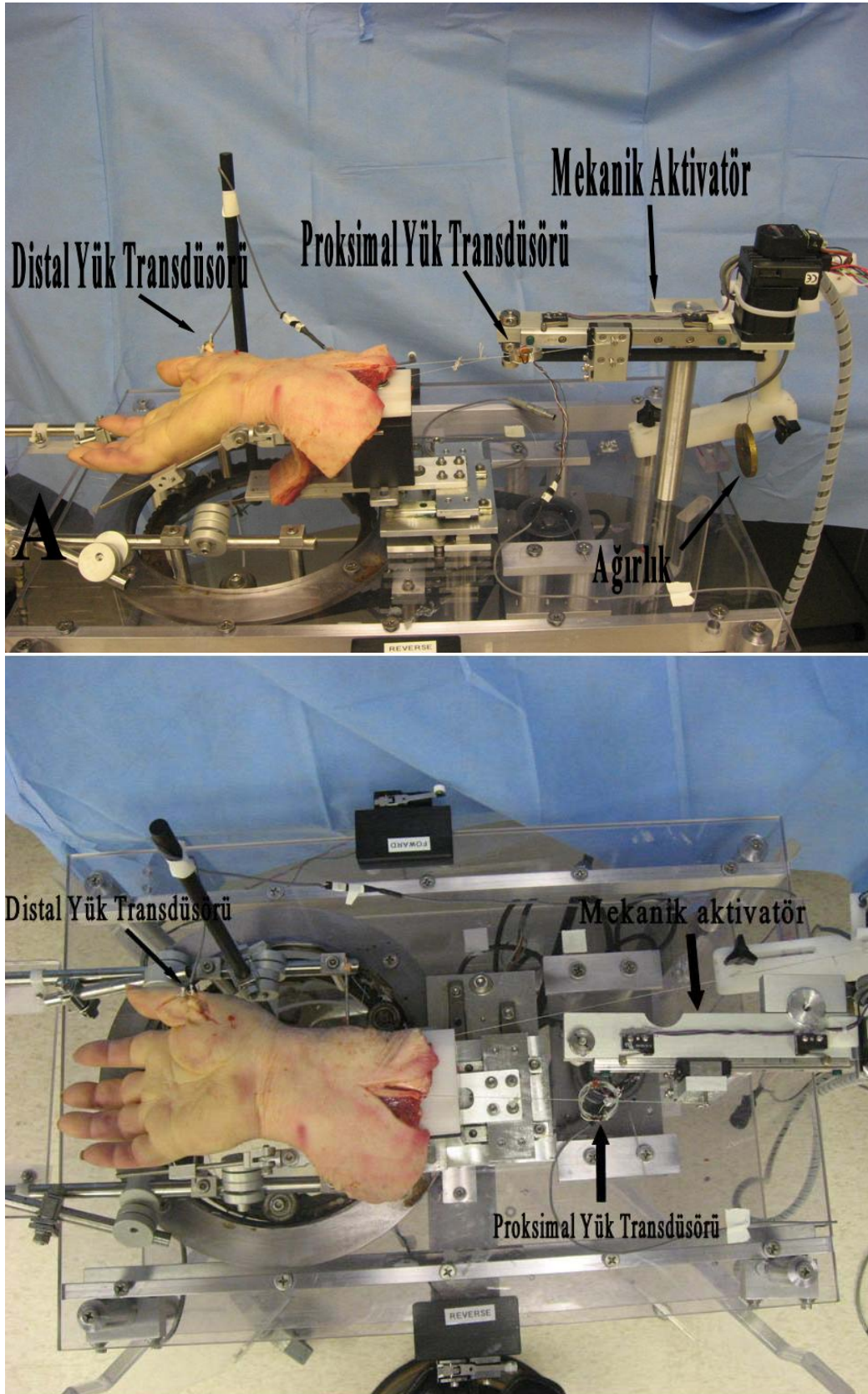
Şekil-15: FKU loop pulleyini oluşturmak için, tendonun bir yarısından, tendonun psiforma yapışma yeri bütünüyle sağlam bırakacak tarzda, psiformun hemen 3 cm proksimalinden hazırlanan distal tabanlı tendon grefti

3- *Royle-Thompson pulley*: Elin palmar bölgesine zig-zag şeklinde insiyon yapıldı. Palmar aponevrozun ulnar kenarı ile transvers volar karpal ligamanın distal kenarının birleşme yerinden yapışma yerinden serbestlenen FDS tendonu çekildi (12) (Şekil-16). Oluşturulan cilt altı bir tünel ile başparmağa transfer edildi. F1 transdüsrüne bağlandı.



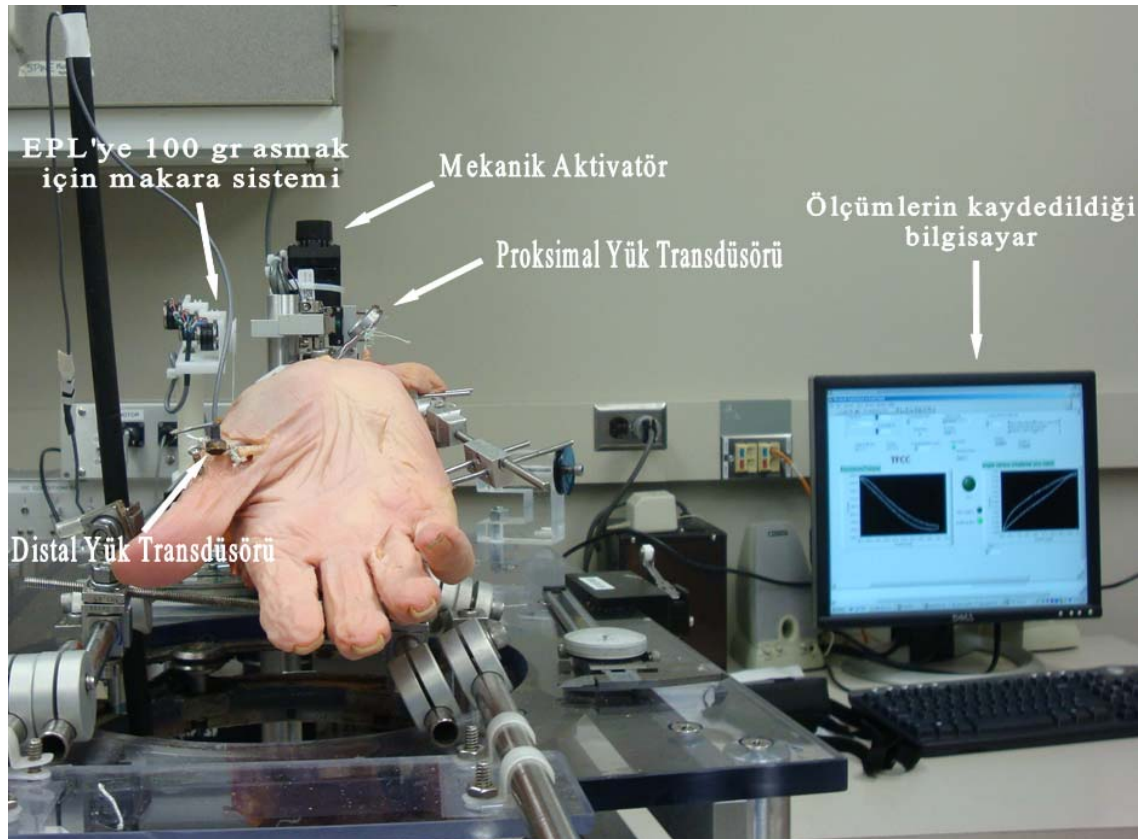
Şekil-16: FDS tendonun, palmar aponevrozun ulnar kenarı ile transvers volar karpal ligamanın distal kenarının kesişme yerinden başparmağa transferi.

FDS tendon transfer işlemi tamamlandıktan sonra tendonun proksimal serbest ucuna proksimal transdüör (F2) bağlandı ve test için gerekli düzenekler tamamlandı (Şekil-17a ve 17b).



Şekil-17: Test düzeneğinin özeti, A: Lateral görünümü, B: Süperior görünümü.

Transfer edilen FDS tendonunda ekskürsiyonlar her pulley için hesaplandı ve bilgisayara kaydedildi (Şekil-18). Kaydedilen bu değer, mekanik aktivatörün FDS tendonunu ne kadar çekeceği ve başparmağı ne kadar fleksiyona getireceğinin miktarı idi. Ekskürsiyon değerleri mekanik aktivatörü harekete geçirecek olan bilgisayar programına yüklendi. Mekanik aktivatör 2mm/sn hızında (6 derece/sn) EPL'ye asılan 100 gram yük ve kayma direncine karşı tendonu ekskürsiyon miktarında çekti ve bu hareket programda fleksiyon olarak kaydedildi. Daha sonra aktivatör ters yönde çalıştı ve 100 gr ağırlık tendonu distale doğru çekti ve hareket parmağın başladığı pozisyonda sonlandı. Bu hareket de programda ekstansiyon olarak kaydedildi. F1, F2'deki veriler 10 Hz'lik bir sıklıkta kaydedildi (yaklaşık 1mm'lik bir hareket sırasında 100 adet veri). Her pulley yerleşimi için 3 adet fleksiyon/ekstansiyon denemesi yapıldı. Hesaplamalarda, testin kurma (set-up) aşamasında mevcut olabilecek herhangi bir pozisyon etkisini oradan kaldırmayı sağlamak için ikinci ve üçüncü fleksiyon/ekstansiyon verileri kullanıldı.



Şekil-18: Test düzeneğinin karşıdan görünümü ve her bir oppozisyon hareketi esnasında değişen açılar ve ekskürsiyonlara göre bilgisayara kaydedilen kayma direnci ile ekskürsiyonların bilgisayar ekranında gösterilmesi

Her bir kadavra örneğinde transfer işlemi pulleylere göre random yapıldı ve FDS tendonun kayma dirençleri tüm pulleylerde ölçüldü.

Fonksiyonel değerlendirme için başparmak uç-orta noktası ile palmar bölgede 2. ve 5. metakarp başı işaretlendi. Hassas cetvel ile başparmak uç noktası ile bu iki nokta arası (2. ve 5. distal metakarp başı) arası ölçüldü. Bunlar sırayla palmar abdüksiyon ile oppozisyon olarak düşünüldü. Tüm ölçümler aynı kişi tarafından yapıldı.

3.2. İstatistik analiz

Tüm gruplar arasında kayma direncini ve fonksiyonel ölçümleri karşılaştırmak için “a repeated-measures ANOVA test” yöntemi kullanıldı. $p < 0.05$ olduğu durumda istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

Transfer edilen FDS tendonun ortalama ekskürsiyon değerleri Royle-Thompson, Guyon kanal ve FKU loop pulleyleri için sırayla 34.1, 38.4 ve 37.58 mm idi. Tendonun ortalama kayma dirençleri Royle-Thompson, Guyon kanal ve FKU loop pulleylerinde sırayla 129.83 (± 103.57), 59.44 (± 53.99) ve 45.37(± 42.03) (Tablo–2). En yüksek kayma dirençleri ise aynı pulley yerleşimlerinde sırayla 329.04 (± 236.28), 153.69(± 141.22) ve 98.10 (± 71.98). Royle-Thompson pulleyinde tendon kayma direnci diğer iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı olarak fazla bulundu ($p = 0.01$). Fakat Guyon kanal ile FKU loop pulleyleri arasında tendon kayma direncinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı ($p > 0.05$).

Tablo–2: Transfer edilen FDS tendonun her üç pulley yerleşimlerinde ortalama ve pik kayma dirençleri.

	Royle-Thompson	Guyon kanal	FKU loop
Ortalama KD	129.82(± 103.57) *	59.43(± 53.99)	45.37(± 42.03)
Pik KD	329.03(± 236.28) *	153.68(± 141.22)	98.10(± 71.98)

* Royle-Thompson ile diğer iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlılık var ($p < 0.05$).

KD: Kayma Direnci (Gliding Resistance)

Fonksiyonel değerlendirme sonucunda, başparmak pulpasının beşinci metakarp başına ortalama yaklaşması Royle-Thompson, Guyon kanal, FKU loop için sırayla; 61.12mm (± 13.37), 65 mm (16.81), 74.47 mm (16.95) (Tablo–3). Royle-Thompson ve Guyon kanal ile FKU loop pulley arasında ortalama yaklaşma değeri istatistiksel olarak anlamlı fark vardı ($p < 0.05$) (oppozisyon). Fakat Royle-Thompson ve Guyon kanal pulleyleri arasında anlamlı bir fark yoktu ($p > 0.05$).

Diğer taraftan başparmak pulpası ve ikinci distal metakarp başı arasındaki yaklaşma değerlerinde tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardı ($p < 0.05$) (palmar

abdüksiyon). Royle-Thompson, Guyon kanal ve FKU loop pulleyleri arasında bu yaklaşma değerleri sırayla 41.28mm (± 7.8), 50.3mm (8.7), 67.33mm idi (Şekil-19 ve 20)

Tablo-3: Tüm pulley yerleşimlerinde, fonksiyonel değerlendirme için başparmak pulpasının ikinci ve beşinci distal metakarp başına ortalama yaklaşma miktarları

	1* (mm)	2* (mm)
FCU loop	67.33(± 8.96) F	74.47(± 16.95) $\pm$
Guyon kanal	50.3(± 8.7) F	65(± 16.81)
Royle-Thompson	41.28 (± 7.8)F	61.12(± 13.37)

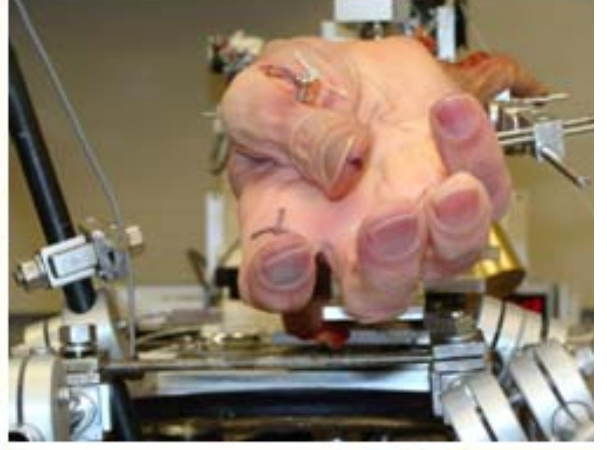
1*. Başparmak pulpası ile ikinci distal metakarp arasındaki mesafe (mm) (palmar abdüksiyon)

2*. Başparmak pulpası ile beşinci distal metakarp arasındaki mesafe (mm) (opposition)

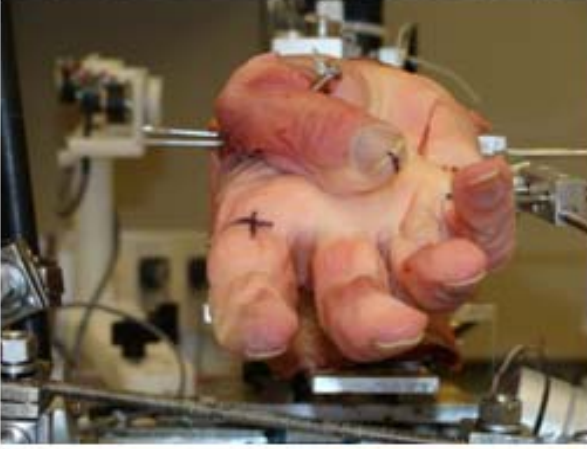
$\pm$ FKU loop ve diğer iki grup pulleyleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark ($p < 0.05$)

F tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark ($p < 0.05$)

Royle-Thompson



Guyon kanal



FCU



1

2

Şekil-19: Fonksiyonel değerlendirme için birinci parmak pulpası ile ikinci ve beşinci metakarp başı arasındaki mesafelerin karşılaştırılması

Royle-Thompson



Guyon kanal



FCU



3

4

Şekil-20: Fonksiyonel değerlendirme için birinci parmak pulpası ile ikinci ve beşinci metakarp başları arasındaki mesafelerin karşılaştırılması

5. TARTIŞMA

Median sinir yaralanmaları sonrası elin fonksiyonlarını iyileştirmek için tendon transferi endikasyonu vardır. Çünkü etkilenen en önemli yapı başparmaktır ve başparmak el fonksiyonlarının %50'ini sağlar (34). Başparmağın oppozisyon hareketi ise elin en eşsiz hareketidir. Bunnell başparmak oppozisyonunu başparmak pulpasının diğer parmak pulpalarına doğru dönmesi ve başparmak tırnağının elin palmar yüzeyine doğru paralel olması olarak ifade etmekte ve oppozisyonu KMK ve MKF eklemlerde meydana gelen rotasyon ve angulasyonun kombinasyonu olarak tanımlamaktadır (7). Cooney başparmak KMK ve MKF eklemin abduksiyon, fleksiyon ve rotasyonu olarak bildirmektedir (9). Duchenne çalışmasında; oppozisyonun tenar kaslar olan APB, FPB ve opponens pollicis kaslarının kombine hareketi ile olduğu sonucuna varmıştır (24). Başparmak fonksiyonunu yeniden kazandırmak için genel olarak dikkat edilmesi gereken ve kabul edilen 3 faktör vardır; pulley lokalizasyonu, transfer edilecek kas veya tendonun seçimi ve transfer sonrası yapışma yeri (insertion site).

Bunnell ve Cooney, psiform bölgesine lokalize pulleylerin tenar kasların gerekli hareket yönünü restore edeceğini ve başparmak hareketlerini abduksiyon planda, fleksiyon planda veya kombine abduksiyon-fleksiyon planda parmağın fonksiyon kayıp derecesine bağlı olarak sağlayabileceğini bildirmişlerdir (2, 7). Ayrıca Cooney distal median sinir felci durumlarında transfer için pulley olarak psiform bölgesi başparmak abduksiyon ve oppozisyon için yeterli hareket yönünü sağlayacağını da bildirmektedir. Öte yandan median sinir felcinin ulnar sinir felci ile kombine olduğu durumlarda diğer ekstrinsik kasların felci ve başparmağın fleksiyon gücünde kayıp da vardır. Bu yüzden pulley yerleşimi olarak psiformun distalinde planlanacak olan pulleylerin başparmağa fleksiyon planda diğer parmaklara karşı çimdikleme ve kavrama için daha fazla potansiyel güç oluşturacağını da vurgulamaktadır.

İnvitro yapılan tüm çalışmalarda, klinik bir durumun test ortamında ve düzeneğin de gösterilmesiyle ya da benzetilmesi ile ilgili yapılan tüm girişimlerde birçok engeller vardır. Çalışmamızda bu açıdan birçok sınırlamalar vardı. Yara iyileşmesi sonrası oluşan yara skarını test düzeneğinde simüle edilemediğinden dolayı, transfer edilen tendonda ne kadar bir kayma direnci yapabileceği konusu belirsizdi. Ayrıca FPL ve EPB gibi kayma direncini etkileyebilecek diğer başparmak kaslarının etkisi de tespit edilemedi. Çalışmadaki diğer önemli bir sınırlama Guyon kanalından transfer edilen tendonun ulnar sinir basısıyla ilgili semptomlar ölçülemedi. Bununla birlikte önemli bir faktör kayma direnci üzerinde kritik bir öneme sahip tendonun fizyolojik lubrikasyonu sağlayan sinoviyal sıvıdır. Bu sıvının tendonun kayma direnci üzerinde bir etkiye sahip olsa dahi, bu etki sonuçları etkileyebilecek kadar güçlü değildir (35). Buna rağmen tekrarlayan ölçümler arasında, transfer edilen tendon serum fizyolojik sprey ile nemlendirilerek bu engel minimize edilmeye çalışıldı. Ayrıca tekrarlayan test sırasında tendonda oluşabilecek abrazyonların ve laserasyonların kayma direnci üzerindeki etkisini en aza indirmek için, spesmenler arasında test sırası random olarak değiştirildi ve her pulleyde testler ardı ardına 3 kez tekrarlandı.

Biyomekanik çalışmamız gücünü; aktif hareket sırasında transfer edilen tendondaki kayma direncinin direkt olarak ölçülmesinden ve oppozisyon transferinde en sık kullanılan 3 farklı pulley yerleşimindeki fonksiyonel sonuçların analiz edilmesinden almaktadır. Opponensplasti onarımı için yapılan tendon transferlerinin, kayma dirençlerini inceleyen ve sayısal olarak kaydeden çalışmamız, ulaşabildiğimiz kadarıyla literatürde yapılan ilk çalışmadır. Bununla birlikte Donald ve arkadaşları, opponensplasti rekonstrüksiyonu için transfer edilen tendondaki aktarılan gücü (transmitted force) çalışmış (10) ve Guyon kanal ve Royle-Thompson pulleylerinin en az “transmitted force” ürettiğini bildirmişlerdir. Fakat çalışmalarında, mevcut total “transmitted force” ölçümlerine, fleksiyondaki başparmakta sadece tendon ya da pulleyin izole kayma dirençlerini değil, ilave olarak eklem sertliğinden,

yumuşak dokudan kaynaklanan direnç, başparmağın yerçekimine karşı olan gücünden kaynaklanan direnç ve ekstensör diğer muhtemel antagonist dirençler de dahil edilmiştir. Bu da izole tendon kayma direnci hakkında sağlıklı bilgi sağlayamamıştır. Oysa çalışmamızdan elde edilen sonuçlara göre FKU loop ve Guyon kanal pulleylerinden transfer edilen tendonun ürettiği kayma direnci Royle-Thompson pulleyinde üretilenden istatistiksel olarak anlamlı düşüktü.

Öte yandan palmar abdüksiyon veya başparmak pulpası ile ikinci metakarp başı arasındaki mesafe, FKU loop pulleyinde hepsinden fazla iken Guyon kanal orta, Royle-Thompson pulley ise en az idi ve tüm gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardı. Bu sonuçlar transfer edilen tendonun hareket vektörü ve kuvvet kolu ile yakından ilişkilidir. Yani çekme hattı veya kuvvet vektörü FKU loop pulley gibi daha proksimale doğru yerleşen pulleyler daha fazla palmar abdüksiyon sağlar fakat başparmağı beşinci metakarp başına yaklaştırması ise daha yetersizdir. Guyon kanal veya Royle-Thompson pulleyleri gibi daha distal yerleşimli pulleylerde ise başparmak ve 5.parmak metakarp başına daha fazla yaklaşır, fakat daha az palmar abdüksiyon elde edilir.

Guyon kanal pulleyi klinik olarak Richard ve arkadaşları tarafından başparmak opponensplastik rekonstrüksiyonunda kullanılmıştır. Retrospektif olan çalışmalarında etiyojisi lepra olan 115 vakada ve paralize tenar kasları olan 137 eli çalışmaya dahil edilmiştir (13). Donör tendon olarak 4. parmak FDS tendonu, pulley yerleşimi olarak Guyon kanalı kullanılmış olan çalışmada, her ne kadar ana vurgu opponensplastik değerlendirilmesi olsa da %89 oranında mükemmel ve iyi sonuçlar bildirilmiştir. Fakat daha da önemlisi ulnar sinir kompresyonu gibi Guyon kanalı kullanımıyla ilişkili herhangi bir komplikasyon bildirilmemiştir.

6. SONUÇ

Başparmak oppozisyon rekonstrüksiyonu için ideal teknik arayışlar halen sürmektedir. Çalışmamız, hastanın bireysel gereksinimleri de dikkate alındığında, pulley yerleşimlerinin modifiye edilebileceği ve başparmak opponensplastideki etkinliği hakkındaki yapılan çalışmaları desteklemektedir (2, 13). Bununla beraber, daha distal yerleşimli pulleyler başparmak pulpası ve 5. distal metakarp başı arasını daha fazla yaklaştırır fakat daha az palmar abdüksiyon sağlar. Çalışmamızda Royle-Thompson pulleyi en fazla kayma direnci üretmiştir. Guyon kanal pulleyi ve FKU loop pulleyleri ise daha az kayma direnci sahiptir. Ancak Guyon kanal pulleyi daha fazla fonksiyonel sonuç sağlamıştır. Sonuç olarak, oppozisyon için tendon transferinde, pulley yerleşimi olarak Guyon kanal kullanımı uygundur. Ancak FKU loop pulleyinin seçilmiş vakalarda kullanımı diğer pulley yerleşimleri ile kıyaslandığında anlamlı miktarda palmar abdüksiyon sağladığı da gösterilmiştir.

6. KAYNAKLAR

1. Cooney, W.P., 3rd, et al., The kinesiology of the thumb trapeziometacarpal joint. J Bone Joint Surg Am, 1981. 63(9):1371-81.
2. Cooney WP, Linscheid RL, An KN. An, Opposition of the thumb: an anatomic and biomechanical study of tendon transfers. J Hand Surg [Am], 1984. 9(6):777-86.
3. Jacobs B, T.T., Opposition of the thumb and its restoration. J Bone Joint Surg Am, 1960(42A):1015-1026.
4. Bunnell, S., Surgery of the Hand. 1956, J.B. Lipincott Co: Philadelphia.: 576-584.
5. Camitz, H.U., ber die Behandlung der Oppositionslähmung. Acta Chir Scand, 1929. 65:77- 81.
6. Royle, N., An operation for paralysis of the intrinsic muscles of the thumb. JAMA, 1938. 111:612- 613.
7. Bunnell, S., Opposition of the thumb. J Bone Joint Surg Am, 1938. 20: 269 -284.
8. Brand, P.W., Tendon transfers for median and ulnar nerve paralysis. Orthop Clin North Am, 1970. 1(2):447-54.
9. Cooney, W.P., Tendon transfer for median nerve palsy. Hand Clin, 1988. 4(2):155-65.
10. Lee DH, Oakes JE, Ferlic RJ., Tendon transfers for thumb opposition: a biomechanical study of pulley location and two insertion sites. J Hand Surg [Am], 2003. 28(6):1002-8.
11. Snow JW, Fink GH. Use of a transverse carpal ligament window for the pulley in tendon transfers for median nerve palsy. Plast Reconstr Surg, 1971. 48(3):238-40.
12. Thompson, T., A modified operation for opponens paralysis. J Bone Joint Surg Am, 1942. 24:632-640.
13. Schwarz, R.J. and M. Macdonald, Assessment of results of opponensplasty. J Hand Surg [Br], 2003. 28(6):593-6.

14. Sane SB, Kulkarni VN, Mehta JM. Restoration of abduction-opposition in paralysed thumb in leprosy. *Indian J Lepr*, 1997. 69:83–92.
15. Uchiyama S, Coert JH, Berglund L, Amadio PC, An KN. Method for the measurement of friction between tendon and pulley. *J Orthop Res*, 1995. 13:83–89.
16. An KN, Berglund L, Uchiyama S, Coert JH. Measurement of friction between pulley and flexor tendon. *Biomed Sci Instrum*, 1993. 29:1-7.
17. James R, K.G., Balian G, Chhabra AB., Tendon: biology, biomechanics, repair, growth factors, and evolving treatment options. *J Hand Surg [Am]*, 2008. 33(1):102-12.
18. Tanaka T, Amadio PC, Zhao C, Zobitz ME, An KN., Gliding resistance versus work of flexion--two methods to assess flexor tendon repair. 1: *J Orthop Res.*, 2003. Sep;21(5):813-8.
19. Edstrom LE. Anatomy of the hand. In: Weinzwieg J, editor. *Plastic Surgery Secrets*. Philadelphia. Hanley&Befus, Inc. 1999:444–450.
20. Eversmann WW. Entrapment of Compression Neurapathies. In: Green DP, editor. *Operative Hand Surgery*. Second edition, Churchill Livingstone Inc. 1988: 1423–1478.
21. Wagner WF, Strickland JW. Flexor Tendon Injuries. In: Weinzwieg J, editor. *Plastic Surgery Secrets*. Philadelphia. Hanley&Befus, Inc. 1999:484–490.
22. Richards AM: Key Notes on Plastic Surgery. Blackwell Science Ltd (Oxford, UK);2002:36–37.
23. Kozin SH. Anatomy of the recurrent motor branch of the median nerve. *J Hand Surg [Am]*. 1998;23.852–8.
24. Duchenne, G. B. A.: *Physiology of Motion Demonstrated by Means of Electrical Stimulation and Clinical Observation and Applied to the Study of Paralysis and Deformities*. Translated and edited by E.B. Kaplan. Philadelphia, W.B. Saunders Co. 1959: 162-181.
25. Steindler Arthur: *Kinesiology of the Human Body Under Normal and Pathological Conditions*. Springfield, Charles C. Thomas, 1955.

26. Curtis RM. Opposition of the thumb. *Orthop Clin North Am.* 1974;5:305–21.
27. Littler JW. Tendon Transfers and arthrodesis in combined median and ulnar nerve paralysis. *J Bone Joint Surg Am.* 1949; 31:225–34.
28. Burkhalter W, Christensen RC, Brown P. Extensor indicis proprius opponensplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 1973;55:725–32.
29. Schneider LH. Opponensplasty using the extensor digiti minimi. *J Bone Joint Surg Am.* 1969;51:1297–302.
30. Riley WB, Mann RJ, Burkhalter WE. Extensor pollicis longus opponensplasty. *J Hand Surg [Am].* 1980;5A:217–20.
31. Kessler I. Transfer of extensor carpi ulnaris to tendon of extensor pollicis brevis for opponensplasty. *J Bone Joint Surg AM.* 1969;51:1303–8.
32. Scott H. Kozin. Tendon transfers for radial and median nerve palsies. *J Hand Ther.* 2005;18:208–215.
33. Zhao C, Amadio PC, Zobitz ME, An KN. Gliding characteristics of tendon repair in canine flexor digitorum profundus tendons. *J Orthop Res.* 2001. 19(4):580-6.
34. Terrono, A., L. Millender, and E. Nalebuff, Boutonniere rheumatoid thumb deformity. *J Hand Surg [Am],* 1990. 15(6):999-1003.
35. Uchiyama S, Amadio PC, Ishikawa J, An KN., Boundary lubrication between the tendon and the pulley in the finger. *J Bone Joint Surg [Am],* 1997. 79:213-8.