



**T.C.  
MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ  
PLASTİK, REKONSTRÜKTİF ve ESTETİK  
CERRAHİ ANABİLİM DALI**

**TENDON GREFTİ UYGULAMALARINDA  
YENİ BİR YÖNTEM**

**Dr. Mehmet GÜŞEN  
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN  
Doç. Dr. Yavuz BAŞTERZİ**

**MERSİN-2013**



**T.C.  
MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ  
PLASTİK, REKONSTRÜKTİF ve ESTETİK  
CERRAHİ ANABİLİM DALI**

**TENDON GREFTİ UYGULAMALARINDA  
YENİ BİR YÖNTEM**

**Dr. Mehmet GÜŞEN  
UZMANLIK TEZİ**

**DANIŞMAN  
Doç. Dr. Yavuz BAŞTERZİ**

**Bu tez, BAP-TF CTB (MG) 2012-5 TU kodlu proje olarak Mersin Üniversitesi  
Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir**

**MERSİN-2013**

## TEŞEKKÜR

Başta bu tezin planlanması ve sürdürülmesinde tecrübelerinden ve bilgilerinden faydalandığım değerli hocam ve tez danışmanım **Doç. Dr. Yavuz BAŞTERZİ**'ye Plastik, Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi asistanlığım süresince her konuda yardım aldığım ve bana bu mesleği öğreten Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Plastik, Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi Anabilim Dalının değerli öğretim üyeleri hocalarım **Prof. Dr. Şakir ÜNAL**, **Doç. Dr. Alper SARI** ve eğitimimin ilk üç yıllık döneminde birlikte çalışma fırsatım olan hocam **Prof. Dr. Ferit DEMİRKAN**'a sonsuz teşekkür borçluyum.

Kliniğimizde birlikte çalıştığım doktor arkadaşlarım **Dr. Volkan BEDEN**, **Dr. Atilla FESLİ**, **Dr. Tolga YENER**, **Dr. Niyazi ŞİMDİVAR**, **Dr. Selahattin ASLAN**, **Dr. Vasfi ÇELİK**, **Dr. Abdülcebbar SİYER**, **Dr. Berkant TUNÇ** ve **Dr. Onur SERİN** başta olmak üzere desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen poliklinik hemşirelerimiz **Serap RANDA**, **Yıldız ÖZFIRAT**, **Hatice Gülderen AKTAŞ** ve ameliyathane hemşiremiz **İlkay GÖK**'e teşekkür ederim.

Tezimin histolojik kısmının değerlendirmesini yapan **Doç. Dr. Necat YILMAZ** ve **Arş. Görv. Dr. Mustafa YILMAZ**'a, biyomekanik değerlendirmelerdeki katkılarından dolayı **Prof. Dr. Nurten ERDAL** ve özellikle **Arş. Görv. Dr. Çoşar UZUN**'a, istatistiksel analiz kısmındaki katkılarından dolayı **Doç. Dr. Bahar TAŞDELEN**'e içtenlikle teşekkür ederim.

Büyük fedakarlıklarla beni bu günlere ulaştıran annem **Hatice GÜŞEN** ve rahmetli babam **Süleyman GÜŞEN**'e son olarak da desteğini benden hiç esirgemeyen sevgili eşim **Ayşe GÜŞEN** ile motivasyon kaynağım kızım **Masal**'a sevgilerimi sunarım.

**Dr. Mehmet GÜŞEN**

**Mersin - 2013**

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
<b>ÖZET</b>	5
<b>İNGİLİZCE ÖZET</b>	6
<b>I.GİRİŞ VE AMAÇ</b>	7
<b>II.GENEL BİLGİLER</b>	8
<b>II. 1 Tarihçe</b>	8
<b>II. 2 Tendon Yapısı ve Histolojisi</b>	11
<b>II. 3 Tendon Anatomisi</b>	14
<b>II. 4 Tendon Beslenmesi</b>	21
<b>II. 5 Tendon Biyomekaniği</b>	23
<b>II. 6 Tendon İyileşme Evreleri</b>	28
<b>II. 7 Tendon Yaralanmaları ve Tedavisi</b>	32
<b>II. 8 Tendon Yaralanmalarında Rehabilitasyon</b>	35
<b>II. 9 Sonuçların Değerlendirilmesi</b>	36
<b>II. 10 Komplikasyonlar</b>	37
<b>II. 11 Tendon Rekonstrüksiyonu ve Tendon Grefti</b>	38
<b>II. 12 Deney Modeli Anatomisine Kısa Bakış</b>	42
<b>III.GEREÇ ve YÖNTEMLER</b>	44
<b>IV.BULGULAR</b>	51
<b>V.TARTIŞMA</b>	60
<b>VI.SONUÇ VE ÖNERİLER</b>	69
<b>VII.KAYNAKLAR</b>	71
<b>VIII.SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b>	84
<b>IX.ŞEKİLLER VE RESİMLER DİZİNİ</b>	87
<b>X.TABLolar DİZİNİ</b>	88

## ÖZET

Fleksör tendon yaralanmaları muayenesi, ameliyatı ve rehabilitasyon dönemleri dahil olmak üzere dikkatli ve titiz yaklaşımlar gerektirir. Gerginliğin söz konusu olduğu primer onarımlarda ve geç rekonstrüksiyonlarda tendon grefti kullanılarak onarım yapılır. Köprü tendon greftleri distal ve proksimal uçta sütürasyon için sağlam tendon dokusunun bulunduğu segmental greft uygulamaları için kullanılan bir terminolojidir. Primer onarımla ilgili çok sayıda sütür tekniği tanımlanmış ve bunların kıyaslanması ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Köprü tendon greftlerinin uygulamaları açısından ise yapılan çalışmalar çok az sayıdadır.

“Köprü tendon grefti” uygulama teknikleri ile ilgili mekanik stresin avasküler tendon greftinden distal ve proksimaldeki vasküler uçlara aktarıldığı, tendon greftinin içinden geçen standart Kessler tekniğini tanımladık. Çalışmamızın amacı yükün vasküler segmentlerde kalmasını sağlayan yeni bir teknik tanımlamak ve bu teknikle, avasküler segmentlerde de yüklenmenin olduğu klasik yöntemi kıyaslamaktır.

Bu çalışma Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Deney Hayvanları Yetiştirme ve Araştırma Laboratuvarı'nda Ağustos 2012-Ekim 2012 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, Wistar albino tipi 44 adet erişkin dişi sıçan kullanılmıştır. 22'şer aşil tendonunun yer aldığı toplam 3 grup oluşturulmuştur. Gruplardan birincisi sham grubu, ikincisi klasik Kessler yöntemiyle distal ve proksimal kısımların ayrı ayrı sütüre edildiği kontrol grubu, üçüncüsü ise yeni tanımladığımız teknik ile onarımın yapıldığı çalışma grubu olarak tanımlanmıştır. Yirmi sekiz günlük takip sonrası denekler sakrifiye edilerek örnekler yapışıklık, iyileşme açısından histolojik ve biyomekanik olarak karşılaştırıldı. Biyomekanik açıdan depo enerji, sertlik, kopma kuvveti, maksimum deformasyon, young modulu, dayanıklılık, maksimum stress, maksimum gerilme değişkenleri bakımından eski yöntem ve yeni yöntem uygulanan gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamadı (her bir değişken için  $p>0.05$ ). 2 ve 3. gruplar iyileşme ve yapışıklık açısından karşılaştırıldı ve her iki grup arasında istatistiksel olarak hem iyileşme ( $p=0.66$ ) hem de yapışıklık ( $p= 0.63$ ) açısından her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamadı.

**Anahtar kelimeler:** Biyomekanik ölçüm, Tendon grefti, Yapışıklık, Yeni teknik

## **ABSTRACT**

### **A new technique for tendon graft application**

In the management of flexor tendon injuries the examination, operation and rehabilitation steps necessitate meticulous approaches. In primary reconstructions with undue tension and in late reconstructions the tendon grafts are the treatment choice. A “bridge tendon graft” is defined as the segmental tendon applied between a healthy distal and proximal tendon stump. Various suturing techniques concerning primary tendon repair have been reported. While numerous articles can be found in the literature comparing these techniques, only a limited number of studies are present about “bridge tendon graft” applications.

This presentation was studied at Mersin University of Animal Research Center between the date of August 2012 to October 2012. We defined a new “bridge tendon grafting technique” in which the mechanical stress is shifted from the avascular graft segment to the vascular distal and proximal tendon stumps via the application of a modified Kessler’s suture that passes within the graft. We aimed to compare the classical bridge tendon grafting technique, in which the tensional stress is maintained primarily on the avascular graft, with our contemporary bridging technique.

Forty four adult female Wistar albino rats were divided into three groups to contain 22 tendons per each group. While Group 1 was kept as sham, in Group 2 the tendon grafts were sutured to the distal and proximal stumps separately with Kessler’s sutures, and in Group 3 the tendon grafts were repaired due to our new technique. After a 28-day followup the rats were sacrificed and the tendons were obtained for biomechanical and histological evaluations. When groups 2 and 3 were compared by biomechanical tests, no difference between them was found statistically in terms of stored energy, stiffness, breaking strength, maximal deformability, young module, durability, maximal stress maximal stretch parameters ( $p>0.05$ ). When groups 2 and 3 were compared histologically no statistically significant difference was found neither in terms of healing ( $p=0.66$ ), nor adhesions ( $p=63$ ).

**Keywords:** Adhesion, Biomechanical tests, Tendon graft, New technic.

## GİRİŞ VE AMAÇ

Fleksör tendon yaralanmaları hem hasta, hem cerrah, hem de fizyoterapist açısından zor bir durumdur. Önemli olan nokta, onarım sonrası tatmin edici parmak fonksiyonunun geri kazanılmasıdır. Onarımlar zamana göre primer, gecikmiş primer, erken ve geç sekonder olarak sınıflandırılır. Onarımın zamanını belirleyen birçok faktör vardır. Fleksör tendon onarımları ideal koşullar sağlandığında gerçekleştirilmelidir. Uygun olmayan koşullarda yapılan bir primer onarım, başarısızlıkla sonuçlanır ve parmak fonksiyonunda yetersizliğe neden olur.

Tendon greftlerinin fleksör tendon yaralanmalarında ilk kullanımı 20.yüzyılın başlarına uzanırken, özellikle 1950'li yıllarda tendon greftinin, primer onarıma üstün olduğu görüşü hakim olduğu için popüleritesi artmıştır. Fakat Kleinert ve Verdan gibi dönemin cerrahların primer onarılan fleksör tendonlar ile ilgili iyi sonuçlarını yayınlamaları üzerine yaklaşım değişmiştir. Günümüzde tendon greftlerine geçikmiş primer onarımda, tendon defektinin olduğu primer onarımda ve sekonder onarımlarda ihtiyaç duyulur. Amaç tendonun optimum düzeyde gerginlikle onarılmasıdır.

Tendonların primer onarımları açısından birçok farklı teknikle ilgili çalışmalar yapılmıştır. Tüm bu çalışmaların amacı rüptür riskini en aza indirecek azami dayanım gücü sağlamak, bunun yanında yapışıklık oluşumunu en aza indirmektir. Tendon greftleri ile ilgili yapılmış çok fazla çalışma yoktur. Oysaki tendon greftleri avasküler yapılardır ve normal tendon iyileşmesinden farklı olarak suture hatlarının dışında merkez kısmında revaskülarize olması gerekmektedir.

Köprü tendon greftlerinin uygulanmasında distal ve proksimal uçların ayrı olarak onarıldığı klasik yöntemlerde gerginlik avasküler greft üzerine de gelmektedir. Çalışmamızda grefti longitudinal olarak geçen ve düğümün distal ve proksimal vasküler tendon parçalarda oturduğu, böylece avasküler tendon grefti üzerine yük bindirmeyen bir teknik tanımladık ve bu yeni yöntemle klasik tekniği biyomekanik ve histolojik olarak karşılaştırmayı amaçladık.

## GENEL BİLGİLER

### Tarihçe

“Tendon” latince yaymak, uzatmak, germek anlamlarına gelen “tendere” kelimesi ile Grekçe sıkıca gergin bant anlamına gelen “tenon” kelimelerinden köken almıştır<sup>1</sup>. Anatomide ise kasların uç kısımlarının kemiklere, kıkırdak dokusuna ya da bağlara tutunmasını sağlayan fibröz yapılara tendon adı verilir<sup>2</sup>.

Tendon yaralanmalarına modern yaklaşımlar ilk yüzyıldan bu yana süregelen çalışmaların birikimi ile oluşmuştur. Bu geçen süreçte de yaklaşım açısından birkaç kez değişim göstermiştir. Milattan sonra ikinci yüzyılda yaşayan ve gladyöterlerin cerrahı olarak bilinen Galen (131-201) tendonun sinir ve bağın bir birleşimi olduğuna, sinirin kasa girip beyaz bir kiriş olarak sonlandığına inanıyordu. Galen “Ars Parva” adlı eserinde bu yapıların onarıldığı zaman ağrı ve kasılmalara yol açacağını belirterek böyle bir işlemde kaçınılması gerektiğini savunmuştur<sup>3</sup>. Bu varsayımın doğru olduğunu düşünen diğer araştırmacılar Galen’in yanlış bir şekilde hatalı anatomik gözlemini uzunca süre desteklemişler ve Galen’in tendonların onarılmaması gerektiği ile ilgili uyarılarını uzun süre dikkate almışlardır. Galen, çok sayıda eseri Arapça’ya ve Latince’ye çevrilmiş olan bir yazardı ve tıbbi kavramlar ve uygulamalar üzerindeki etkisi 1500 yıldan daha uzun süre derin bir etki yaratmıştır<sup>4,5</sup>.

11. yüzyılda yaşamış olan büyük hekim ve filozof İbn-i Sina veya Latince okunuşuyla Avicenna (980-1037) tendonların tamir edileceğini savunan ilk cerrah olarak bilinir. İbn-i Sina’nın tendon onarımı ile ilgili kavramları 14. ve 16. yüzyılda birçok avrupalı cerrah tarafından kabul edilmiştir. Ancak 1772 yılında İsviçreli araştırmacı Albert von Haller’in (1708-1777) tendonların ağrıya hassas olmadığı sonucuna vardığı ve yayınladığı çalışmayla tendon onarımı uygulamaları yaygınlaşmıştır<sup>3</sup>. Fransız bilim akademisi von Haller’in çalışmasını kabul etmiş ve akademi için uygulanacak cerrahi prosedür olarak onaylamıştır<sup>6</sup>.

1767 yılında, John Hunter tendon iyileşme sürecini araştıran ilk deneysel çalışmayı yapmış ve kemik iyileşmesinde görülene benzer kallus oluşumuyla köpek aşil tendon iyileşmesini göstermiştir. Bundan sonraki süreçte yapılan çalışmalar öncelikle aşil ve diğer paratenonla çevrili tendonlarda uygulanmıştır ve özellikle sinovyal parmak kılıfı içinde yer alan fleksör tendonlar dikkate alınmamıştır<sup>5</sup>. Syme 1850’lerde İngiltereden tendon onarımıyla ilgili birkaç mükemmel sonuç bildirmiştir<sup>6</sup>.



Gluck 1881 de aşıl tendonu ile beraber gastroknemius kasını bir tavuktan diğerine transplante ederek bu konuyla ilgili ilk hayvan modelini oluşturmuş ve aşıl tendonu 40. günde fonksiyonel etki gösterir duruma gelmiştir. Klinik alışmalar çok yavaş ilerlemektedir. 1882 de bir başka Alman doktor Heuck birinci parmak uzun ekstensör tendonunu onarırken kaza ile tendonun bir kısmını kesmiş ve anında greft olarak yerine sütüre etmiş ve iyi netice elde etmiştir. 1886 da Peyrot 4 cm lik tendon grefti kullanarak köpek ile hayvan çalışması gerçekleştirmiş, sonuçları mkemmelenmasa da yeterli sonuçlar elde etmiştir. 1887 de Monod benzer çalışmayı tavşan modelinde uygulamıştır<sup>6</sup>.

Bazı kötü sonuçlar, tartışmalara ve daha fazla deneysel çalışma yapılmasına yol açmıştır ve kılıfı içindeki fleksör tendon iyileşmesine özgü alışmalar XX. yüzyılda başlamıştır. 1910 yılında Konrad Biesalski (1868-1030) yapışıklık oluşumunu engellemek için dijital kılıfın korunması gerektiğini ve 1912 yılında Erich Lexer tendonun dikkatli bir şekilde tamir edilmesi ve cerrahiden 6 gün sonra erken hareketin başlanması ile yapışıklığın engellenebileceğini bildirmiştir. Biesalskinin alışması ve bulguları modern fleksör tendon greft cerrahisinin habercisi niteliğinde olmuştur. Biesalski paralitik tendonlardan aldığı otolog kılıfları kullanarak adezyon problemini engellemeyi başarmıştır<sup>6</sup>. Erich Lexer 1912 de serbest tendon grefti ile onarım sonrası rüptür, geç laserasyon ve iskemik kontraktürü olan ve serbest tendon grefti ile tendon onarımı yaptığı 10 vakalık serisini sunmuştur<sup>6</sup>. Lexer tendon greft donor olarak palmaris longusu önermiş ayrıca başparmak ekstansrlerini de kullanmıştır. 1916 yılında Leo Mayer, günümüz tendon cerrahisinin temeli sayılan çalışmaları yapmıştır. Cerrahi sonrası rehabilitasyonun ana hatlarını çizmiş ve tendonların kan damarları ile tendon kılıfları hakkında ayrıntılı anatomik incelemelerinin sonuçlarını bildirmiştir<sup>4-5-6</sup>.

Bunnell<sup>7,8</sup> ve John H. Garlock<sup>9</sup>, fleksör tendon yaralanma bölgesindeki kısıtlayıcı yapışıklığın klinik oluşumunu tanımlamışlardır. Sterling Bunnell, fleksör tendonun parmak kılıfı içinden geçtiği bu bölgeyi XIV. yüzyılda Londra şehri dışında idamlar için kullanılan alanın yerini tanımlamakta kullanılan “No Man’s Land” olarak isimlendirmiştir. Aynı zamanda Sterling Bunnell, parmak kılıfı içinde yer alan bu bölgede tendon onarımları yaparken dikkatli olunması gerektiğini gtlemiştir. Joseph H. Boyes’in kişisel bilgisine göre; Sterling Bunnell, bu bölgeyi tanımlamak için “No Man’s Land” (hiç kimsenin bölgesi) terimini 1934’den daha erken bir dönemde kullanmıştır<sup>3</sup>. Ancak bu terimin tıp literatüründe ilk kez “Surgery of Hand”<sup>10</sup> dergisinin

1948 yılında yayınlanan ikinci baskısında yer aldığı görülmektedir. Sterling Bunnell, parmak kılıfı içindeki fleksör tendon onarımını gerçekleştirmek için olmazsa olmaz koşulların ana hatlarını sıralamıştır. Bunlar; paslanmaz çelik dikiş kullanımı, sadece derin tendonun tamir edilmesi ve onarılan tendondan dikişin güçlü kasılma sonrası ayrılmasını engellemek için cerrahi sonrası dönemde el bileğinin fleksiyonda olmasını içermektedir<sup>5</sup>.

II. Dünya Savaşı'ndaki ustaca uygulamaları ile Sterling Bunnell, elde dokulara karşı nazik davranılması, ince aletler kullanılması temel ilkesi ile birlikte atravmatik dikişler, tendon transferleri, sinir dikişleri ve greftleri, damar onarımları, kemik, eklem ve yumuşak dokularda sayısız görüş ve uygulamaları ile 1957'deki ölümüne kadar el cerrahisinin unutulmaz öncülerinden biri olmuştur. Bunu izleyen yıllarda çeşitli araştırmacılar tarafından tendon greftleri ve primer tendon onarım konusunda büyük seriler yayınlamıştır. Özellikle yapışıklıkların en fazla problem olduğu parmak fleksör tendon onarımlarında 1959 yılına kadar tedavide fikir birliği sağlanamamıştır<sup>5,11,12</sup>

Sterling Bunnell ve önde gelen el cerrahları, kılıf içerisinde tendon kesilerinin onarımında kesin tedavinin serbest tendon grefti olduğunu kabul etmişlerdir<sup>12</sup>. Mason, primer ve sekonder tendon suture tamirlerini tarifleyen bir klinik kılavuz geliştirmiştir. 1959 yılında Verdan, fleksör tendon onarım bölgelerini tanımlamıştır. 1967'de Kleinert Bunnell'in "hiç kimsenin bölgesi" diye tanımladığı ikinci bölgede, yüksek düzeyde elde ettiği iyi sonuçları yayınlamıştır. Lindsay, Lundborg, Manske ve diğer araştırmacılar tendon iyileşmesinde yeni görüşler getirmişlerdir; Kleinert ve Verdan gibi cerrahların öncülüğü ile de primer tendon onarımının sekonder grefte üstünlüğü evrensel olarak kabul edilmiştir<sup>13,14</sup>. El cerrahları arasında fleksör tendonun primer onarımının geçerliliği, "American Society for Surgery of the Hand" derneğinin 1967 yılında yapılan yıllık toplantısında Kleinert, Kutz ve arkadaşlarının sunumuyla kanıtlanmıştır<sup>5,15</sup>.

Potenza, yapışıklıkla sonuçlanan ekstrinsik fibroblastik invazyon ve proliferasyona dayanan tendon iyileşmesini araştırırken Lundborg, tendonların iyileşmek için intrinsik gereksinimleri olduğuna inanarak, sinoviyal sıvıdan beslenmeye dayanan intrinsik tendon iyileşmesini araştırmıştır. Strickland, Manske, Gelbermen ve diğerleri büyüme faktörlerinin ve fibronektinin rolü, ekstrinsik ve intrinsik iyileşme oranı, tendon suture teknikleri ve onarım gücü ve sonuç üzerine erken aktif postoperatif hareketin etkileri gibi faktörleri gözeterak iyileşme ve hareket

arasındaki hassas dengeyi araştırdılar. Bütün bu çalışmalara rağmen el cerrahisi, tendon iyileşmesi ve adezyonla ilgili halen birçok soru yanıtızlığını korumaktadır<sup>3</sup>.

### **Tendon Yapısı ve Histolojisi**

Elin hareketlerini sağlayan kütteleli kas yapıları, parmaklara yakın konumda bulunmamaktadır. İnce ve narin hareketlerin yapılabilmesi için bir kiriş sistemi ile kuvvet parmaklara iletilmektedir. Nitekim kas yapısından başlayıp distaldeki kemiklerde sonlanan uzun ekstrinsik fleksör tendonlar sayesinde el hareketlerin tamamını kuvvetle yapabilmektedir<sup>16</sup>.

Kas, sinir ve damarların oluşumunu sağlayacak olan ekstremitte tomurcuğu somatik mezodermden gelişir ektoderm üzerinden ise kemik, kıkırdak ve tendon oluşumunu sağlayacak olan lateral plak mezodermi gelişir<sup>17</sup>. Tomurcuk oluşumunu takiben, merkezde kıkırdak öncü hücreleri toplanırken diğer bağ dokusu hücreleri (tendon ve kas) evrede toplanır<sup>18</sup>. Ekstremitte gelişimi lateral mezodermdaki mezenşimal hücre gruplarının aktivasyonu ile başlar. Gelişmenin 4. haftasının sonunda, ventrolateral vücut duvarının kabartısı şeklinde, ilk ekstremitte tomurcukları belirir. Gelişmenin 26. veya 27. gününde üst ekstremitte tomurcukları belirginleşir<sup>19</sup>. Embriyo, gelişimin 7. haftasında kas liflerini ihtiva eder ve her bir üst ekstremitte kası bu aşamada tanımlanabilir. Tüm kas gelişiminde olduğu gibi, yüzeysel kaslar derindekilerden önce farklılaşır. FDS (Flexor Digitorum Superficialis) embriyolojik süreçte 7. hafta süresince yüzeysel palmar blastemden köken alır<sup>20</sup>. Pulley sistemi embriyonik dönemde 9. haftada belirir. 12. haftada bu yapılar fleksör tendon çevresinde kolayca ayırt edilebilir<sup>21</sup>.

Tendonlar kas ve iskelet sistemine hareket ve stabilite sağlayan özelleşmiş fibröz dokularıdır. Kas iskelet sistemine hareket ve stabilite sağlarlar. İleri derecede yönelim kazanmış fibröz doku birçok sayıda fibroblast ve kollajen fasiküllerinden oluşmuştur. Her bir fasikülde fibroblastlar, kan damarları, lenfatikler ve sinirler bulunmaktadır<sup>22,23</sup>.

Muskulotendinöz birim, ekstraselüller matriks (ECM) içinde yerleşmiş olan büyük oranda kollajen lifleri ve çubuk ya da iğne biçimli fibroblast benzeri hücrelerden (tenositler) oluşur<sup>24,25</sup>. Elektron mikroskopunda, tenositler protein-salgılayan bir hücrenin tipik özelliklerini gösterir. İyi gelişmiş bir granüllü endoplazmik retikulum (GER) ve golgi aygıtı vardır. Fibroblastlar olgun proteoglikanları, glikoproteinleri, kollajen ve elastinin çeşitli tiplerinin öncül moleküllerini sentezler ve sürekli salgılar.

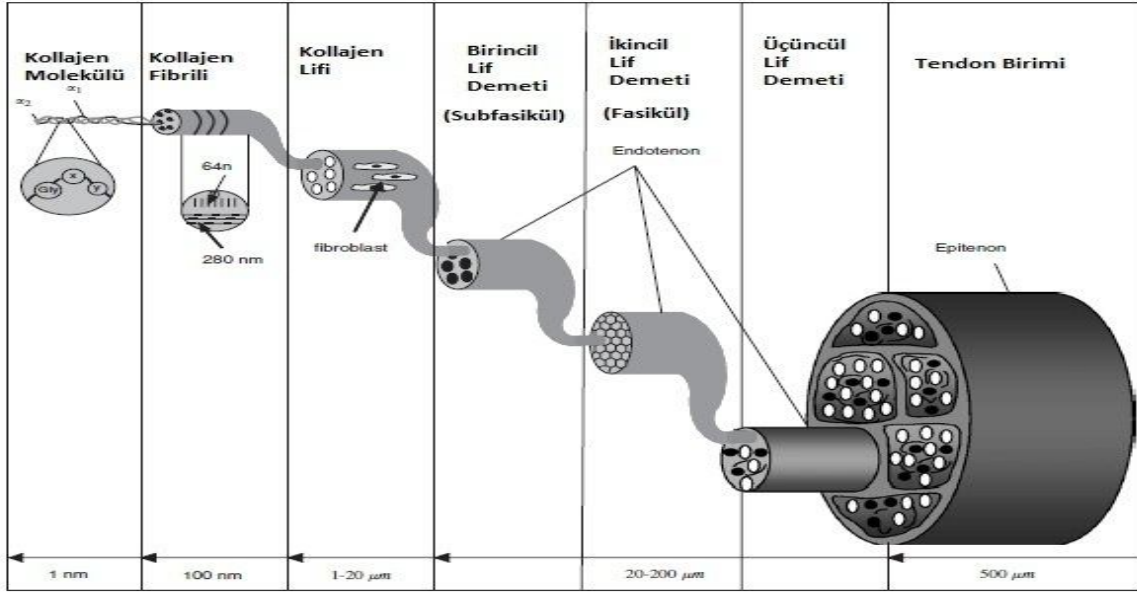
ECM, bağ dokusunun liflerini ve hücrelerini çevreleyen kollajenler, kollajen dışı glikoproteinler ve proteoglikanların bir bileşimidir. ECM'nin üç temel bileşeni vardır: (1) gerilme ve kasılma gücünü sağlayan kollajen ve elastin gibi fibröz yapısal proteinler; (2) kayganlığı ve esnekliği sağlayan proteoglikanlar ve hyalüronan gibi sulu, hidrate jeller; ve (3) matriks elementlerini birbirlerine ve hücrelere bağlayan tutucu glikoproteinler olarak adlandırılan yapılar. Tutucu glikoproteinler ve yapışıklık reseptörleri yapısal hücre-hücre yapışıklığını, hücreler arası ve ECM arasında bağlantı ile ECM komponentlerinin birbirleri ile bağlantılarını sağlar. Tutucu glikoproteinler; fibronektin (intertisyel ECM ana komponenti) ve laminin (bazal membran ana maddesi) içerir. Aynı zamanda adhezyon molekülleri olarak da bilinen yapışıklık reseptörleri, dört grupta incelenir. Bunlar; immunglobulinler, kadherinler, selektinler ve integrinlerdir. Proteoglikan kümeleri, ECM'nin ana bileşenleridir. Her bir proteoglikan polisakkaritlerle kompleks halindeki proteinler olan glikozaminoglikanlardan (GAG) oluşur. GAGlar sülfat kalıntıları içeren düz disakkarit polimerleridir. GAGlar hücre yüzey bileşenleri, büyüme faktörleri ve diğer ekstraselüler matriks bileşenleri ile bağlar kurarak, proteoglikanların biyolojik fonksiyonlarını kontrol eder. Tendonun yapısında hyaluronat, kondroitin sülfat ve dermatan sülfat olmak üzere 3 çeşit GAG mevcuttur. Tendon gelişimi ve olgunlaşması sırasında hyaluronat ve kondroitin sülfat konsantrasyonlarında düşmeler olmasına rağmen dermatan sülfat konsantrasyonu değişmez. Elastin lifleri ve bazı glikoproteinler tendon ECM'nin tamamlayıcı kısmıdır ve kollajen liflerinin fonksiyonel stabilitesini sağlar.

Tendonların %55-70'i sudan oluşur ve suyun önemli bir kısmı ECM'deki proteoglikanlarla ilişkilidir. Suyun, mekanik yüklenmeye yanıt olarak fibrillerin kaymasını kolaylaştırdığı, sürtünmeyi azalttığı düşünülür. Kollajenler vücudun birçok yerinde yapı taşı olarak bulunmaktadır. Tendonun kuru ağırlığının %60-85'ini kollajenik proteinler oluşturur. Tendondaki kollajenler tendon uzun aksı boyunca uzanan üçlü sarmal yapısında olup fleksibilite, direnç ve elastisite gibi tendonun biyomekanik özelliklerinden sorumludur. Tendondaki tüm kollajenin %60'ı tip I kollajen, %0-10'u tip III kollajendir. Tendonda az miktarda da olsa kollajen tip II, IV, V ve VI vardır<sup>26,27</sup>. Tendonun temel fibriler bileşeni ağırlıklı olarak tip I kollajendir, oysaki tip III kollajen endotenon ve epitenonda yer alır. Tendon iyileşme sürecinde kollajen lif çapı özellikle daha küçüktür ve bu yüzden tendonun gerilme direnci düşüktür<sup>28,29</sup>. Tip III kollajen iyileşmenin erken dönemi ve yeniden şekillenme sürecinde artarken,

tip I kollajenin yapımının artması ile azalır ve ekstraselüller matriksin fibril yapıları içinde yüksek derecede organize olur<sup>30,31</sup>. Kollajen tip V ise diğer kollajen tipleriyle çapraz bağlantı kurar ve tendonda fibril yapılarının özelliklerini düzenler<sup>32,33</sup>.

Tendonun yapıtaşını oluşturan kollajen sentezi mRNA (messenger ribonucleic acid) oluşturmak için DNA (deoxyribonucleic acid) transkripsiyonu ile başlar. Daha sonra granüllü endoplazmik retikulum ribozomlarında polipeptid zincirlere translasyon gerçekleşir. Prolin ve lizin hidroksilasyonundan sonra sarmal prokollajen, ekstrasellüler ortama taşınarak amino ve karboksil uçları fibril oluşumu için temizlenir. Oluşan tendon fibrilleri çapraz bağlanarak tendon liflerini meydana getirirler. Kollajen fibrilleri 100-500nm (nanometre) çapında olup, kıvrımlı ya da tendonun uzamasını %1-3 arasında kolaylaştıran sinüzoidal yapı olarak ışık mikroskobu altında görülebilen, tendon boyunca belirgin olan büyük liflerle sarılmıştır. Kollajen liflerinin yapısal birimleri; tendon şeklini oluşturmak için sırayla epitenon ile birbirine bağlandığı fasikül olarak adlandırılan daha yüksek yapısal birimleri oluşturmak için, endotenonca demetler halinde sarılmıştır. Fibroblast ve tip I kollajen fibrillerinin gruplaşmasıyla oluşan lifler fasikülleri ve fasiküllerde birleşerek tendon paketlerini oluştururlar. Böylece tendon dokusu bir araya gelen fasiküllerin paratenonca sarılması sonucu oluşur.

Elde yer alan fleksör tendonlar, tendon kılıfı adı verilen sinovyal bağ dokusu kılıfı içinde yerleşmişlerdir. Tendon kılıfının iç tabakası paratenon ve dış tabakası ise çevre doku ile ilişkidir. Tabakaların boşluğa bakan yüzünde mezotel hücreleri yerleşmiştir. Bu boşlukta sinovyal sıvı bulunur ve tendon en dış kılıf içinde kayarak hareket eder<sup>29,34,35,36,37</sup> (Şekil 1). Sinovyal sıvılı bir kılıfla kaplı olmayan tendonlar, düz bir hatta hareket eder ve paratenonla çevrilidir<sup>38</sup>.



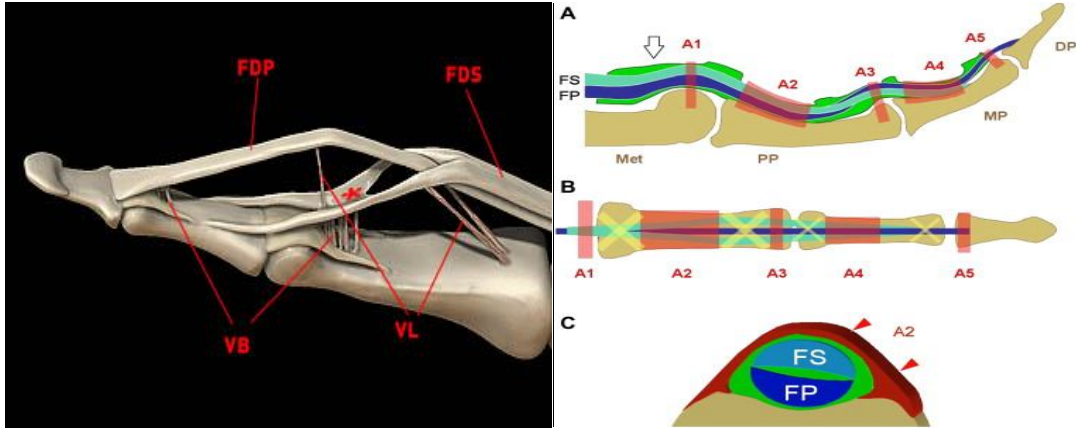
Şekil 1. Tendonun çok birimli hiyerarşik yapısının şematik gösterimi (Silver ve ark.,2003, modifiye edilmiştir)<sup>39,40</sup>.

### Tendon Anatomisi

Tendonlar, kası kemiğe bağlar ve kasta kemiğe kuvvetlerin iletilmesini sağlayarak eklem hareketine yol açarlar<sup>41</sup>. Tendonlar bireyler arasında, hatta aynı bireyin farklı tendonları arasında boyut ve şekil olarak farklılıklar gösterir. Fleksör tendonların önkol, el bileği, avuç içi ve parmaklardaki anatomik yapılarının bilinmesi tanı ve tedavide çok önemlidir.

Bileğin fleksör tendonları olan fleksör karpi radyalis (FCR) ve fleksör karpi ulnaris (FCU) güçlü ve kalındır, fleksör pollicis longus (FPL) ise distal kas karnı içerir. Parmakların fleksör tendonları distal bilek seviyesinden karpal tünele ulaşırken üç tabaka halinde düzenlenmişlerdir. Orta ve yüzük parmağının fleksör dijitorum süperfisiyalis (FDS) tendonları en yüzeyde yer alır; işaret parmağın ve küçük parmağın yüzeyel tendonları ise daha derindedir. En derin tabaka ortak kas karnından köken alan işaret, orta, yüzük ve küçük parmağa giden dört fleksör dijitorum profundus (FDP) tendonundan oluşur<sup>42</sup>. En fazla varyasyon küçük parmak FDS tendonunda görülür. Küçük parmak FDS tendonunda eksiklik olabilir veya hiç olmayabilir. İşaret parmağının FDP tendonundan, FPL'a genellikle bir tendon slipi bulunur ve cerrahi sonrası komplikasyonları önlemek için eksize edilmesi gerekebilir<sup>43</sup>.

Distal avuç içi seviyesinde tendonlar kendilerini çevreleyen bir kılıf içine girerler. Halkasal pulleyler ve kılıf tendonlara kaygan ve pürüzsüz bir yüzey oluşturarak hareketi kolaylaştırır. FDS tendonu FDP tendonunun volar yüzü üzerinde olacak şekilde A1 pulleyi içerisine girer ve bu seviyede bir çatal oluşturarak ikiye ayrılır, bu çatala “Camper’in kiazması” denir (Şekil 2-3). İkiye ayrılan FDS tendonları FDP tendonunun iki yanında ve dorsalinde seyretmeye başlar ve orta falanks proksimal yanlarına yapışır. FDP tendonu ise “Camper’in kiazması” içinden FDS önüne geçerek yüzeyleşir ve distal falanksa yapışır. FDP’ler parmakların primer fleksörleridir. FDS ve diğer intrensikler güçlü kavramada FDP ile uyum içinde çalışırlar<sup>34</sup>.



Şekil 2-3. FDS tendonunun oluşturduğu çatal ve FDP’nin bu çatalın arasından geçerek distal falanksa yapışması. FDS, FDP ve halkasal pulleylerin birbirlerine göre pozisyonlarının gösterimi.

Elde, fleksör tendonlar transvers karpal ligament altından ve parmakların içinden geçerken parmakların eklem çevresinde keskin bir şekilde kıvrılır ve tendon kılıfı ve bir makara sistemi ile çevrelenir. Sinovyal hücrelerle kaplı bu kılıf tendonları çevreleyerek kayganlık sağlar ve sürtünmeyi azaltır<sup>44</sup>.

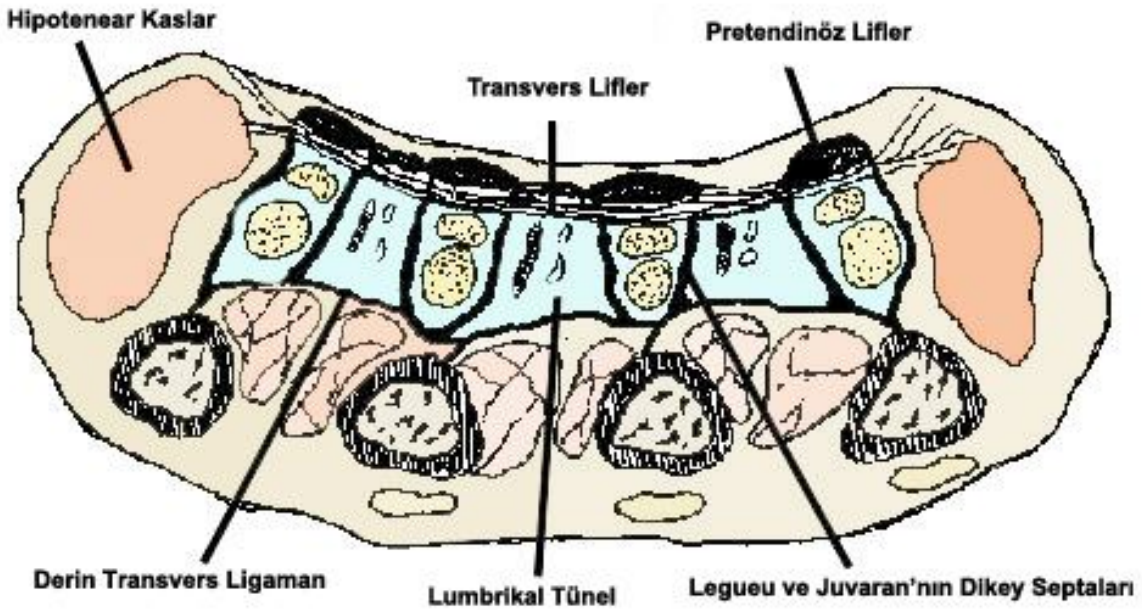
Fleksör tendonlar değişik tünel ve pulleylerden geçer. Bu seviyelerde yer yer sinovyal kılıf ile de çevrilmişlerdir<sup>45</sup>. Bilek pulleyi transvers karpal ligament olarak da adlandırılır. Avuç içinde palmar aponevroz fleksör tendonlar üzerinde bir pulley vazifesi görür. Kas tendonları el bileğinde retinaculum flexorumun derininden iki önemli sinovyal kılıfla sarılı olarak geçerler<sup>46</sup>. Sinovyal kılıf iç ve dış olmak üzere iki tabakadan oluşur. Bu yapı tendonu bir çorap gibi sarar. Başparmaktaki sinovyal kılıf bilekten başlar ve parmak ucunda FPL tendon yapışma yerine kadar devam eder ve

radial bursa adını alır. 2, 3 ve 4. parmak sinovyal kılıfı distal avuç içi çizgisi seviyesinden başlar ve distal interfalangeal (DIP) ekleme kadar uzanır. Beşinci parmak sinovyal kılıfı genellikle bilekten başlar, DIP ekleme kadar uzanır ve ulnar bursa adını alır. Radial ve ulnar bursalar bilek seviyesinde % 33 oranında ilişki içindedir. Bu ilişki bununla sınırlı kalmayıp radial bursa 2. ve 3. parmak sinovyasıyla, ulnar bursa da 2. ve 4. parmak sinovyasıyla ilişkili olabilir<sup>47</sup>.

### **Parmaklarda Pulley Sistemi**

Birçok anatomist ve cerrah fleksör tendonların pulley sistemini tanımlamıştır. Transvers karpal ligament, palmar aponörotik pulley ve dijital pulley sistemi el bileğinin ve parmakların ekstansiyonunu engellemeden tam fleksiyonu sağlayarak fleksör tendon pulley mekanizmasını oluştururlar.

Transvers karpal ligament el bileğinin volar yüzünü kapsar, transvers karpal kemerin ve karpal kanal içindeki yapıların korunmasına yardımcı olur. Eğer kesilirse parmak fleksör tendon hareketliliğinde kayıba yol açar, el bileği fleksiyonunda kavrama gerginliği etkilenebilir. Palmar apönoroz pulley palmar fasyanın transvers liflerinden ve Legueu ve Juvara'nın tendonlar arası dikey septalarından oluşur<sup>16</sup> (Şekil 4).

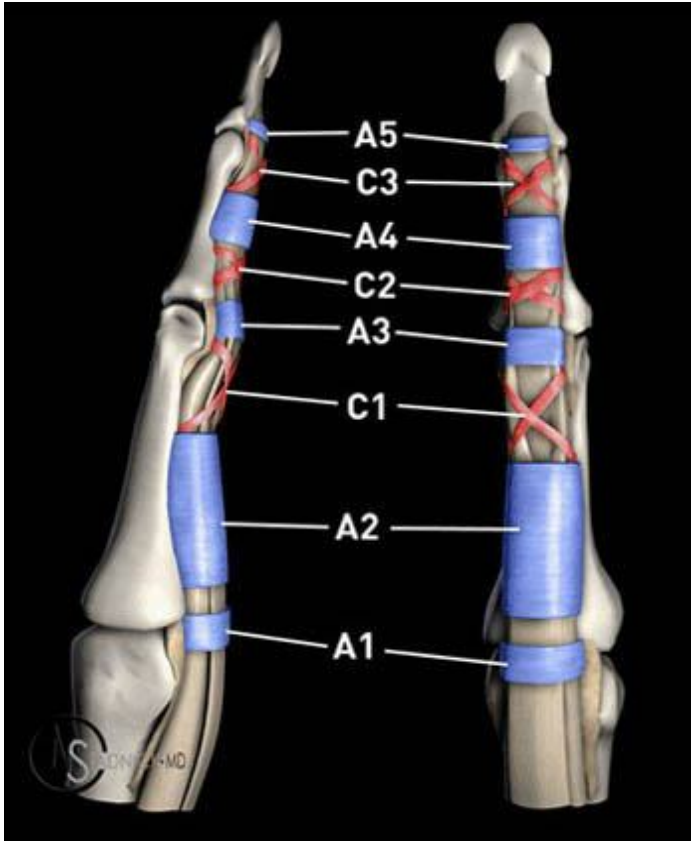


Şekil 4. Palmar fasyanın transvers lifleri, Legueu ve Juvara'nın dikey septaları avuç içinde fleksör tendonlar için bir pulley vazifesi gören palmar apönoroz'u oluşturur.



Dijital pulleyler; halkasal (annular, A) ve çapraz (cruciform C) olarak iki tiptir. Halkasal pulleyler, daha kalın, sağlam ve geniş fibröz yapılardır. Parmağın fleksiyonu sırasında tendonunun bollaşmasını önlerken, yeterli tendon kayması için en uygun eklem fonksiyonunu da sağlarlar. Daha ince yapıdaki çapraz pulleyler ise, fleksör kılıfın fleksibilitesini ve fleksiyon hareketinin daha rahat olmasını sağlarlar. Pulleyler, tabanda falankların periostuna veya volar tabakaya yapışırlar. Tendonlar bu fibröz kanalda periost ve volar tabaka üzerinde kayarlar. Digital kanalda fibröz pulley sistemi sinovyal kılıfı destekler.

Başparmak haricindeki parmaklarda 5 halkasal ve 3 çapraz olmak üzere toplam 8 tane pulley vardır (Şekil 5).

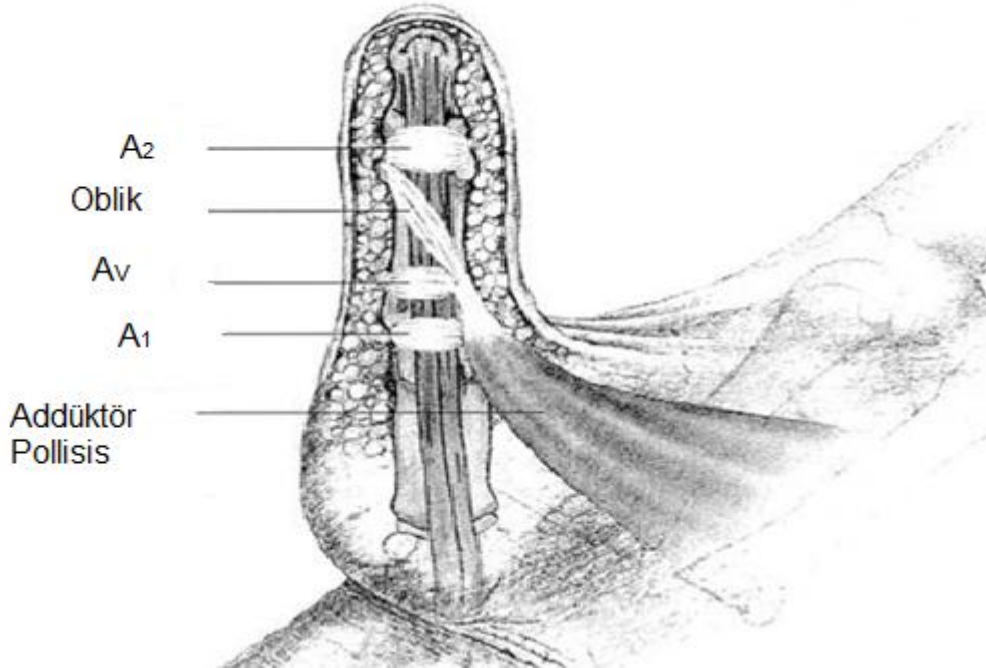


Şekil 5. 2-3-4-5. parmakların halkasal ve çapraz pulley sistemi.

A1 pulleyi metakarpofalangeal (MP), A3 pulleyi proksimal interfalangeal (PIP), A5 pulleyi distal interfalangeal (DIP) eklem volar tabakaları seviyesindedir. A2 pulleyi proksimal falanks, A4 pulleyi ise orta falanks seviyesindedir. Bu iki pulley diğerlerinden daha kalın ve geniştir. Çapraz pulleylerden C1 2. ve 3. halkasal

pulleyler arasındadır. C2 3. ve 4. halkasal pulleyler arasında, C3 ise DIP eklemin hemen proksimalinde yer alır. Palmar aponevrozun distal transvers lifleri membranöz tendon kılıfının proksimalini kapatır. Palmar aponevroz pulley sistemi A1 ve A2 pulleylerinin yokluğunda önem kazanır. Parmak pulleyi sisteminin ana fonksiyonu tendonların üzerini kapatarak parmakların fleksiyon hareketine izin vermesidir. A2 ve A4 pulleylerinin yokluğunda parmakta fleksiyon kaybı artar<sup>44</sup>.

Başparmak pulleyleri 3 adettir. Bunlardan 2 tanesi halkasal (A1 ve A2), 1 tanesinde oblik pulley olup FPL tendonunu çevreler. A1 ve oblik pulley arasında değişebilen üçüncü bir halkasal pulley (Av) vardır (Şekil 6). Proksimal halkasal pulley (A1) MP eklem seviyesindedir ve volar tabaka ile proksimal falanks bazisinden köken alır. Distal halkasal pulley (A2) interfalangeal eklemin volar tabakasından köken alır. Oblik pulley ise bu iki halkasal pulley arasındadır. Lifleri proksimalden distale ve ulnardan radiale doğru uzanır<sup>44</sup>. Başparmakta biyomekanik açıdan en önemli pulleyler A1 ve oblik pulleylerdir<sup>48</sup>.



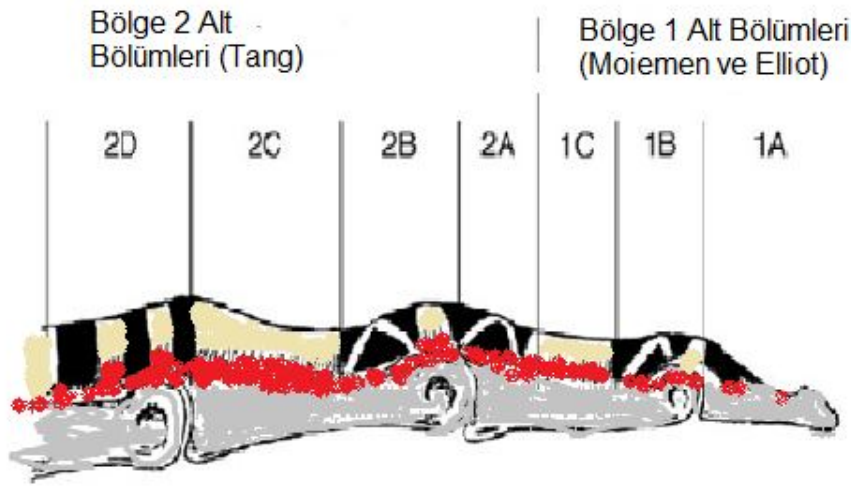
Şekil 6. Başparmağın pulley sistemi.

### **Fleksör Tendon Bölgeleri (Verdan Bölgeleri)**

Yapılan onarımların prognozunu etkileyen anatomik faktörlere dayanarak 1964 yılında Verdan fleksör tendonları bölgelere ayırmıştır. Tamir sonuçlarını etkileyen

birçok faktörün yanında tendon yaralanmalarının seviyesi de önem arz eder. Kleinert, Verdan'ın sınıflamasını modifiye ederek günümüzde kullanılan fleksör tendonları anatomik olarak 5 bölgeye ayıran sınıflamayı tanımlamıştır<sup>16,43,44</sup>(Şekil 8). Başparmak fleksör tendon bölgeleri ise Urbaniak ve Goldner tarafından tanımlanmıştır<sup>13,34,48,49</sup>.

Bölge I: FDS'nin distal yapışma yeri distali. Moiemman ve Elliot<sup>42,50</sup>, Bölge I'i üç alt bölüme ayırmıştır(Şekil 9). Distalden başlayarak I A (DIP eklem distali), I B (DIP eklem A4 pulley arası) ve I C (A4 pulley proksimali FDS sonlanma yeri arası) şeklindedir.



Şekil 7. Bölge 1 için Moiemman ve Eliot'un, bölge 2 içinde Tang'ın belirlediği alt bölümler.

Bölge II: Avuç içinde distal palmar katlantı yeri ile FDS yapışma yeri arasındadır. Sterling Bunnell'in belirttiği gibi bu bölgede yapılan primer tendon tamir sonuçlarının kötü olması nedeniyle 1980 yılların başına kadar "No man's land" denmiştir. Ancak daha sonraki yıllarda kavram değişerek "Some man's land" ve şimdi ise "Everyone's land" denmektedir. Bu değişim atravmatik girişimler, suture materyallerindeki yenilikler ve rehabilitasyondaki özen sayesinde. Özellikle bu bölgede fibrozis ve yapışıklık oluşumunun fazla olması nedeniyle erken pasif ya da aktif hareketlendirmenin en çok gerekli olduğu bölgedir.

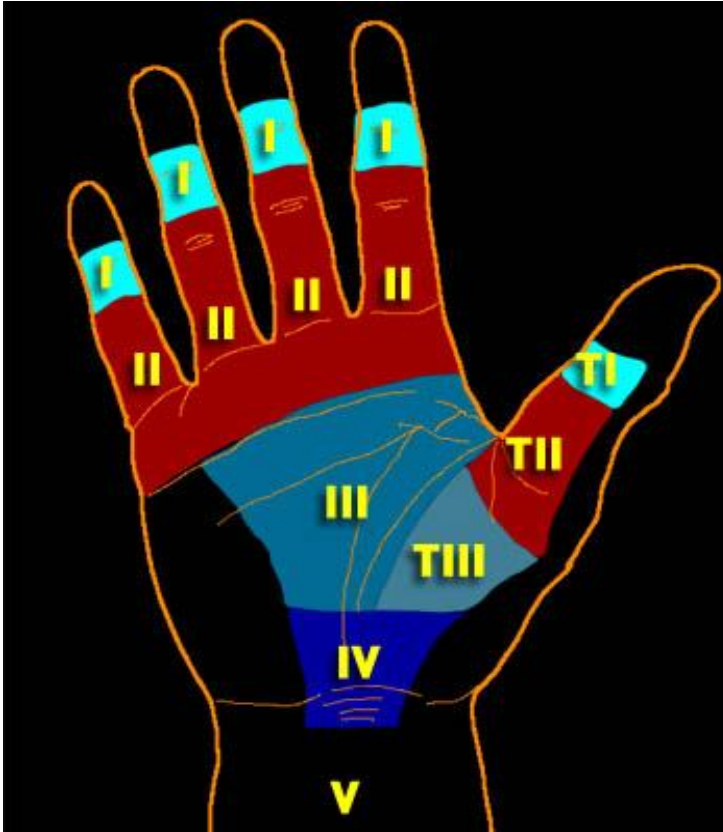
Son yıllarda bazı araştırmacılar tarafından Bölge II de, kendi arasında 4 bölgeye ayrılmıştır(Şekil 7). Bu bölgeler 2A, 2B, 2C, 2D olarak isimlendirilmiştir (2A: FDS yapışma yeri PIP eklemi arası, 2B: PIP eklem A2 pulley bitiş yeri, 2C: A2 pulley

bölgesi, 2D: A2 pulley başlangıç bölgesi ile A1 pulley bitiş bölgesi). Bu araştırmacılar, Bölge 2C için farklı tedavi prensipleri bildirmektedirler<sup>51,52</sup>.

Bölge III: Transvers karpal ligamentin distal sınırı ile ilk halkasal pulleylerin başlangıcı arasındaki lumbrikal orijin bölgesidir.

Bölge IV: Karpal tünel seviyesidir. Transvers karpal ligament ile örtülmüştür.

Bölge V: Karpal tünel proksimali (transvers karpal ligament proksimali) ile muskulotendinöz bileşke arasındaki önkol bölgesidir.



Şekil 8. Tüm parmakların Verdan bölgelerinin şematik gösterimi.

Başparmakta ise sınıflama farklı olup 5 bölge vardır<sup>42,44,49,53,54</sup> (Şekil 8).

Bölge TI: Başparmak uç kısmından DIP ekleme uzanır.

Bölge TII: DIP eklemden proksimal falanks ortasına uzanır.

Bölge TIII: Proksimal falanks orta kısmından MP ekleme uzanır.

Bölge TIV: Tenar bölgeyi içine alır.

Bölge TV: El bileği fleksör katlantı proksimalidir.

## Tendon Beslenmesi

Tendonların beslenmesi iki şekildedir. Bunlardan ilki sinovyal difüzyon ile, diğeri de tendon içindeki damarlar yoluyla<sup>55</sup>. Ancak relatif öneme sahip bu iki mekanizma konusunda tartışmalar devam etmektedir. Ludwig ve Schweigger-Seidel (1872) intratendinöz damarlanmayı göstermiş, Berkenbusch (1887) ilk kez fleksör tendon damarlanma şeklini tariflemiştir. İngilizce literatürde fleksör tendonların vaskülarizasyonlarını ilk tanımlayan kişi Leo Mayer'dir (1916). Mayer'e göre tendonlar 3 ana kaynaktan;

1. Muskülotendinöz bileşkeden
2. Kemik insersiyolarından
3. Mezenterik vinkular sistemden beslenirler.

Edwards (1946) tendon damarlanmasının iç düzenlenmesini eklemiştir. J. G. Brockis 1953'te, 50 insan parmağında dijital arterlere belli basınçta gümüş iyodür vererek disseksiyon yapmış ve tendonların damar ağının tespit etmiştir<sup>5,56</sup>.

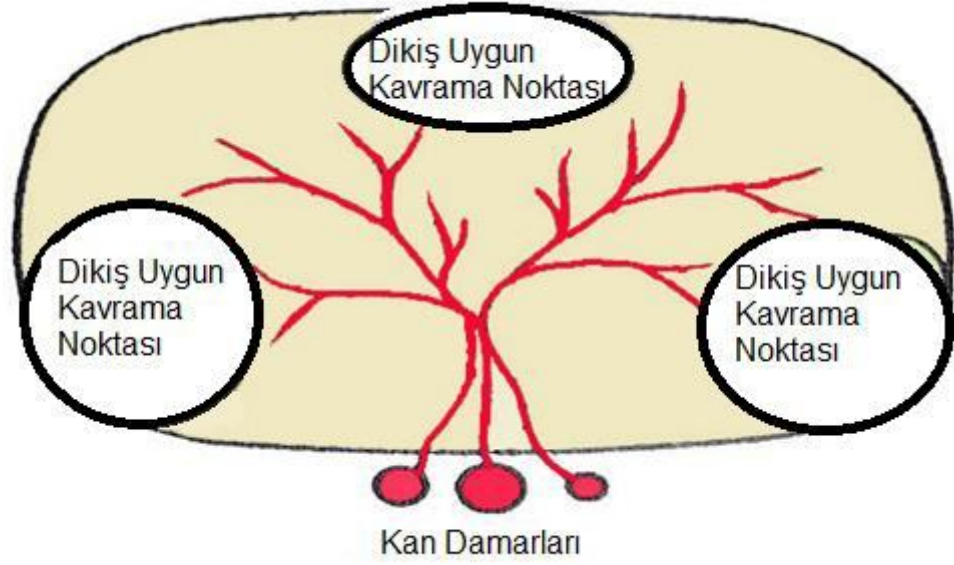
Peacock, tendonların muskülotendinöz bileşke ve kemik insersiyolarından olan beslenmelerinin sadece her iki uçtaki küçük bir segmenti içerdiğini, esas beslenmesinin ise mezotenondan segmental şekilde olduğunu göstermiştir.

Tendon dolaşımı ile ilgili ilk invivo çalışma 1969 yılında Schatzker ve Branemark tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, tendonun ekstrasinovial veya intrasinovial olmasına bakılmaksızın dolaşımının segmental olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle tendonun paratenon veya mezotenondan ayıran herhangi bir işlem tendonun o segmentinin devitalize olmasına neden olmaktadır. Daha sonra Lundborg tarafından yapılan başka bir çalışma sonuçları ise bu bulgularla uyumlu bulunmamıştır<sup>54</sup>.

Leffert'e göre vinkulalar, her iki interfalangial eklem düzeyinde proksimal ve distal transvers digital arterlerden orijin almaktadır. Bu vasküler yapılar tendon dorsalinde ve longitudinal seyrettiklerinden fleksiyon sırasında tendon kılıfı hareketlerinden etkilenmezler. Vinkulumlar; arter, ven, lenf damarları ve sinirleri taşır.

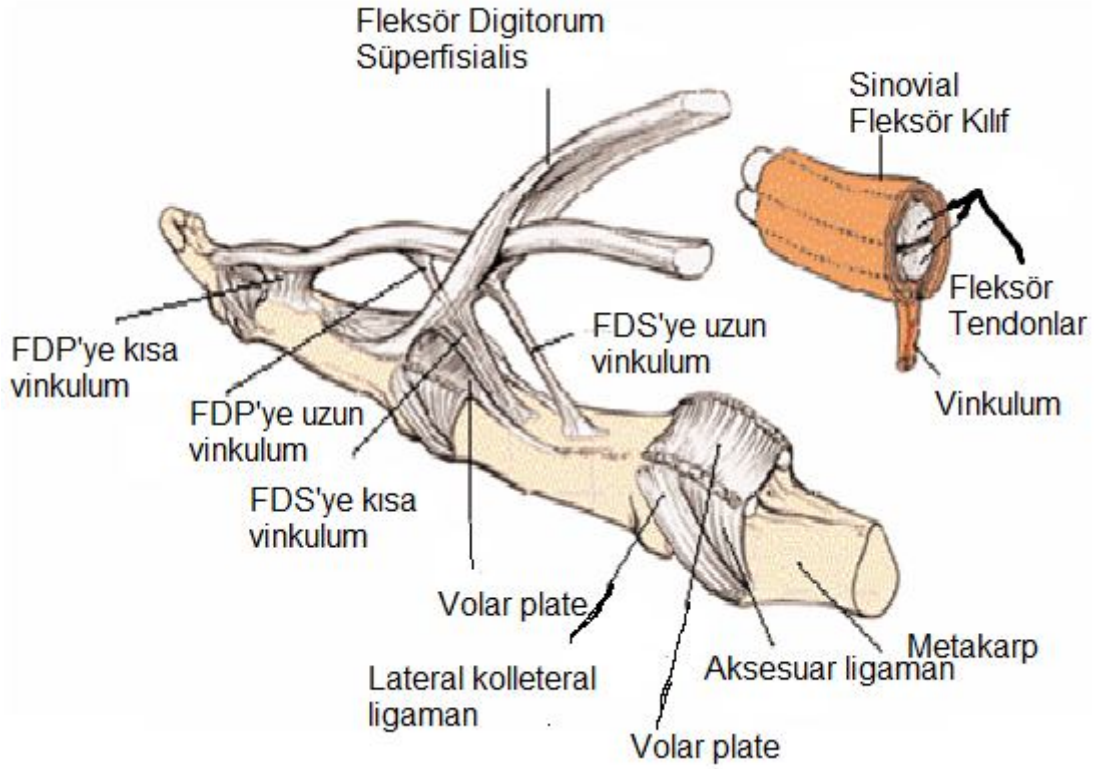
Tendonlara kan taşımak ve eklemlerin aşırı ekstansiyonlarını önleme görevlerini üstlenmişlerdir. Birçok varyasyonları vardır ancak en sık bilineni, normal biçimde FDP ve FDS'nin her ikisinde de bulunan bir uzun (vinkula longus), birde kısa (vinkula brevis) vinkulumdur<sup>1,57,58</sup>. Longitudinal intrinsik damarlar distalde kemik insersiyon bölgesinden ve proksimalde adale içinden uzanarak tendon beslenmesinde rol alır. Tendon boyunca uzanan damarlar tendon fasiküllerini ayıran

endotenon içinde ilerler. Tendondaki vasküler destek tendonun dorsal yüzeyindedir<sup>34</sup>(Şekil 9).



Şekil 9. Tendonların vaskülitinin dorsal yüzde olduğunu ve bu nedenle dikiş için uygun olan bölgelerinin lateraller ve volar kısım olduğunu şematik gösterimi.

Fleksör tendonların beslenmesinde vasküler desteği tendonlara göre sıralamamız gerekirse: FDS tendonunda kısa ve uzun vinkulalar, proksimal falanks boyun ve bazis seviyesini; sinovyal sıvı ile longitudinal intrinsik damarlar ise, avuç içi ve orta falanks seviyesini besler. FDP tendonunda ise kısa ve uzun vinkulalar orta falanks boyun ve kiasma seviyesini; sinovyal sıvı ile longitudinal intrinsik damarlar ise avuç içi ve distal falanks seviyesini besler<sup>59</sup>. Fleksör tendonlar sinovyal kılıf ile kaplıdır. Sinovyal sıvı, fibröz fleksör kılıfın sinovyal yüzeyinden salgılanır. Sıvının karakteri eklem sıvısına benzemektedir. Sinovyal kılıf, sinovyal sıvı yardımı ile tendonun kaymasında ve beslenmesinde önemli bir rol oynar<sup>59-61</sup>(Şekil 10). Sinovyal kılıfın korunması ve vinkular sistemin devamlılığı tendon iyileşmesine olumlu katkı sağlar<sup>59,62</sup>.



Şekil 10. FDP ve FDS'nin uzun-kısa vinkulumları ve sinovyal kılıf.

Başparmakta da benzer şekilde birisi MP diğeri ise IP eklem düzeyinde olmak üzere iki vinkula bulunur. MP eklem bölgesinde bulunan uzun vinkula vakaların %50'sinde bulunmayabilir. Uzun vinkulanın bulunmadığı durumlarda tendon daha az vaskülerdir ve tendon kesilerinde retrakte olur.

Potenza (1963), intrasinovyal tendonların tüm metabolik ihtiyaçlarının sinovyal difüzyon süreci ile karşılanabileceğini ileri sürmüştür. Daha sonra yapılan çalışmalar bu iddiayı doğrulamış ve fleksör tendonlar için besleyici ihtiyaçlar açısından sinovyal difüzyonun vasküler dolaşımdan daha önemli olduğu gösterilmiştir. Tendona ait tüm vasküler bağlantılar kesilse bile tendon yaşamı için sinovyal difüzyonun yeterli olduğu gösterilmiştir. Difüzyonun düzenlenmesinde, tendonun pulleyler altından geçerken ortaya çıkan "milking" etkisinin önemli rolü olduğu da gösterilmiştir<sup>54</sup>.

### **Tendon Onarım Biyomekaniği**

Tendonlar fleksiyon sırasında kayma hareketine karşı bir direnç ile karşılaşılır. Bu direnç, tendon hareketine etki eden iç ve dış faktörler ile oluşur. Ödem, yapışıklıklar, eklem sertliği ve pozisyon fleksiyon hareketini zorlaştırabilir. FDP ve FDS tendonları ve tendon kılıfları arasındaki kayma hareketindeki kısıtlılıkta

fleksiyon hareketinde zorlanmaya neden olabilir. Kayma hareketindeki zorlanma özellikle Camper çatalında oluşan tendon onarımları sonrası belirgindir. Fleksiyon hareketindeki zorlanma erken postoperatif dönemde artmaktadır. Devirli hareketlerin yapılması bu zorluğu her geçen zaman rahatlatmaktadır. Bu nedenle aktif hareket egzersizlerinden önce tekrarlayıcı yavaş pasif hareketler ile postoperatif rehabilitasyona başlanılmaktadır.

Onarım sonrası tendon yapıları arasında boşluk oluşması yapışıklığı artırabilir, mekanik fonksiyonu tendon boyunun uzamasına neden olarak bozabilir ve potansiyel olarak da kopmaya neden olabilir. Cerrahi sonrası yetersiz sonuçlar, tendonlar arasındaki onarım esnasında kalan boşlukla ilişkilendirilir. Literatürde genellikle 2 mm ve üzerinde boşlukla sonuçlanan onarımlar başarısız olmuştur. Giderek artan şekilde olan yüklenmelerden sonra oluşan tendonlar arası boşluğun miktarı, tendon onarımının gücünü gösteren altın standart ölçüdür. Bunun yanında Gelberman postoperatif erken harekete geçtiği çalışmasında 3 mm'den fazla boşluk olanlarda eklem hareket aralığında farklılık olmadığını bildirmiştir. Yapışıklık ve onarılmış tendonlar arası boşluk daha ziyade postoperatif hareket ile bağlantılıdır. Yapışıklık ve tendonlar arası mesafe her zaman birbirleriyle ilişkili değildir. Bununla birlikte 3 mm ve üzerinde boşluk olması, zamanla sertlikte ve dayanma gücünde azalmaya neden olur. Böylece rüptür riski mesafenin artmasıyla birlikte artar. Tendonlar arasında boşluk, ameliyat sonrası devirli pasif hareket yüklenmelerinden 30 gün sonra da hala devam edebilmektedir. May ve Silverskiold ise onarımın kötü sonuçları ile tendonlar arasındaki mesafe arasında ilişki bulmamışlar, şaşırtıcı olarak az miktardaki boşluğun 1 yıl sonraki iyi sonuçlar için olması gerekliliğini belirtmişlerdir.

Başlangıçtaki tendon onarım kuvveti onarım hattı boyunca geçen dikiş ipliği ile orantılı olarak artmakta, tendonlar arası boşluk ise 4 hat kor sütür ile geçende, 2 hat ile geçene göre dramatik olarak azalmaktadır. Dikiş materyalinin artması onarım kuvvetini artırmaktadır. Bunun yanı sıra bu artış aynı zamanda fleksiyon hareketi için zorlanmanın yani direncinde artmasına neden olmaktadır. Eksternal dorsal tendon splintleri de ciddi olarak fleksiyonda zorlanmaya neden olabilir. İdeal onarım erken aktif harekete izin verecek kadar kuvvetli, fleksiyon hareketine de direnç oluşturmayacak şekilde yapılmalıdır. Her bir eklemdaki farklı moment kolu vardır. Bu tendonlar üzerinde oluşan farklı dönme momenti miktarlarına yol açması sonucu daha proksimal ve daha geniş eklemlerde oluşan momentteki artışla ilişkilidir<sup>63-64</sup>.

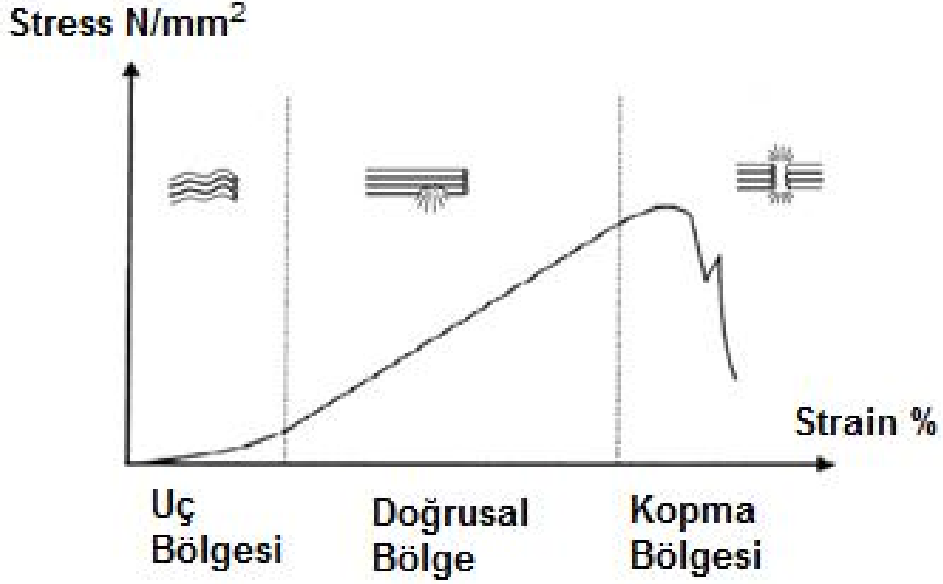


Fleksör tendonlar hareketi sağlamak için kas gövdesinden parmağa gücü iletir. Ekskürsiyon terimi tendonun hareket ettiği yol boyunca kaydığı mesafeyi ifade eder, kasın ne kadar uzayarak, kısalabildiğinin sınırları ile ilgili olup kas kontraksiyonu ve eklem rotasyonu sonucu meydana gelir. Tendon ekskürsionu, kontraktürler ve yapışıklarda olduğu gibi dış faktörlerden olumsuz etkilenir ve egzersiz ya da germeyle artar.

Fleksör tendonlarda kısa bir moment kolu oluşumunu sağlayan dijital pulley sistemi, fonksiyonel el ve parmak hareketi için fleksör tendonların geniş eklem hareketini sınırlayan ekskürsiyona dönüşümüne katkı sağlar. Bu sistem, 260<sup>0</sup>lik eklem hareketini gerçekleştirmek için 3 cm lik fleksör tendon ekskürsionuna izin verir. Pulleylerin tendon ve parmak hareketi üzerindeki biyomekanik etkisi; tendon ekskürsionu, tendon pulley açısı, kayma direnç ölçümü ve iş verimliliği bakış açısından araştırılmıştır. Peterson ve ark.<sup>65</sup>, A2 pulleyin, fleksör tendon fonksiyonunda en önemli pulley olduğunu yayınlamışlardır. Rispler ve ark.<sup>66</sup>, A4 pulleyin yokluğunda verimlilikte en geniş değişikliklerin meydana geldiğini yayınlamışlardır. Pulleylerin yokluğu tendonların yay kirişi (bowstring) etkisine yol açarak yetmezliğe neden olur. Sonuçta, A2 ve A4 pulleylerin korunması eklem hareket kaybını engellemek için çok önemlidir<sup>65,67,68</sup>.

Kollajen, tendonun gerim özelliğinden öncelikli olarak sorumlu olan yapıdır. Herhangi bir kuvvet altında kalan yapıda zorlanma veya gerilme oluşur. Gerilmenin birimi yoktur ve ilk boyunun yüzdesi olarak ifade edilir. Stres ya da basınç birim alana uygulanan kuvvettir (kuvvet/alan) ve alan azaldıkça stres artmaktadır. Kollajenin yapısı, güçlü çapraz bağlı paralel lifleri sayesinde gerilim davranışı için idealdir. Tendonun mekanik özellikleri, stres-gerilim eğrisinin analizi ile açıklanır. Örneğin bir tendona her iki ucunda bir gerilme kuvveti uygulanırsa ve kuvvet giderek arttırıldığında oluşan stresin yarattığı deformasyon bir grafik üzerinde gösterilirse, bu eğri üç bölgeden oluşur: (1) "Toe region (Uç Bölgesi)", (2) "Lineer Region (Doğrusal Bölge)", (3) "Failure Region (Kopma Bölgesi)". Uç bölgesi; ilk yüklenme aşamasında moleküler düzeyde kollajenin dalgalanması ve kabaca tendonun sıkıştırılmasının şekilsel izdüşümüdür. Bu bölge elastik deformasyon bölgesi olup kuvvet ortadan kalkınca deformasyon geri döner. Doğrusal bölge; belirli bir yük altında sürekli bir uzamayı gösterir. Bu bölgede ortaya çıkan eğim ya da stres/gerilim oranı insan tendonunun esneklik katsayısını temsil eder. Yapının ne kadar sert olduğunu ifade eder ve deformasyona karşı gösterdiği direnci verir. İkinci bölgede kuvvet ortadan

kalksa bile deformasyon kalıcıdır. Son bölge geri dönüşümsüz değişikliklerin olduğu, çözülme noktası (maddenin uzamaya başladığı nokta) ve kopma noktasını (maddenin bütünlüğünün bozulduğu nokta) içeren bölgeyi kapsar. Stres-gerilme eğrisinin altındaki toplam alan testteki emilen toplam enerjidir(Şekil 11).



Şekil 11: Mekanik testlere tendon cevabının stress-gerilim eğrisi

Canlı dokular viskoelastik yapıdadır. Uygulanan kuvvet altında zamana bağlı olarak tendonun şekil değiştirmesi viskoelastisitedir ve tendon mekaniğinin basit doğrusal analizi ile tespit edilir. Viskoelastik yapılarda deformasyon derecesi kuvvetin uygulanma zamanına göre farklılıklar gösterir. Viskoelastisitenin en önemli iki parametresi sünme ve stres gevşemesidir. Stres, diğer bir ifadeyle uygulanan kuvvet, sabit fakat oldukça uzun zaman içinde uygulanıyorsa deformitenin giderek artması sünme olarak adlandırılır. Stres gevşemesinde ise, hızlı ve ani bir kuvvetle oluşan deformasyonun oluşturduğu stres zamanla azalır. Tekrarlanan yüklenmeler sırasında tendonun mekanik davranışı ve uzama miktarı değişir. Birbiri ardınca oluşturulan yüklenmelerle, dokuda uzamayı sürdürmek için sünmeyi ve yüklenme süresince de gerçek uzunluğuna ulaşmada dokuyu engelleyen sürtünmeye yönelik bir eğilim vardır. Tekrarlanan yüklenmeler ile uzamanın birbirini takip eden ardışık miktarları arasından ilerleyici bir şekilde daha az fark oluşmaya başlar. Aynı zamanda yüklenmenin olması ve olmaması arasındaki farklılık kayıt edilir. Gerilme-gerinim

grafiklerinde oluşan siklusun kolları arasındaki bu bölge için “histerezis” terimi kullanılır ve her bir siklusta doku tarafından emilen enerji temsil edilir. Gerilme-gerinim grafiklerinde, enerji harcanımının göstergesi olan histerezis eğrisi ortaya çıkar. Bu eğri, başlangıçta her döngüde biraz daha eğim kaybeder ve birkaç döngü sonra kararlı hale gelerek aynı hat üzerinde dönmeye başlar. Dokuların farklı yönlerdeki viskoelastik davranışları da farklılık gösterir. Kollajen liflerine paralel ve dik yönlerde yapılan çekme testlerinde ve lifler boyunca uygulanan kayma testinde dokunun birbirine benzer doğrusal olmayan gerilme-gerinim eğrisine yol açtığı görülmüştür. Suyun tendonun mekanik özelliklerine etkisi olduğu gözlenmiştir. Dokuda artan su miktarı dokuyu daha viskoelastik yapmaktadır<sup>63,69,70</sup>. Egzersiz kollajen sentezini ve tendon gücünü arttırarak kollajen fibrillerin uzunluğunu etkiler<sup>70</sup>. Stres-koruyucu deneyler göstermiştir ki; immobilizasyon dönemleri, tendon esneklik katsayısı ve gerilme direncinde azalmaya; immobilizasyon süresinin uzaması daha büyük bir azalmaya neden olmaktadır<sup>71,72</sup>. Yaş, tendon kalitesini etkiler. Tendon kesit alanı iskelet gelişimi ile artar, dolayısıyla tendonun esneklik katsayısı olgunlukta en yüksektir ve yaşlılıkla beraber düşer<sup>73</sup>.

Başarılı tendon cerrahisi, onarılan tendonun erken dönemde hareket kuvvetlerine karşı direnebilmesi anlamına gelir<sup>63</sup>. Onarım sonrası aktif hareket vermek için, hareketler sırasında tendonlara binen yüklerin bilinmesi gereklidir. Schuind'e göre el bileğinin pasif mobilizasyonu esnasında 5.9 N tendon gücü gerekir. Parmakların pasif fleksiyonu için gereken tendon gücü 8.9 N, aktif parmak hareketi için gereken tendon gücü 34.4 N, tip pinch (çimdikleme) için gereken tendon gücü 117 N'dur<sup>74</sup>. İdeal olan, tendon cerrahisi sonrası, onarılan tendonun yırtık oluşmaksızın direnç oluşturan tüm kuvvetlere karşı koyarak gereken tendon hareketini sağlamasıdır<sup>75</sup>.

Çoğu güncel araştırma, cerrahi sonrası aktif harekete izin verecek en güçlü tamiri geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu çalışmalarda; çok geçişli bant tamirlerinin kullanımı, kilitli dikişler, tamir lokalizasyonunda değişiklik, çeşitli dikiş boyları ve çapları, tendon sabitleyiciler, greftler ve metalik implantlar araştırılmıştır<sup>75,76</sup>. Bununla birlikte, yeni uygulanan tamirlerin ve tekniklerin uygulama zorluğu, uzamış ameliyat süresi, yüksek maliyet gibi bir takım dezavantajları mevcuttur. Ayrıca, tanımlanan bazı yöntemlerdeki artmış tendon manipülasyonunun yapışıklık oluşumunu arttırdığı gösterilmiştir<sup>77</sup>. 20-30 N'luk kuvvetlere dayanan Kessler tamir tekniği kullanımı ile ilgili in vivo tendon onarım çalışmalarında yırtık oranları %3-9 arasında rapor edilmiştir<sup>78</sup>.

İnsan ve hayvan fleksör tendonlarındaki sayısal verileri elde etmek için biyomekanik açıdan; tek yüklenmeli bozulma testi (çekme testi), döngüsel testler ve doğrusal ve eğrisel biçimli testleri içeren çok sayıda metodoloji kullanılmıştır. Bununla beraber, insan elinin karmaşık mekaniğini anlamak için matematiksel ve bilgisayarlı modeller geliştirilmiştir<sup>63,79</sup>.

### **Tendon İyileşme Evreleri**

Eğer tendon yaralanırsa vücut, çeşitli aşamalardan oluşan iyileşme ve skar oluşumu ile sonuçlanan kaskadı başlatır. Bu ardarda gelen süreçler her ne kadar birbiri üzerine binmişse de farklı hücresel ve biyokimyasal olayların üst limitlere ulaşması ile birbirinden ayrılırlar. Çoğu diğer yumuşak dokuda olduğu gibi, intrasinovyal fleksör tendonların iyileşmesi ardışık üç evre ile karakterizedir. Bunlar; inflamasyon, proliferasyon (çoğalma) ve yeniden şekillenme (remodeling) evreleridir<sup>80</sup>.

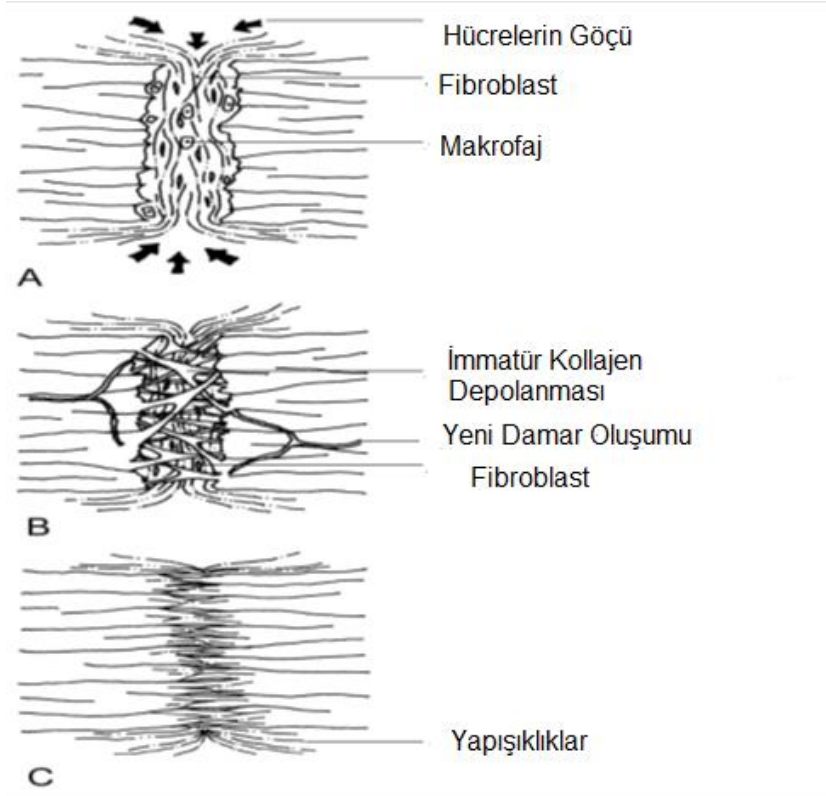
#### **İnflamatuvar evre**

Tendon iyileşmesinin bu safhası neredeyse yaralanmadan hemen sonra başlar. İlk olarak bütünlüğü bozulan damarlardan sızan kan ile hematoma oluşur. Sonrasında mast hücrelerinden salınan pro-inflamatuvar kimyasalların etkisiyle, platelet kümelenmesi ve vazodilatasyonun aktive olduğu hemostaz süreci başlar. Kemotaktik etkili fibronektin düzeyinde ve hücre yüzeyindeki integrinlerde artış olur. Fleksör tendon onarımında aktive olan bFGF (basic Fibroblast Growth Factor) erken mitojenik aktiviteden rol alan bir büyüme faktörüdür. Aynı zamanda güçlü bir anjiyojenik faktördür. İnflamatuvar hücreler yara alanına göç eder ve agresif şekilde nekrotik dokuları ve debris fagosite ederek pıhtıyı yıkarlar. İlk 24 saatte monositler ve makrofajlar baskın hücrelerdir. Vazoaktif ve kemotaktik faktörler salınır. Vasküler permeabilite artar, anjiyogenezis başlar, tenosit proliferasyonu stimüle olur ve daha fazla inflamatuvar hücre toplanır. Tenositler yavaş yavaş yaraya göç eder ve tip 3 kollajen sentezi başlar<sup>81</sup>(Şekil 12).

#### **Proliferatif evre**

Bu safhada disorganize bir doku olan granülasyon matriksi yara alanında boy gösterir. Histolojik olarak az sayıda makrofaj ve mast hücreleri bulunurken baskın hücre grubu fibroblastlardır. Elektron mikroskopik çalışmalar fibroblastların endoplazmik retikulumlarında artış olduğunu gösterir. Bu artış aslında aktif matriks ve tip 3 kollajen sentezi için indikatördür. Bütün bu değişimlerin aşamalı olarak tip 3 kollajenin tip 1'e dönüşümü kollajen sentezinin optimizasyonu için yardımcı olmak

adına olduğuna inanılır<sup>80</sup>. 7. ve 10. günler arası endotenon ve epitenonda hızlı bir vaskülarizasyon artması görülür. . Yoğun kan damar ağı oluşur ve yara skarlaşmış gibi görülür. Bu evrenin sonunda, onarım dokusu yüksek derecede hücrelidir ve su miktarında ve ECM komponent de fazlalık vardır<sup>82</sup>.



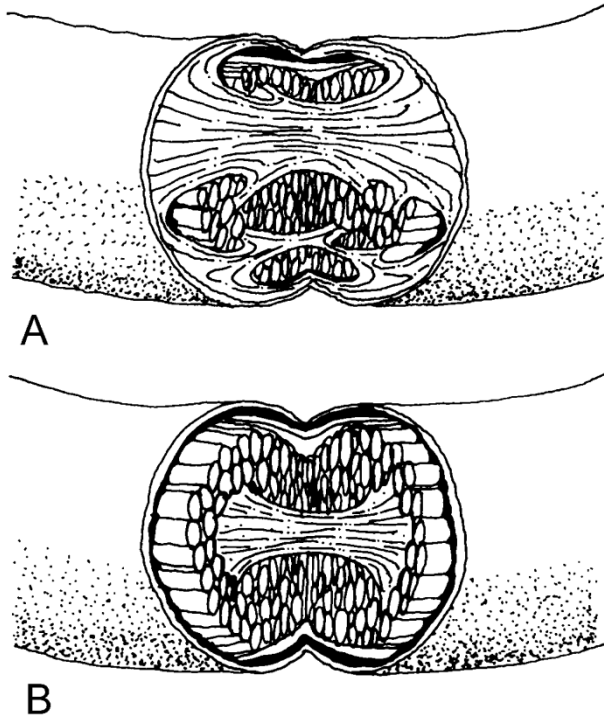
Şekil 12. Tendon yaralanması sonrası gelişen süreç.

### Remodelling evresi

Birbirini takip eden bu evrelerden sonra ikinci haftada oluşan onarım dokusu ile tendon uçları birbirine bağlanmıştır. Yeniden şekillenme evresi selüllerite, matriks sentezi ve tip III kollajende azalma, buna karşın tip I kollajen sentezinde artma ile karakterizedir. Tip I kollajen lifleri tendon uzun eksenine boyunca uzunlamasına dizilirler ve mekanik güçten ve doku rejenerasyonundan sorumludurlar<sup>82,83</sup>. Yeniden şekillenme evresinin daha sonraki sürecinde, kollajen yapı birimleri arasındaki etkileşimler, tendonda daha yüksek sertliğe ve dolayısıyla daha büyük gerilme kuvvetine yol açar. Bununla birlikte onarılan doku asla normal tendon dokusu özelliğinde olamaz<sup>84</sup>.

Tendon iyileşmesine katılan tüm bağ doku hücreleri iyileşme süreci içinde farklılaşma, çoğalma ve olgunlaşma aşamalarından geçer. Tüm bu olaylar kılıflı ve

paratenonlu tendonlarda geçerlidir. Tendon iyileşme mekanizmasını açıklamak için iki ayrı model öne sürülmüştür. Bu modellerde ilki hücrelerin ve damarların çevre dokulardan göç etmesi ile oluşan ekstrinsik iyileşme modeli ikincisi ise kesilen uçlarının kendi iyileşme kapasitesi ile oluşan intrinsik iyileşme modelidir (Şekil 13). Çoğu olguda, her iki mekanizma, tendon lokalizasyonu, travmanın yaygınlığı ve cerrahi sonrası hareketi içeren çeşitli faktörlere bağlı olan iyileşme sürecine katılır. İntrinsik mekanizmadan daha erken aktive olan ekstrinsik mekanizma, yüksek selüllerite ile dağılık kollajen matriks ve yaralanma hattında yüksek su içeriği ile başlangıçta meydana gelen yapışıklık oluşumundan sorumludur. Buna karşın intrinsik mekanizma, kollajen liflerinin yeniden düzenlenmesi ve kollajen fibrillerinin devamlılığının sürdürülmesinden sorumludur<sup>82,84</sup>.



Şekil 13. Tendonlar ekstrinsik (A) ve intrinsik (B) olarak iyileşirler.

Tendon onarım süresince, çeşitli büyüme faktörleri hücresel cevabın düzenlenmesinde ve aktivasyonunda rol alırlar. Bu faktörler ya da sitokinler hücre yüzeyinde bulunan spesifik reseptörlere bağlanırlar ve hücre içinde belirli sinyalleşme olaylarını aktive ederler. Bu, spesifik düzenleyici genlerin transkripsiyonuna yol açan bir kaskad ile başlar. Bu faktörlerin salınması, yaralanma hattında lokalize olan

hücreler tarafından yeniden şekillenme evresi süresince ve yaralı tendona mekanik yüklenmelerle olur<sup>84</sup>.

Tendonların intrinsek iyileşme kapasiteleri vardır. Skoog, Potenza ve Peacock gibi araştırmacıların bulmuş oldukları “tendon iyileşmesi için çevre dokulardan tendon içine hücre ve vasküler yapı gelişimi olması ve adezyona neden olması gerekir” sonuçlarının artık sadece tarihsel değeri vardır. Günümüzde adezyonların yaralanma bölgesindeki enflamasyona veya intrinsek tendon iyileşme sürecinin çevre dokulara ekstansiyonuna bağlı geliştiği kabul edilmektedir<sup>54</sup>.

Lindsay ve ark., tavuklarda yaptıkları in vivo histolojik çalışmalarda fleksör tendonun iyileşme sürecinin hücresel cevabını tanımlamışlardır<sup>5</sup>. Lindsay’e göre proliferen olan fibroblastlar sadece tendon periferinde bulunan fibroblastlardır. Tendon hücreleri ise sadece “ground substance” sentezleyebilir. Yeni fibroblastlar epitenondan kaynaklanmakta ve tendon birleşme hattına göç ederek iyileşme sürecini başlatmaktadır<sup>54</sup>.

1980’lerin başında Katsumi ve Tajima ile birlikte Lundborg, tendon intrinsek iyileşme sürecinin tamamını gözlemledikleri deneysel çalışmaları yapmışlardır. Fleksör tendon iyileşmesinin intrinsek oluşum sürecini destekleyen güçlü deneysel çalışmalara rağmen; Potenza, Herte ve Chow yaptıkları benzer araştırmalarda, ekstrinsek sinovyal hücrelerin iyileşme sürecinde daha etkili olduğunu göstererek deneysel ve teorik olarak intrinsek iyileşme sürecinden farklı bir yol olduğunu yayınlamışlardır.

Gelberman, iyileşen tendon yüzeyinde prokollajen Tip-1 mRNA ekspresyonunun yüksek olduğunu saptamış, bunun da fleksör tendon iyileşmesinin erken evrelerinde epitenondaki intrinsek hücrelerin kollajen sentezinde daha büyük role sahip olduğunu kanıtı olarak ileri sürmüştür. TGF-beta-1 mRNA ekspresyonu ile ilgili yapılan çalışmalar ise tendon iyileşmesinde hem ekstrinsek (tendon kılıfındaki fibroblastlar) hem de intrinsek (tenosit) faktörlerin rol aldığını göstermiştir.

Gelberman, tendon onarım sonrası erken pasif hareketin intrinsek onarım sürecini artırdığını göstermiştir. İlk olarak revaskülarizasyon artışı görülür. Mobilitenin artması ile vasküler yapılar da longitudinal yerleşim gösterir. Buna karşılık immobilizasyon tendon yatağında vasküleritenin azalmasına neden olur. Bütün bu bulgular tendon iyileşmesi sırasında vasküler dolaşımın önemli olduğunu göstermektedir. Bu dönemdeki metabolik ihtiyaç sinovyal difüzyonun karşılayabileceğinden çok daha fazladır. Mobilize tendonlarda ayrıca dayanım kuvveti

artışı, kayma fonksiyonunda ve tendon ekskürsionunda iyileşme, onarım bölgesindeki DNA miktarında artış ve adezyon formasyonunda azalma görülür<sup>54</sup>.

### **Tendon Yaralanmaları ve Tedavisi**

Fleksör tendon yaralanması düşünülen bir el çok iyi değerlendirilmelidir. Yaralanmanın yeri, yaralanma mekanizması ve yaralayan alet, eşlik eden cilt-sinir-damar ve kemik yaralanması, doku kaybı olup olmaması tedaviyi doğrudan etkileyen kriterlerdir<sup>85</sup>.

Tendon onarımı ilk 12 saat içinde yapılan primer onarım, daha sonraki 10-14 gün içinde ya da cilt yarası iyileşinceye kadar yapılan gecikmiş primer onarım, 2-4 hafta sonrasında yapılan sekonder onarım ve 4 haftadan sonra yapılan gecikmiş sekonder onarım olarak tanımlanır<sup>16,85,86</sup>. Eğer hasta medikal olarak uyumlu, yara enfekte değil ve el cerrahının uygun ekipmanı mevcut ise tendon en kısa zamanda onarılmalıdır<sup>87</sup>. Gelberman köpek modelinde fleksör tendon onarımının en iyi sonuç verdiği durumu onarımın olaydan sonraki saatler içinde yapıldığı ikinciyi de 10 gün sonrasında yapılanlar olarak belirtmiştir. En kötü sonuçları ise 4- 7 gün arasında yapılan onarımlar sonrasında tespit etmiştir<sup>16</sup>.

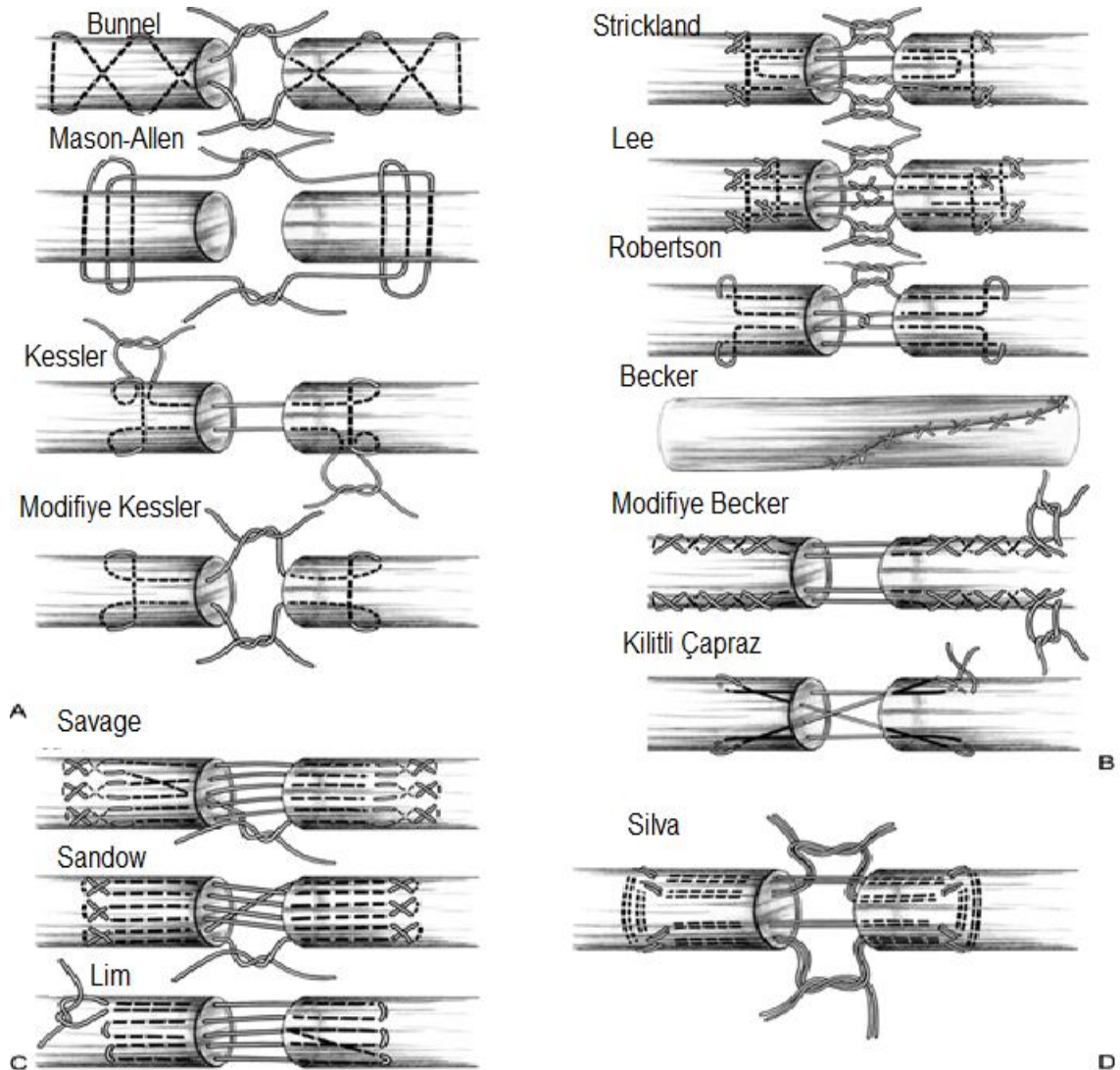
Üzerinde uzlaşılacak diğer bir nokta FDP ve FDS birlikte kesilmiş ise sadece FDP'nin tamir edilmesi yerine, her iki tendonun da tamir edilmesidir. Primer tamirin çeşitli avantajları vardır. Bunlar arasında dikişin daha kolay atılması, tendonların dikişleri daha iyi tutması, tendonların ayırımının kolay olması, tamir uçlarındaki aralıkların minimal olması, vasküleritedeki bozulmanın minimal olması ve erken harekete izin vermesi yer alır<sup>85</sup>. Parmak ve avuç içinde ciddi, çoklu doku yaralanması varlığında, enfeksiyon riski yüksek kontamine yaralanmalarda ve fleksör sistem üzerinde kapatılmayan cilt defekti varlığında primer tamir yapılmamalıdır. Tendon yaralanmalarının erken tedavi edilmediği durumlarda; geç primer tamir, sekonder tamir, serbest tendon grefti veya iki basamaklı tendon onarımı gibi girişimlerle sorun çözümlenir. Parmaklarda kötü bir skar varlığında ise daha kompleks rekonstrüktif işlemlere gerek duyulur<sup>34,55</sup>.

Her ne kadar Beasley "yemek kitabındaki tarifler" olarak nitelendirip onaylamadığını söylesede<sup>88</sup>, tedavi şeklini ve prognozu etkilemesinden ötürü fleksör tendon yaralanma bölgeleri geniş şekilde kabul görmüştür. Bu yüzden tedaviyi de bu bölgeler için ayrı olarak değerlendirmek gerekmektedir.



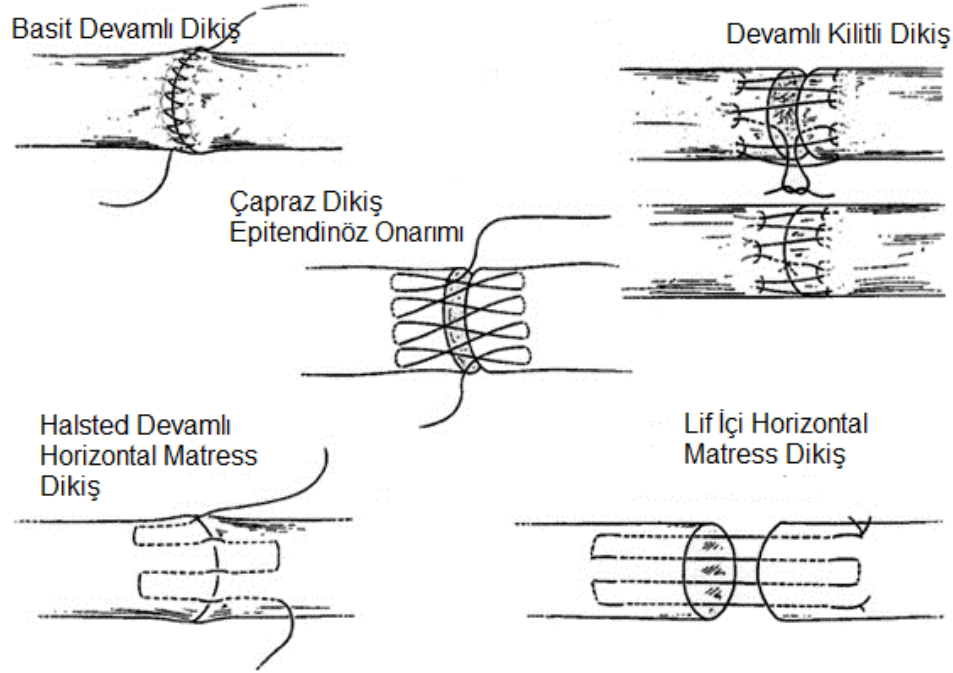
Titiz bir onarım için yaralanan bölgedeki tendonları iyi bir şekilde ortaya koymak gereklidir. Tendon onarımında volar yüzde kullanılacak insizyonlar da özenle seçilmelidir<sup>89</sup>. Yapılacak insizyonlar kesik tendon uçlarını ortaya koyabilmeli, daha sonraki dönemde oluşabilecek skar dokuları nedeniyle kontraksiyon yaratmayacak şekilde de eklem bölgelerine ve avuç içi çizgilerine göre dizayn edilmelidir.

Tendon onarımlarında birçok farklı cerrah onarım için farklı suture teknikleri tanımlamış ve kullanmıştır. Bunnell metodu uzun yıllar kullanılmış ama uç-uca onarımda uzun zamandır popüler değildir. İki geçişli modifiye Kessler ve Tsuge yöntemleri son 40 yıldır en fazla kullanılan yöntemlerdir. Son 20 yılda çok geçişli yöntemler tanımlanmaya başlanmıştır. Bunlar 4 geçişli onarımlardan modifiye Savage, Strickland, double Kessler, Lee; 6 geçişli tekniklerden Savage, Lim-Tsai, Tang ve M-Tang; 8 geçişli tekniklerden ise Winster-Gelbermann metodu tariflenmiştir<sup>42</sup>(Şekil 14).



Şekil 14. Birçok cerrah tarafından tanımlanmış farklı onarım teknikleri.

Epitendinöz dikişler tendon uçlarında pürüzsüzlük yaratmaya, bu sayede de tendon hareketi esnasında boşluk oluşumuna resistansı artırır<sup>90</sup>. Tendon onarımında olduğu gibi epitendinöz sütürler içinde basit devamlı, devamlı kilitli, çapraz gibi farklı yöntemler tanımlanmıştır (Şekil 15).



Şekil 15. Epitendinöz dikiş yöntemleri.

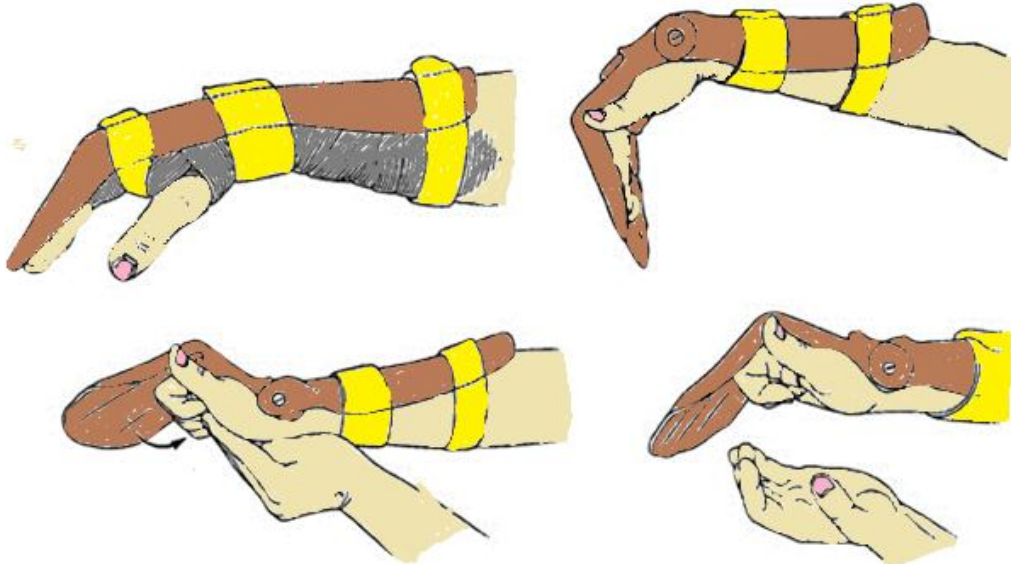
Distal palmar çizgi ile FDS tendonunun insersiyosu arasında kalan bölge-II tendon yaralanmalarında yapılan onarımlar sonrası sonuçlar kötü olduğundan, 20.yy ortalarına kadar bu bölge için tendon grefti ile onarım tercih edilmekteydi. Ancak 1960'lı yıllarda Verdan, bu bölgedeki yaralanmalarda da primer onarım ile başarılı sonuçlar alınabileceğini göstermiştir<sup>91</sup>. Geniş kontaminasyon ya da masif yaralanma yoksa her iki tendonunda onarımı önerilir. Bir dönem FDP için daha geniş bir alan sağlanması için FDS tendonunun eksizyonu popüler olmuştur ve günümüzde bunu hala savunanlar vardır. Buna karşılık Strickland, FDP'ye kan desteği sağlayan vinkular sistemin korunması nedeni ile FDS onarımını önermektedir. Strickland'a göre

FDS onarımının; parmağın bağımsız hareketini sağlaması, yakalama kuvvetinin daha güçlü olması, FDP için daha düzgün ve kaygan bir yatak sağlaması, PIP eklem hiperekstansiyon riskini azaltması ve güç paylaşımı nedeni ile tendon rüptürü riskini azaltması gibi avantajları da vardır<sup>55,92</sup>.

Yapılan bir çalışmada bölge-II tendon tamir sonuçlarını belirleyen en önemli faktörün 3 hafta boyunca kontrollü ROM (range of motion) olduğu saptanmıştır. Bunun dışında hastanın yaşı, yaralanmış tendon sayısı, ödem ve yaralanmış parmak sayısı da diğer önemli değişkenlerdir.

### **Tendon Yaralanmalarında Rehabilitasyon**

Postoperatif tedavide yaş, yaralanmanın büyüklüğü, yaralanan tendonların sayısı, yerleşim, eşlik eden yaralanmalar, ödem, motivasyon ve kor sütürlerin sayısı gibi birçok faktör dikkate alınır<sup>43</sup>. Günümüzde fleksör tendon onarımlarından sonra erken kontrollü hareket protokolü uygulaması genel kabul görmüştür. Kritik kopma gücünün üstüne çıkmadığı takdirde erken hareketin, onarımın kuvvetini artırdığı görülmüştür. Erken mobilizasyon ya Duran'ın tanımladığı pasif şekilde ya da Kleinert ve Lister'in tanımladığı "aktif ekstansiyon-pasif fleksiyon" şeklinde olabilir<sup>93</sup>. Erken aktif fleksiyon ve devamlı pasif fleksiyon protokolü ile de ümit verici sonuçlar elde edilmiştir(Şekil 16).



Şekil 16. Cerrahi bandaj çıkarıldıktan sonra kontrollü aktif harekete geçilen fleksör tendon onarım protokolü (**sol üst**), el bileğini hafif fleksiyon, metakarpofalangeal eklemleri 50-derece fleksiyon, interfalangeal eklemleri ekstansiyon pozisyonunda

tutan geleneksel dorsal blok splintinin uygulanması (**sağ üst**). Metakarpofalangial eklemlerin asgari 60 derece fleksiyonuna izin veren, el bileğinin 30 derecelik ekstansiyon ve tam fleksiyonunu sağlamak için yapılan, menteşe kısmı el bileği olan tenodezis splinti (**sol alt**). El bileği fleksiyondayken parmakların pasif fleksiyona getirilmesi ve takibinde el bileğinin ekstansiyonu ve parmakların pasif fleksiyonunun korunması (**sağ alt**). Sonrasında hasta parmakları bu pozisyonunda tutmaya yetecek minimal kas kuvveti ile birkaç saniyeliğine aktif fleksiyonu sürdürür.

Yapılan bir kadavra çalışmasında bölge-II'de FDS ve FDP eksrüksiyonları ve birbirleri ile ve sinovial kılıf ile ilişkileri araştırılmış. DIP eklemine izole 10 derecelik fleksiyonunda FDP tendonu FDS tendonuna göre sadece 1 mm hareket etmektedir. PIP ekleminin her 10 derecelik hareketinde ise FDS ve FDP tendon kılıfına göre 1,3 mm hareket etmektedir. Pasif MP eklem hareketi ise hiçbir relatif harekete neden olmamaktadır. Araştırmacılara göre Kleinert ateli DIP eklemine çok az harekete neden olmakta bu nedenle bir palmar pulley oluşturulması gerekmektedir<sup>42</sup>. Bu görüş günümüzdeki pek çok aktif ekstansiyon protokolünün temelini oluşturmaktadır.

El bileğinin hareketi FDS eksrüksiyonunu FDP eksrüksiyonundan daha fazla artırmaktadır. FPL eksrüksiyonu ise el bileği hareketinden çok az etkilenmektedir. Bu nedenle dinamik el bileği tenodez splintleri geliştirilmiştir.

Günümüzde daha çok aktif ekstansiyon-pasif fleksiyon yapan programlar tercih edilmektedir. Ancak PIP ve DIP eklemine tam pasif fleksiyon ve ekstansiyon yaptıran programlarla da aynı derecede tendon eksrüksiyonu sağlanabilmektedir.

Fleksör tendon onarımlarından sonra pek çok otör 12 hafta boyunca elin tam kullanımına izin vermemektedir<sup>54</sup>.

### **Sonuçların Değerlendirilmesi**

Son 15 yıldır rapor edilen sonuçlar göstermiştir ki primer onarım sonrası parmakların aktif hareket genlikleri açısından %75'inden fazlası mükemmel ve iyi sonuçlarla iyileşmiştir. Ama yine FPL tendonu için %3 ile %17, diğer parmak fleksörleri içinde de %4 ile %10 arasında onarım sonrası rüptür oranları çoğunlukla rapor edilmiştir<sup>94</sup>. Ciddi oranda yanlış rehabilitasyona bağlı olarak parmak kontraktürü görülür. Strickland ve Glogovac kriterleri, sonuçları değerlendirmede en sık kullanılan metotdur<sup>95</sup>. Strickland ve Glogovac'ın kriterleri tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Fleksör tendon onarımı sonrası sonuçların değerlendirilmesi  
(Strickland ve Glogovac kriterleri)

Sonuç	İP Eklemler Toplam Aktif Hareket Genişliği	Fonksiyonel İyileşme Oranı
Çok iyi	> 150°	% 85 -100
İyi	125°- 149°	% 70 - 84
Orta	90°- 124°	% 50 - 69 %
Kötü	90° <	50'den Az

TAM (total active range of motion) metodu Amerikan El Cerrahisi Birliği tarafından önerilen metodken, Buck-Gramcko metodu Alman El Cerrahisi Birliği tarafından kullanılır<sup>96</sup>. Buck- Gramcko sisteminde ise 3 parametre kullanılır;

1. Kompozit digital eklem fleksiyonu.
2. Plupa-palmar mesafe ölçümü
3. Ekstansiyon defisiti

Strickland'a göre MP eklemi fleksör tendon cerrahisinden etkilenmediğinden bu eklem hareketinin değerlendirilmeye katılması ile sonuçlar yanıltıcı olabilmektedir. Strickland sonuçları normal değerlerle karşılaştırmaktadır<sup>54</sup>

### **Komplikasyonlar**

Tendon cerrahisinde komplikasyonlar erken ve geç komplikasyonlar olarak ayrılır. Erken komplikasyonlar enfeksiyon, yara iyileşme problemleri, tendon veya pulley rüptürleri ve kılıf içinde tendonun yetersiz kayma hareketi göstermesi olarak sıralanabilir. Geç komplikasyonlar arasında ise yine onarılmış tendon rüptürü veya gerilmesi, tendon adezyonları, eklem kontraktürleri, azalmış fleksiyon kuvveti, anormal skarlar ve pulley disfonksiyonudur. Bütün el cerrahisi uygulamalarında olduğu gibi refleks sempatik distrofi potansiyel komplikasyondur.

Fleksör tendon onarımından sonraki komplikasyonları en aza indirmek için dokuya karşı atravmatik yaklaşım tercih edilmeli, tendon ve pulley onarımına özen gösterilmeli ve uyumlu hastada postoperatif erken harekete başlanmalıdır.

Adezyonlar en sık karşılaşılan problemlerdendir. Sekonder tenolizis oranları %20'den, %40'lara kadar rapor edilmiştir<sup>97</sup>. Tendonda ve kılıfta oluşmuş travma ve eklenecek olan cerrahi travma, immobilizasyonla birleştiğinde adezyon oluşumu için ideal şartları oluşturular. Ekstrinsik iyileşme adezyondan sorumlu tutulur. Bu nedenle

de yumuşak doku ve kemikteki yaralanmanın dercesi büyük oranda iyileşme sonuçlarını etkileyebilir ve ilerleyen dönemde tenolizise ihtiyaç duyulabilir. Uyumlu hasta ve iyi onarımlara rağmen, birçok hastada tendonun kayganlığının azalmasına ve hareketin kısıtlılığına neden olan adezyon problemi ile karşılaşmaktadır.

Rüptür oranları da klasik protokoller için %0 ile %9 arasında, aktif hareket protokolleri içinde %0 ile %46 arasında değişmektedir<sup>98,99</sup>. Yüksek oranlı rüptür bildiren çalışmalar da çok geçişli sütün tekniğinin kullanılmadığı ve gerçek aktif fleksiyon protokolünün uygulanmadığı dikkati çekmektedir. Rüptürler genellikle 10. gün civarında gerçekleşirken onarımdan sonraki 6-7. haftalarda da görülebilir<sup>100</sup>. Rüptürler sıklıkla kuvvetli parmak fleksiyonunun sonucunda oluşur. Eğer erken dönemde oluşursa reeksplorasyon yapılarak tekrardan fleksör tendonun onarımı yapılmalıdır.

PIP ve DIP eklemlerde kontraktürler en sık görülen geç dönem komplikasyonlarıdır<sup>101</sup>. En iyi tedavi yaklaşımı interfalangial eklem ekstansiyonunu artıracak olan erken terapi uygulamalarıdır. Bu statik ve dinamik splintler yardımıyla gerçekleştirilmektedir.

### **Tendon Rekonstrüksiyonu ve Tendon Grefti**

Uygun olduğunda fleksör tendonların primer onarımı altın standart olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte tüm primer onarımlar kusursuz olmamakta tendon greftleri ile birlikte tendon rekonstrüksiyonlarına ihtiyaç duyulabilmektedir. Kleinert 10 gün ile 4 hafta arasında yapılmış onarımları erken ikincil onarımlar, 4 haftadan sonrakileri de geç ikincil onarımlar olarak değerlendirmiştir<sup>49</sup>. 4 hafta sonrasında fleksör tendonun fibroosseöz kılıflardan, pulleylerden geçirilmesi son derece güçlük gösterir. Tendonlar ikincil onarılmadan önce yara yerinde inflamasyon ve şişlik az olmalı, cilt örtüsü uygun olmalı, tendonun kayabileceği yatak olabildiğince skarsız olmalıdır. Eklemlerin fonksiyonel hareket açıklığına sahip olması, parmaklarda duyu kusurunun bulunmaması tedavi sonucunu olumlu yönde etkileyen faktörlerdir.

Tendon rekonstrüksiyonu için klinik endikasyonlar:

1. Tam onarım için gecikme yaşamış olan veya uç-uca yaklaştırmanın mümkün olmadığı hastalar: Bu, yaralanmadan sonra 3-6 haftaya kadar kısa zaman aralığında gerçekleştirilebilir ve bu gecikmiş onarıma maruz kalan her hasta tendon greftlerinin uygulanabilirliği açısından hazırlanmalıdır. Kademeli tendon rekonstrüksiyonu açısından diğer endikasyonlar ise ezilme yaralanmaları,

enfekte yaralar, tendon defekti ve tendon kılıfı ve pulley sistemindeki kayıpların olduğu durumlardır<sup>16</sup>.

2. FDP ve FDS'nin primer onarımlarının başarısız olduğu hastalar: Rekonstrüksiyon cerrahisine giden hastaların büyük çoğunluğunu oluşturur. Boyes, seçilecek prosedür için parmağın durumuna göre bir sınıflama yapmıştır<sup>102</sup>(Tablo 2). Buna göre grade-1 tek seanslı tendon grefti ile, diğerlerinde iki seanslı rekonstrüksiyon yapılmalıdır<sup>54</sup>.

Tablo 2: Tendon greftlemede Boyes'un pre-op sınıflaması

Grade	Pre-op Durum
I-İyi	Eklemler hareketli, minimal skar, trofik değişiklik yok
II-Skarlı	Yaralanma veya önceki operasyona bağlı ciltte aşırı skar mevcut, enfeksiyon veya önceki operasyona bağlı derin dokularda skar
III-Eklem Hasarı	Eklem hareket genliğini etkileyen eklem yaralanması
IV-Sinir Hasarı	Parmaklarda trofik değişikliklere neden olan dijital sinir yaralanması
V-Multiple Yaralanma	Yukarıdaki problemlerle birlikte multiple parmak yaralanması

3. Sağlam FDS üzerinden tendon greftlemesi: tendon greftlemesi açısından en zor endikasyondur<sup>16</sup>. Tendon greftlemesi sonrası sıkça oluşan sekonder katılık probleminden kaçınmak için DIP eklemine artrodez ve tenodez alternatif tedavi seçenekleridir. Tendon grefti endikasyonu sadece motivasyonu iyi, pasif eklem hareketi tam, belirgin yumuşak doku skarı olmayan hastalar için geçerlidir<sup>103</sup>. En iyi endikasyonu küçük parmak tendonlarının rekonstrüksiyonudur. Çünkü küçük parmağın FDS tendonu kuvvetli yakalama açısından sıklıkla yetersiz kuvvettedir.
4. Seçilmiş primer onarımın olanak dışı olduğu varsayılan hastalar da primer müdahaleden kaçınılılarak, kademeli tendon rekonstrüksiyonuna başlama yönünde karar alınabilir: Kol ve parmak replantasyonu yapılan hastaları kapsar. Bu vakalar da ilk önce silikon implant hem parmak replantasyonlarında fleksör kılıf yerine hem de bilek seviyesindeki amputasyonlarda dorsal ekstansör kompartmanlar yerine eklenebilir. Onarım kararı sadece tek taraflı

tendon mekanizması olarak verilmelidir. Ameliyat sonrası rehabilitasyonu basitleştirmek açısından ya dorsal ya da volar seçilmelidir. Eğer primer onarım mümkünse hastaya ikincil operasyon önermekten kaçınılabilir.

5. Tendon transferi öncesi ciddi skar yatağı mevcutsa: Uygun bir yatak hazırlanması için silikon implant yerleştirilen kademeli rekonstrüksiyon gereken grubu temsil eder.
6. Nadir olarak görülen konjenital fleksör veya ekstansör tendonların defektif olduğu hasta grubudur<sup>16</sup>.

### **Rekonstrüksiyon Seçenekleri**

Tendon grefti ile onarım ya tek aşamalı ya da çok aşamalı prosedürlerden oluşur. Tek aşamalı prosedür eklem, cilt ve pulley rekonstrüksiyonun gerekmediği ve ciddi skar formasyonunun olmadığı durumlarda endikedir. Burada sadece amaç aktif parmak hareketi için diğer dokulara ihtiyacın olmadığı durumda tendonun yerine konmasıdır.

İki aşamalı onarım eklemlerin, pulleylerin, kılıfın ve yumuşak dokuların durumlarının tek aşamalı onarıma engel teşkil ettiği durumlarda endikedir<sup>104</sup>. Aktif tendon implantları Hunter tarafından geliştirilmiştir<sup>105</sup>. Teorik olarak suni tendon üzerinden aktif hareket sağlaması avantajlarıdır. Proksimal kas da iyi ekskürsion ile kuvveti devam ettirebilir ve daha olgun tendon kılıf oluşumunu sağlayabilir. Bunun yanında distal ve proksimal fiksasyon problemleri geniş kullanım alanı bulmasını engeller. İmplant bileşkesinde kayıp ile sonuçlanan inflamatuvar yanıt sıklıkla daha sonra yapılacak greft ile değişimi zorlaştırır ve aktif tendon implantların kullanımını sınırlar. Pasif silikon implantlar halen kademeli tendon rekonstrüksiyonunda altın standarttır.

### **Rekonstrüksiyon Kontrendikasyonları**

Akut enfeksiyon mutlak kontrendikasyondur. Diğer mutlak kontrendikasyon ön hazırlık olarak eklem gevşetme cerrahisi veya fizyoterapi ile düzeltilememiş, parmakta pasif hareket aralığında eksiklik olmasıdır. Pasif hareket aralığının zayıf olması tek aşamalı greftleme için kontrendikasyonken, aşamalı rekonstrüksiyona engel teşkil etmez. Rölatif kontrendikasyonlar ise parmağın zayıf vasküleritesi ve eklem, sinir, cilt eksikliğiyle birlikte ciddi parmak yaralanmalarıdır. Tendon rekonstrüksiyonu operasyon sürecinin uzun olması, komplikasyonlar, operasyon sonrası bir dönem aktif hareket kısıtlılığı; bütün ciddi yaralanmış parmaklara



rekonstrüksiyon yapılacak diye bir sonuç çıkmamalı, amputasyon daima seçenek olarak hatırlanmalıdır<sup>106</sup>. Genellikle aşamalı rekonstrüksiyon için en az 6 ay zaman gereklidir.

### **Cerrahi Zamanlama**

Yumuşak doku örtüsü ve eklem hareket aralığı zamanlamayı belirleyen kritik faktörlerdir. Cerrahi, tama yakın eklem hareket aralığı sağlanana dek ertelenmelidir. Tamamlayıcı tendon greft cerrahisi öncesi eklem gevşetme operasyonu yapılmalıdır. Eğer eklemde tam eklem hareket aralığı sağlanamazsa, hasta ile yaklaşık hareket aralığı ile ilgili tartışıp, tatmin olup olmayacağından emin olmak gerekir. Ciddi skarı olan ve fleksiyon kontraktürü olan el, iyi sonuçlar için uygun değildir. Düşük enerjili yaralanmalarda, yara iyileşmesi ve yumuşak doku hemostazisi 6 hafta süreceğinden tendon greftlemesinde bu zamana göre planlanmalıdır. Daha ciddi yaralarda tendon greftlemesi için 3 ile 6 ay kadar beklemek gerekebilir<sup>16</sup>.

### **Tendon Grefti İyileşmesi**

Tendon grefti iyileşmesi suture edilmiş tendonların iyileşmesinden biraz farklıdır. İyileşme sadece suture hatlarında olmaz, ayrıca gerim kuvvetinin devam ettirilebilmesi için tendon greftinin merkez kısmının da revaskülerize olması gerekir<sup>107</sup>. Tendon greftlerinin yaşaması ve iyileşmesi fibroblastların migrasyonu ve proliferasyonu yoluyla canlı dokular ve tendon eşdeğeri yapıların kombinasyonu şeklinde gerçekleşir. Yaşam ve proliferasyon için tendonun farklı noktalarında farklı kombinasyonlar oluşur. Suture hatlarında büyük oranda yeni dokuların proliferasyonu şeklinde tendon grefti elemanları yerleşir (rejenerasyon süreci). Tendon greftinin merkezi kısmında tendonun devamlılığını koruyabilmek için fibroblastlar yer alır (onarım süreci).

Serbest tendon greftleri beslenme açısından sinovial sıvıya ihtiyaç duyan yaşayabilir yapılardır. Bu nedenle onarılmış bir kılıf ya da silikon implant uygulamasıyla oluşturulmuş psödokılıfın varlığı şarttır. Psödokılıf tarafından salınan sıvı sinovia kaynaklı olmamasına rağmen, birçok otör bunun zaruri olmadığını göstermiştir<sup>56</sup>. Tendon greftinin sinovial difüzyona bağlı olma güvencesi bu biyolojik noktaya dayanarak koruyucu postoperatif mobilizasyon uygulamasını akılcı kılar. Sinovial sıvı geri emilimi hareket ve pompa fonksiyonu ile oluşturulur<sup>108</sup>. Bu sebepten tendon beslenmesi ve kayganlığı postoperatif rejimden pozitif etkilenir.

Damarlar 1. haftada tendon greftinin uçlarına penetre olmaya başlarlar. 2 hafta sonra temasta olduğu etrafını saran psödokılıfta damar proliferasyonu görülebilir.

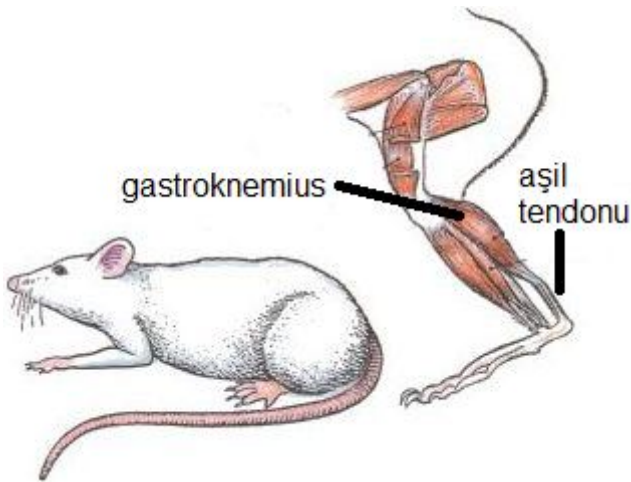
Psödokılıftaki ve tendon greftindeki damarlar arası anastomozların oluşması 5 ile 6. haftalar civarında gerçekleşir. Tendon greftinin vasküleritesi 10 hafta sonra normal tendonun üstüne çıkarken 15. hafta da normale döner. Bu revaskülarizasyon süreci primer tendon onarımına nazaran 2-3 hafta yavaştır<sup>16</sup>.

### **Deney Modeli Anatomisine Kısa Bakış**

Ratların yapısı omurgalı hayvanların genel özelliklerini taşır. Gövdenin % 85'i kadar uzunlukta ki kuyruk dengeyi sağlama da etkili bir yapıdır. Boyun nispeten kalındır ve uzun kafayı gövdeye bağlar.

Ön ve arka ayaklar beş parmaklıdır. Ön ayaktaki başparmak ayrı bir parmak görünümünde olmakla birlikte küçük ve işlevsizdir. Ön ve arka ayakların bası yüzlerinde dikkat çeken “yürüme yastıkları” vardır. Her iki yapının tabanı da kılsızdır<sup>109</sup>.

Ratlarda tendon modeli olarak kullanılabilen iki yapı mevcuttur. Bunlardan ilki kıllı ve pullu deriyle kaplı olan kuyruk tendonu, diğeri de aşil tendonudur. Diğer tendon yapıları model oluşturamayacak kadar küçüktür. Tarsal ekleme ekstansiyon yaptıran ve triceps surae olarak anılan yapılar gastroknemius ve soleus kaslarıdır<sup>110</sup>. Aşil tendonu ayağa plantar fleksiyon yaptıran gastroknemius kasını kalkaneus kemiğine bağlar. Gastroknemius bacağın arka kısmında en posteriorda palpasyonla dahi hissedilen kas yapısıdır. Kaput mediale ve kaput laterale olarak iki farklı bölümden oluşur. Bu iki yapı muskulotendinöz bileşkeye yaklaştıkça birbirine yaklaşarak incilir ve nihayetinde birleşerek aşil tendonu olarak devam eder<sup>111</sup> (Şekil 17).



Şekil 17. Rat gastroknemius kasının distalde aşil tendonu vasıtasıyla kalkaneus kemiğine bağlanması

Tendon distale doğru gidildikçe lifler birbirine daha sıkı duruma gelmeye başladığından çap olarak daralma eğilimindeyken, yapı olarak daha kompakt bir hal alır ve kalkaneus kemiğine yapışarak sonlanır. Gastroknemius kasından kalkaneus kemiğine kadar ortalama uzunluğu 12-15 mm, çapı ise 2-3 mm arasında olabilmektedir. Etrafı çok ince bir epitenonla sarılıdır. Kalkaneus kemiğine yapışma yerine yakın plantaris tendonu ile yakın komşuluk halindedir. Ratlarda gelişmiş olarak bulunan plantaris tendonu aşil tendonun çapının 2/3'ü kadar olabilmektedir. Gelişmiş olması aşil tendon hasarlarında internal splint olarak fonksiyon görmesini de sağlamaktadır.

## GEREÇ VE YÖNTEMLER

### Deney Modelinin Oluşturulması

Tendonla ilgili çalışmalarda hayvan modelleri sıkça kullanılmaktadır. İnvazif değerlendirme tekniklerinin dahil edilebilmesi, detaylı doku incelemenin yapılabilmesi ve biyokimyasal içeriklerin analizinin yapılabilmesi gibi avantajlara sahiptirler<sup>112</sup>. İnsan tendonundaki problemlerin bazı yönleriyle oluşturulması için kullanışlıdır. Çünkü hayvan modellerinde tek bir faktörün kontrol altına alınması daha kolaydır. Tendon modeli olarak tavşan, tavuk, köpek ve rat kullanılabilir<sup>113</sup>. Biz de çalışmamızda Wistar albino türü rat kullandık ( Resim 1).



Resim 1. Wistar albino türü rat.

Ratlarda aşil tendonu ve kuyruk tendonu tendon modelleri ile ilgili çalışmalarda kullanılabilir. Hem maliyetin düşük olması, hem de ratlarda aşil tendonun laserasyonların ve tamirlerin incelenmesinde uygun kalitede olmasından dolayı çalışmamızı rat aşil tendonu üzerinde gerçekleştirdik.

### Deney Protokolü

Bu tez çalışmasının etik kurallara uygunluğu, Mersin Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu (HAYDEK) tarafından 28/06/2012 tarihin de 2012/41 sayılı karar ile onaylanmıştır. Çalışma Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Deney Hayvanları Yetiştirme ve Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada, ortalama  $325 \pm 50$  gr ağırlıkları olan Wistar albino tipi 44 adet erişkin dişi sıçan kullanılmıştır. Tüm sıçanlara Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik

Kurul'unun öngördüğü şekilde Deney Hayvanlarının Bakım ve Kullanılmalarına yönelik etik kurallar uyarınca bakılıp muamele edilmiştir. Denekler uygun kafeslerde her kafeste 5 adet olacak şekilde, standart oda ısısında, 12 saatlik karanlık ve aydınlık siklusunda tutulmuştur. Yeterli miktarda kemirgen yemi ile beslenerek yeterli miktarda su verilmiştir.

### **Çalışma Grupları**

Bu çalışmada 44 adet erişkin dişi Wistar albino rat kullanılmıştır. Bu ratların 44 tanesinin sağ aşil tendonu üzerine cerrahi girişim uygulanmış, 44 ratın arasından rastgele seçilmiş 22 tanesinin de sol aşil tendonu sham grubu olarak çalışma da yer almıştır. 22'şer aşil tendonunun yer aldığı toplam 3 grup oluşturulmuştur.

Grup 1 ( n=22 ): 44 adet rat arasından rastgele seçilmiş olan 22 tanesinin sol aşil tendonu uygun anestezi şartlarında diseke edilmiş ancak defekt oluşturulmadan cilt sütüre edilerek işlem sonlandırılmıştır. (sham grubu)

Grup 2 ( n=22 ) : 22 tane rat sağ aşil tendonu diseke edilmiş, tendon distal ve proksimalden tam kat insize edildikten sonra Kessler tekniğine uygun distal ve proksimal sütürasyon ile tekrardan tendon grefti olarak yerine konulmuş ve cilt kapatılmıştır (kontrol grubu).

Grup 3 ( n=22 ) : 22 tane rat sağ aşil tendonu diseke edilerek, tendon distal ve proksimalden tam kat insize edilmiş ve tekrardan tendon grefti olarak yerine konularak yeni tanımlanan yöntem ile onarılmış ve cilt kapatılmıştır (çalışma grubu).

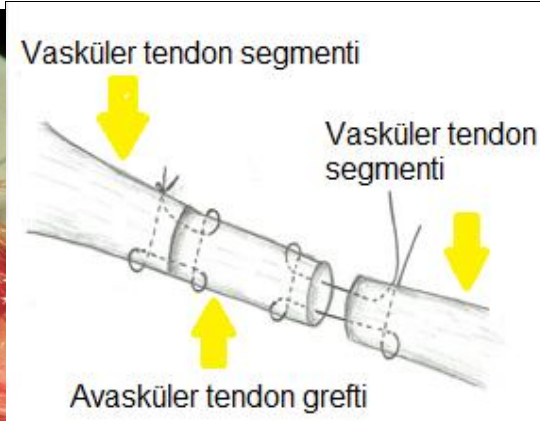
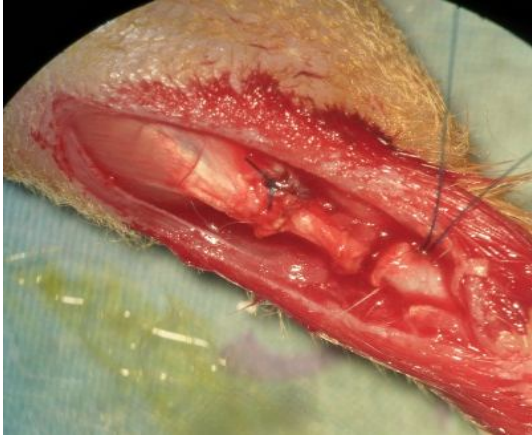
### **Cerrahi Teknik**

Ratların tümüne uygun dozda (80 mg/kg) ketamine hydrochloride (Ketalar®; EWL Eczacıbaşı Warner Lambert İstanbul-Turkey)+(10 mg/kg) ksilazin (Rompun ®;Bayer ,Türkiye) intraperitoneal uygulanarak anestezi sağlandı. Ratların sonrasında arka bacakları traş edildi ve ratlar prone pozisyonda sabitlendi. Traş edilen arka bacakları %10 polyvinylpyrrolidone-iodine (Biokadin®; Biokar Düzce-Turkey) ile boyandı ve 15 numaralı bistüri ile posteriordan 2 cm vertikal cilt insizyonu yapıldı. Rat aşil tendonu gastroknemius kasından insersiyonu olan kalkaneus kemiğine kadar mikromakasla ekplere edildi.

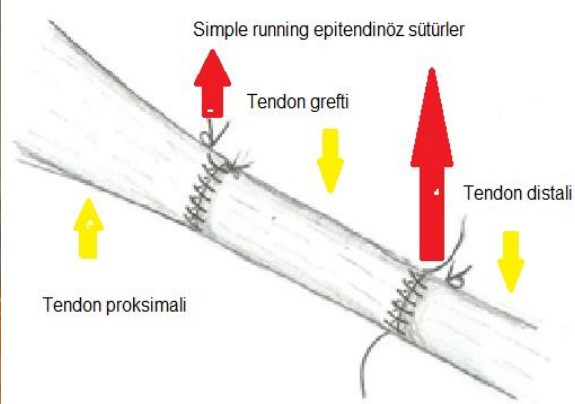
Grup 1'deki deneklerin ( sham grubu ) sol aşil tendonu uygun anestezi şartlarında mikromakasla diseke edildi ancak defekt oluşturulmadan cilt 3/0 kaprosin ile primer sütüre edilerek işlem sonlandırıldı.

Grup 2'deki deneklerin sağ aşil tendonu uygun anestezi şartlarında 8 mm ara ile distaldeki ve proksimaldeki 2 farklı noktadan 15 numara bistüri ile tam kat insize

edilerek tendon defekti oluşturuldu. Elde edilen avasküler tendon segmenti tendon grefti olarak kullanılarak 6/0 multipass çift iğneli prolen ile Standart Kessler yöntemi uygulanarak distal ve proksimal ucun ayrı ayrı suture edilerek onarım yapıldı (Resim 2). Epitenon onarımı içinde 8/0 multipass çift iğneli prolen kullanıldı. Onarım simple running tekniği ile gerçekleştirildi (Resim 3). Cilt 3/0 kaprosin ile primer suture edildi.

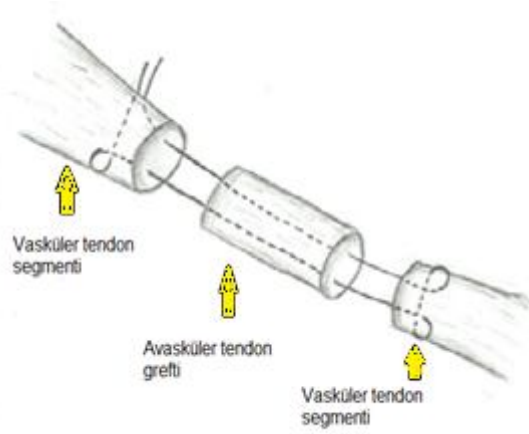
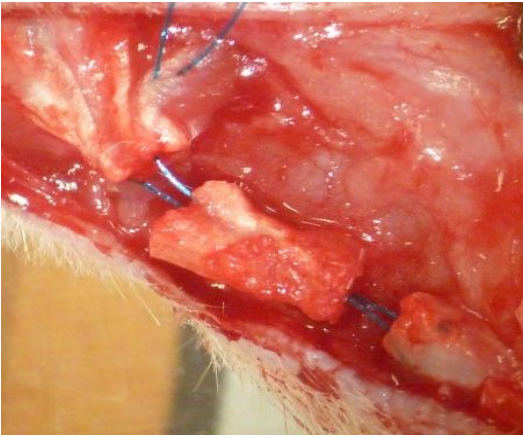


Resim 2. Standart Kessler yöntemi ile distal ve proksimalden tendon greftinin sutureasyonu.



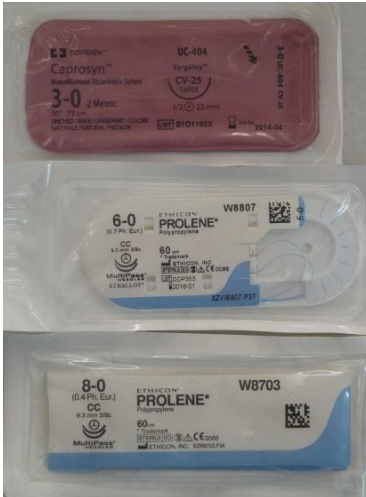
Resim 3. Simple running tekniği ile epitenon onarımı.

Grup 3'deki deneklerin sağ aşil tendonu uygun anestezi şartlarında 8 mm ara ile distaldeki ve proksimaldeki 2 farklı noktadan 15 numara bistüri ile insize edilerek tendon defekti oluşturuldu. Elde edilen avasküler tendon segmenti tendon grefti olarak kullanılarak, distal ve proksimal parçaları ayrı ayrı değil suture tendon greftini longitudinal olarak boylu boyunca geçtiği yeni tanımlanan dikiş tekniği kullanılarak 6/0 multipass çift iğneli prolen ile onarım yapıldı (Resim 4). Epitenon onarımı içinde 8/0 multipass çift iğneli prolen kullanıldı. Onarım simple running tekniği ile gerçekleştirildi. Cildi 3/0 kaprosin ile primer suture edildi.



Resim 4. Yeni tanımlanan yöntem ile greftin sütürasyonu.

Tendon dikişleri az travmatize emilemeyen, cilt dikişi ise erken emilebilen dikişler tercih edildi ( Resim 5).



Resim 5. Kullanılan suture materyelleri

Sham grubu hariç diğer gruplar da, yani grup 2 ve grup 3 de cilt sutureasyonu öncesi plantaris tendonu eksize edildi. Plantaris tendonu ratlarda insanlara nazaran gelişmiş yapı olarak bulunmaktadır. Aşil tendonun yaklaşık 1/3-2/3'ü kadar kalındır ve onarım sonrası iyileşme ve rehabilitasyon dönemlerin de intenal splint vazifesi görebilmektedir. Bu fonksiyonu açısından plantaris tendonu eksize edilerek devre dışı bırakıldı. Diğer üç ekstremitayı kullanarak yaralanmış ekstremitayı koruyabilen ratlar da onarımları güvenceye almak adına grup 2 ve grup 3'teki deneklere anestezi sonlanmadan önce alçı ile immobilizasyon uygulandı (Resim 6). Alçı operasyondan 3 gün sonra sonlandırıldı.



Resim 6. Cerrahi işlem sonrası alçı ile immobilizasyon

Yapılan tüm cerrahi işlemler Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Deney Hayvanları Yetiştirme ve Deneysel Tıbbi/ Cerrahi Araştırma Ünitesi Cerrahi Araştırma Laboratuvarı'nda bulunan mikroskop altında gerçekleştirildi. Cilt insizyonu, cilt sütürasyonu ve tendonların insize edilmesi hariç diğer tüm cerrahi işlemlerde de mikroaletler kullanıldı ve travmatik prosedür uygulanmaya çalışıldı.

#### **Deney Sonu Değerlendirme**

Her bir gruptaki deneklerin 28 günlük takip süresi dolana kadar günlük takip ve bakımları yapıldı. 28 günün sonunda denekler kurban edildi.

#### **Işık Mikroskopik Doku Takip ve İnceleme Protokolü:**

**Histolojik İnceleme:** Elde edilen dokular %10 nötral formalin ile 48 saat tespit edildikten sonra rutin yöntemle takip edildi ve parafin bloklara gömüldü. Bu bloklardan mikrotom yardımıyla 5 µm'lik kesitler alındı. Alınan kesitler hematoksilin-eozin ile boyandı. Tüm ışık mikroskopik görüntülemeler Olympus BX50<sup>TM</sup> (Olympus GmbH, Almanya) ışık mikroskopuna takılı Nikon CoolPix 5000<sup>TM</sup> (Nikon Corp. Tokyo, Japonya) dijital fotoğraf makinesi ile gerçekleştirildi.

Tendonların iyileşmesi, hem morfolojik inceleme ile, hem de ilk kez Tang ve arkadaşları tarafından tanımlanan tendon kılıfı yapışıklık skorlama yöntemiyle (Tablo 3) değerlendirildi. Bu skorlama aşağıdaki şekilde gerçekleştirildi:



Tablo 3. Yapışıklıkların histopatolojik değerlendirmesi

	<b>Puanlar</b>	<b>Yapışıklıkların Özelliği</b>
<b>Kantitatif</b>	0	Görünen yapışıklık yok
	1	Bir kaç dağınık filaman
	2	Çok sayıda filaman
	3	Yoğun, sayılamayacak kadar çok filaman
<b>Kalitatif</b>	0	Görünen yapışıklık yok
	1	Düzenli, uzamış, ince, filamentöz
	2	Düzensiz, karmaşık, kısalmış, filamentöz
	3	Yoğun, non-filamentöz
<b>Toplam Skorun Yorumu</b>	0	Yapışıklık yok
	2	Hafif düzeyde yapışıklık
	3, 4	Orta düzeyde yapışıklık
	5, 6	Ağır düzeyde yapışıklık

İyileşmeye göre de tendonlar yine Tang ve arkadaşlarının yaptığı sınıflamaya göre değerlendirildi (Tablo 4). Bu değerlendirme de iyileşme 4 kategoriye bölünmüş vaziyettedir:

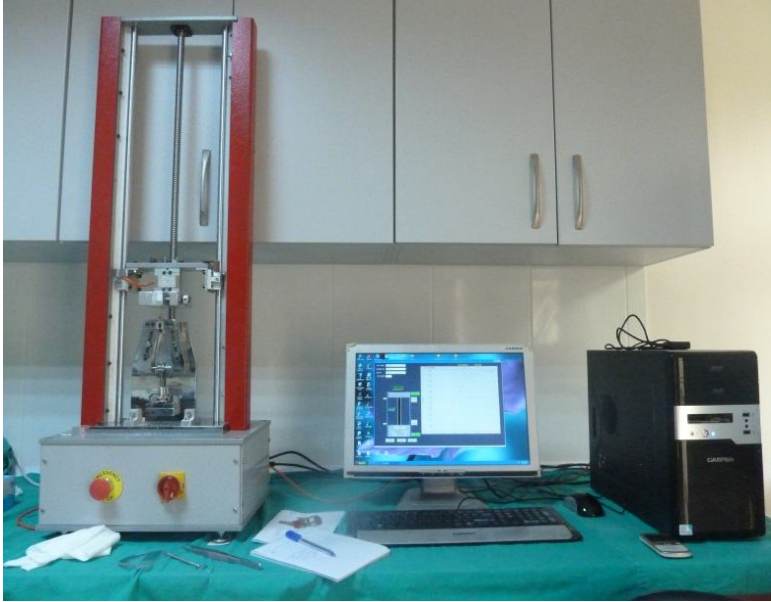
Tablo 4. İyileşmenin histopatolojik değerlendirmesi

Mükemmel	Tendon devamlılığı sağlanmış, epitenon düzgün
İyi	Tendon kollajen lifleri düzgün, epitenon yapışıklıklar yüzünden kaybolmuş
Zayıf	Düzensiz kollajen lifler, kısmen kopmalar var
Kötü	İyileşme bölgesinde yapışıklıkların araya girdiği ayrılma

### **Biyomekanik Değerlendirme**

Deneklerin sakrifiye edilmesinin ardından Aşil tendonları bir uçlarında kalkaneusları sağlam kalacak şekilde alındı . Tüm örnekler serum fizyolojik emdirilmiş gazlı bezlere konuldu ve 1 saat oda sıcaklığında bekletildikten sonra biyomekanik test uygulanmaya başlandı. Bu süreçte tendonların kurumaması için tendonların içinde bulunduğu gazlı bez sürekli olarak serum fizyolojik ile nemlendirildi. Ölçümler İLFA elektroniğin yaptığı germe-çekme-kopma kuvveti ölçüm cihazında (Resim 7) (200 N) 10mm/dk hızda tendonların kopmaya karşı azami dayanım kuvvetleri tespit edilerek ve kaydedilerek yapıldı. Sonrasında elde edilen sonuçlar logger pro 3.8.3

programı kullanılarak yorumlandı. Grupların depolanan enerji, sertlik, kopma kuvveti, maksimum deformasyon, young modülü, dayanıklılık, maksimum stres ve maksimum gerilme parametreleri elde edildi.



Resim 7. Tendon germe-çekme-kopma kuvveti ölçüm cihazı.

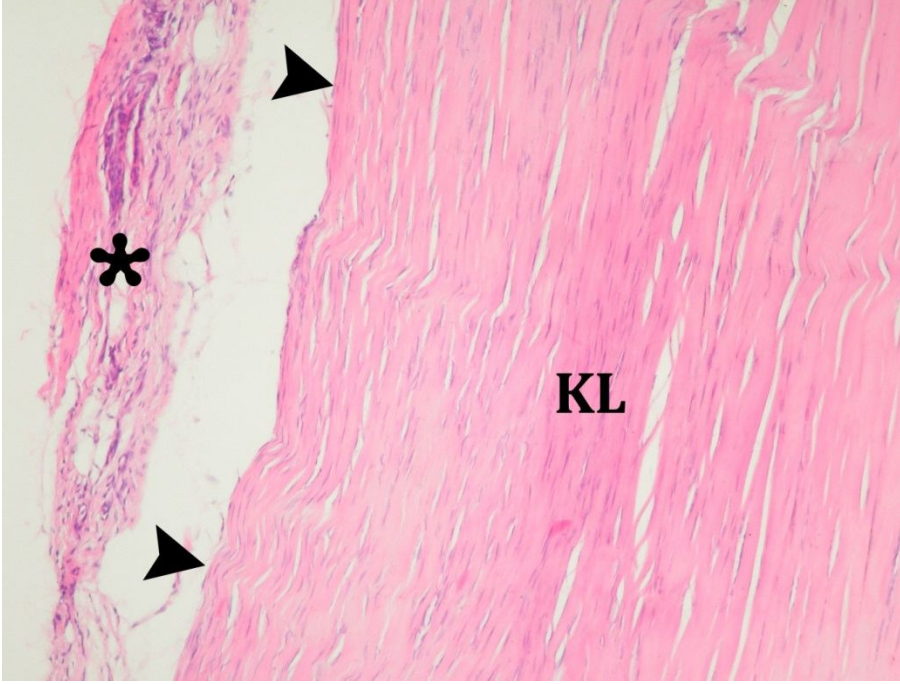
### **İstatiksel Analiz**

İstatistiksel analizler için SPSS 11.5 kullanılmıştır. Depolanan enerji, sertlik, kopma kuvveti, max deformasyon, young modülü, dayanıklılık ve maksimum stres değişkenleri gruplar arasındaki farklılığı test etmek için önce değişkenlere normallik testi yapıldı. Tüm gruplarda değişkenlerin p değerleri  $p > 0.05$  olduğundan veriler normal dağılıma uygun kabul edildi ve gruplar arasındaki farklılığı test etmek için ANOVA testi kullanıldı. İstatistiksel olarak anlamlı fark bulunan grupları tespit etmek için de çoklu karşılaştırmalardan LSD testi kullanıldı.

## BULGULAR

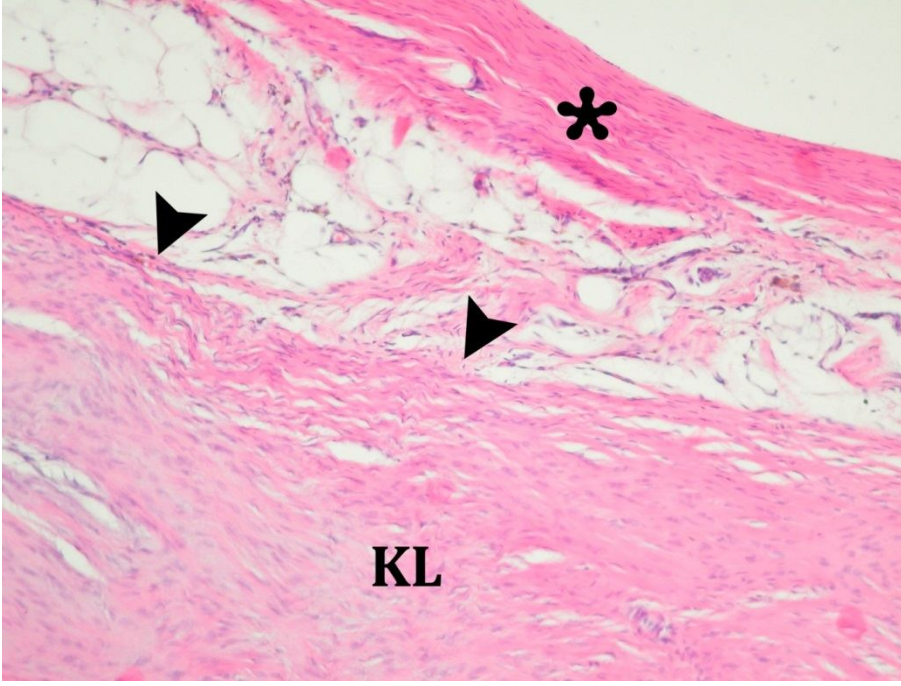
### Histolojik Değerlendirme

Histolojik incelemede, sham grubunda (Grup 1) paratenon, epitenon ve tendonlar normal görünümdeydi. Paratenon ile epitenon arasında yapışıklığa rastlanmadı. Tendon içinde yer alan kollajen lifler düzenli paralel demetler biçiminde sıkı bir düzenlenme göstermekteydi (Resim 8).

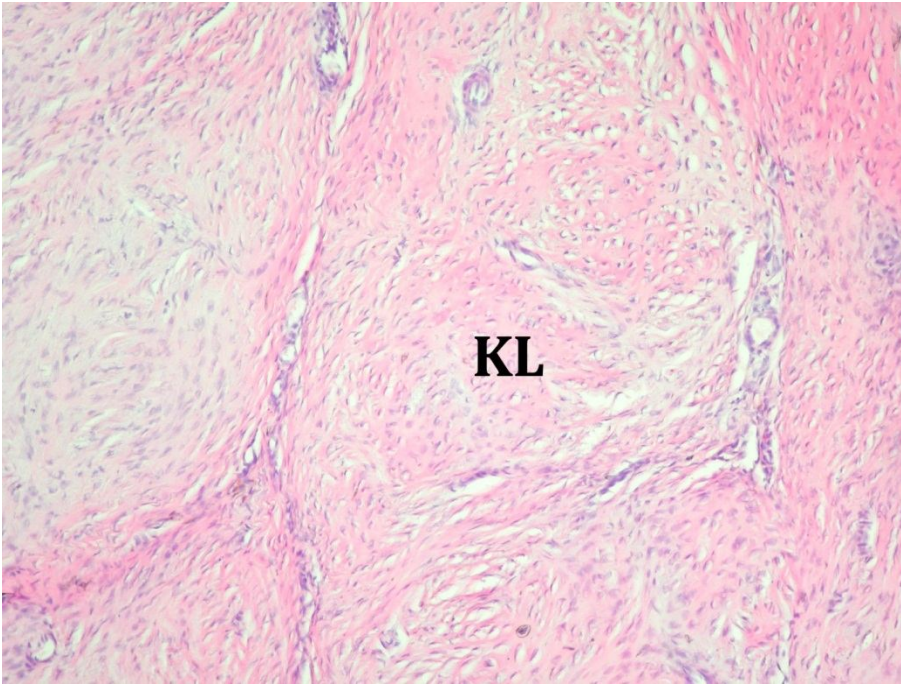


Resim 8. Sham grubunun epitenonu (oklar), paratenonu (yıldız) ve düzenli demetler halinde kollajen lifleri (KL)

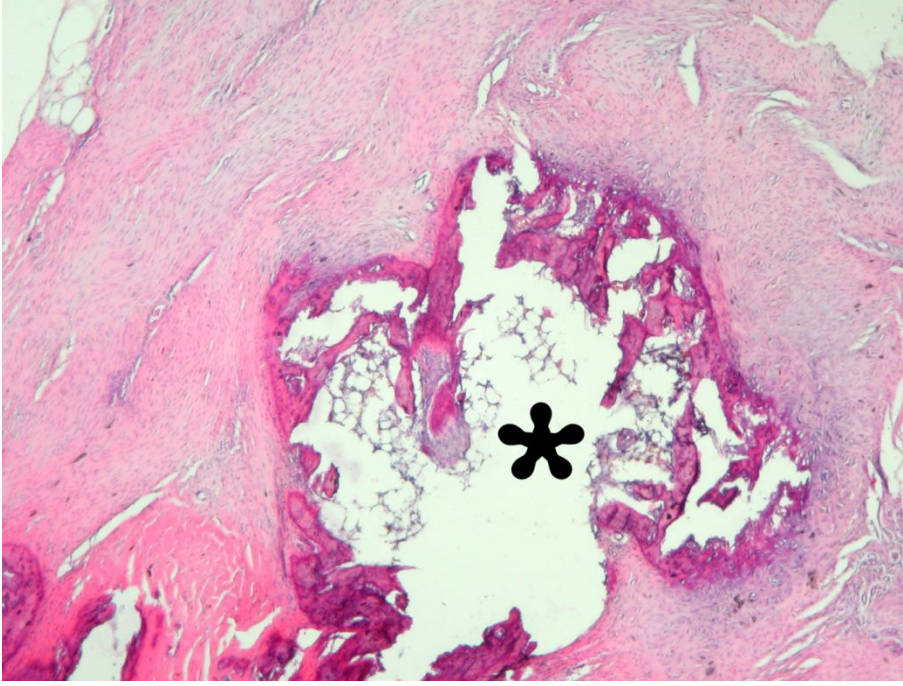
Grup 2'deki tendonlar histopatolojik olarak incelendiğinde paratenon ile epitenon arasında çeşitli derecelerde yapışıklıkların olduğu gözlemlendi. Tendon içinde yer alan kollajen lif demetlerinin çoğunlukla düzensiz bir seyir izlediği bazı bölgelerde kesintiye uğradığı da saptandı. Bu gruptaki bazı örneklerde tendon merkezinde nekrotik alanlar görüldü (Resim 9, 10, 11).



Resim 9. İkinci grupta paratenon (yıldız) ile epitenon (oklar) arasında oluşmuş yapışıklıklar ve kollajen liflerinin (KL) düzensizleşmesi

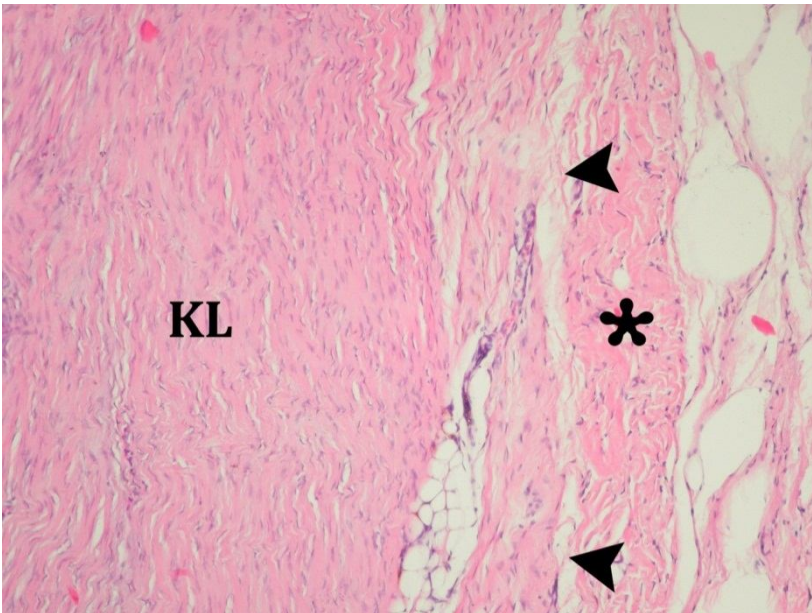


Resim 10. İkinci grupta paralel düzenlerini kaybetmiş kollajen demetleri (KL)

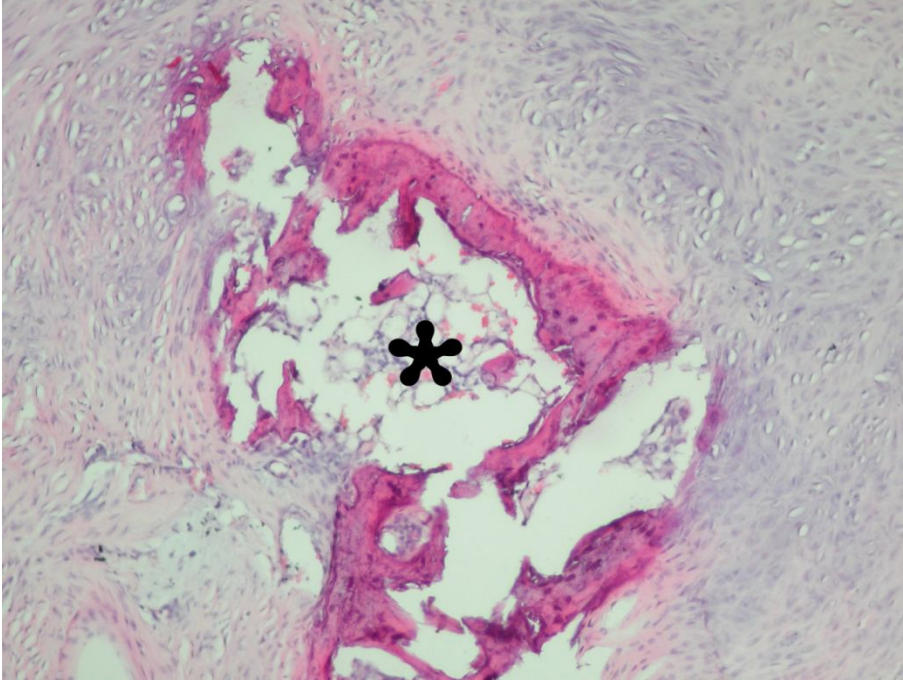


Resim 11. İkinci grupta yetersiz revaskülarizasyondan dolayı tendon grefti merkez kısmında oluşmuş nekroz (yıldız)

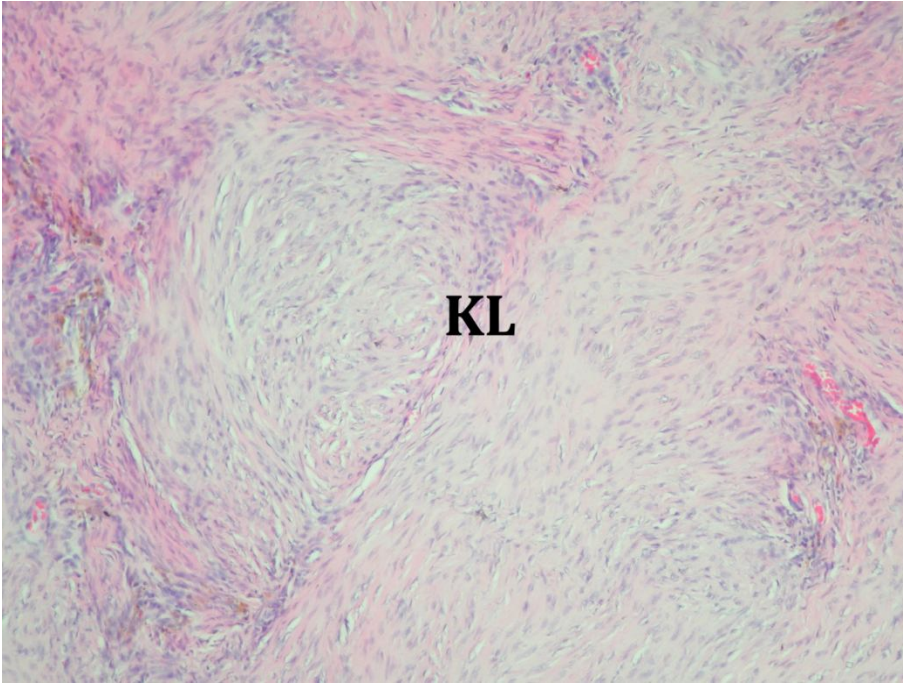
3. gruptaki bulgular da 2. gruptakine benzerdi. Tendon kılıfı ile epitenon arası yapışıklıklar, tendondaki kollajen liflerin düzensiz organizasyonu ve kesintiye uğraması bulguları bu grupta da bulunmaktaydı. Bu grupta da bir öncekinde olduğu gibi bazı örneklerde tendon merkezinde nekrotik alanlar saptandı (Resim 12, 13, 14).



Resim 12. Üçüncü grupta paratenon (yıldız) ile epitenon (oklar) arasında oluşmuş yapışıklıklar ve kollajen liflerinin (KL) düzensizleşmesi



Resim 13. Üçüncü grupta yetersiz revaskülarizasyondan dolayı tendon grefti merkez kısmında oluşmuş nekroz (yıldız)



Resim 14. Üçüncü grupta paralel düzenlerini kaybetmiş kollajen demetleri (KL)

2. ve 3. gruptaki 11 adet örneklem Tang ve arkadaşlarının tanımladığı sınıflamaya göre histopatolojik olarak değerlendirildi. Değerlendirmede yapışıklık ve

iyileşme parametreleri göz önünde bulunduruldu. Tablo 5'de 2. grubun yani eski yöntem ile tendon greftinin uygulanmasının yapışıklık açısından sonuçları yer almaktadır.

Tablo 5. Grup 2 açısından yapışıklıkların histopatolojik değerlendirmesi

Grup 2 Örneklemeleri	Kantitatif Değerlendirme Puanı	Kalitatif Değerlendirme Puanı	Toplam Skor	Yapışıklık Düzeyi Yorumu
1	2	1	3	Orta
2	1	2	3	Orta
3	2	1	3	Orta
4	2	1	3	Orta
5	1	2	3	Orta
6	3	2	5	Ağır
7	1	2	3	Orta
8	3	1	4	Orta
9	3	2	5	Ağır
10	3	2	5	Ağır
11	3	2	5	Ağır

Tablo 6'de 3. grubun (yeni tanımlanan yöntem) yapışıklık açısından histopatolojik sonuçları yer almaktadır.

Tablo 6. Grup 3 açısından yapışıklıkların histopatolojik değerlendirmesi

Grup 3 Örneklemeleri	Kantitatif Değerlendirme Puanı	Kalitatif Değerlendirme Puanı	Toplam Skor	Yapışıklık Düzeyi Yorumu
1	1	2	3	Orta
2	2	2	4	Orta
3	2	2	4	Orta
4	1	2	3	Orta
5	2	2	4	Orta
6	3	2	5	Ağır
7	2	1	3	Orta
8	2	2	4	Orta
9	3	2	5	Ağır
10	2	2	4	Orta
11	2	2	4	Orta

2 ve 3. gruplar yapışıklık açısından karşılaştırıldı (tablo 7) ve her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamadı (p= 0.63)

Tablo 7. Grup 2 ve Grup 3'ün yapışıklık açısından istatistiksel karşılaştırılması

			Gruplar		Total
			Grup 2	Grup 3	
Yapışıklık	orta	N	7	9	16
		% GRUPLAR	63,6%	81,8%	72,7%
	ağır	N	4	2	6
		% GRUPLAR	36,4%	18,2%	27,3%
Total		N	11	11	22
		% GRUPLAR	100,0%	100,0%	100,0%

İyileşmeye göre de tendonlar yine Tang ve arkadaşlarının yaptığı sınıflamaya göre değerlendirildi. Tablo 8'de 2. grubun sonuçları yer almaktadır.

Tablo 8. Grup 2 açısından iyileşmenin histopatolojik değerlendirmesi

Grup 2 Örnekleri	İyileşme Açısından Değerlendirmenin Yorumu
1	İyi
2	İyi
3	İyi
4	İyi
5	Zayıf
6	Zayıf
7	Zayıf
8	İyi
9	Zayıf
10	Zayıf
11	Zayıf



Tablo 9'de ie 3. Grubun iyileşme açısından histpatolojik değerlendirmesi yer almaktadır.

Tablo 9. Grup 3 açısından iyileşmenin histopatolojik değerlendirmesi

Grup 3 Örnekleri	İyileşme Açısından Değerlendirmenin Yorumu
1	Zayıf
2	Zayıf
3	Zayıf
4	İyi
5	Zayıf
6	Zayıf
7	İyi
8	İyi
9	Zayıf
10	Zayıf
11	Zayıf

2 ve 3. gruplar iyileşme açısından karşılaştırıldı (tablo 10) ve her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamadı (p=0.66).

Tablo 10. Grup 2 ve Grup 3'ün iyileşme açısından istatistiksel karşılaştırılması

			Gruplar		Total
			Grup 2	Grup 3	
İyileşme	zayıf	N	6	8	14
		%GRUPLAR	54,5%	72,7%	63,6%
	iyi	N	5	3	8
		%GRUPLAR	45,5%	27,3%	36,4%
Total		N	11	11	22
		%GRUPLAR	100,0%	100,%	100,0%

### **Biyomekanik Değerlendirme**

Biyomekanik değerlendirme sonrası elde edilen değerler (tablo11) sham grubu, grup 2 (eski yöntem) ve grup 3 (yeni yöntem) istatistiksel olarak incelendi.

Tablo 11. Tüm grupların biyomekanik test verileri ve istatistiksel karşılaştırılması

	Sham Ort ± s.s	Grup 2 Ort ± s.s	Grup 3 Ort ± s.s	p
Depo enerji	218,93 ±83,18	147,72±62,62	149,77±72,46	0,048
Sertlik	22,85±6,15	18,87 ±4,49	19,14±3,70	0,121
Kopma kuvveti	69,98±7,14	53,50±13,49	55,60±12,32	0,003
Max.deformasyon	6,40±2,59	5,41±1,15	5,80±1,88	0,500
Young modulu	9,82±2,67	6,25±1,42	6,34±1,24	<0,001
Dayanıklılık	48,50±18,56	25,07±10,85	25,50±12,22	0,001
Max. stress	21,73±2,21	12,73±3,22	13,23±2,93	<0,001
Max. gerilme	3,57±1,85	2,87±,830	3,14±1,34	0,501

Değerlendirme sonucu depo enerji değişkeni bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $p=0.048$ ). Depo enerji değişkeni bakımından sham grubuyla eski yöntem uygulanan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $p=0.03$ ). Aynı şekilde depo enerji değişkeni bakımından sham grubuyla yeni yöntem uygulanan grup arasında da istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $p=0.035$ ).

Sertlik değişkeni açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ( $p=0.121$ ).

Kopma kuvveti değişkeni açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $p=0.003$ ). Kopma kuvveti değişkeni açısından sham grubuyla eski yöntem uygulanan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $p=0.002$ ). Kopma kuvveti değişkeni açısından sham grubuyla yeni yöntem uygulanan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ( $p=0.006$ ).

Maksimum deformasyon değişkeni açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ( $p=0.500$ ).

Young modulu değişkeni açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ( $p<0.001$ ). Young modulu değişkeni açısından sham grubuyla eski yöntem uygulanan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ( $p<0.001$ ). Young modulu değişkeni açısından sham grubuyla yeni yöntem uygulanan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ( $p<0.001$ ).

Dayanıklılık değişkeni açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ( $p=0.001$ ). Dayanıklılık değişkeni açısından sham grubuyla eski yöntem uygulanan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ( $p=0.001$ ). Dayanıklılık değişkeni açısından sham grubuyla yeni yöntem uygulanan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ( $p=0.001$ ).

Maksimum stres değişkeni açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır ( $p<0.001$ ). Maksimum stres değişkeni açısından sham grubuyla eski yöntem uygulanan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ( $p<0.001$ ). Maksimum stres değişkeni açısından sham grubuyla yeni yöntem uygulanan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ( $p=0.001$ ).

Maksimum gerilme değişkeni açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur ( $p=0.501$ ).

Sham grubu dahil edilmeden grup 2 ve grup 3 için elde edilen parametreler kıyaslandı ve istatistiksel olarak değerlendirildi (tablo 12).

Tablo 12. Grup 2 ve Grup 3'ün biyomekanik test verileri ve iki grubun kendi aralarında istatistiksel karşılaştırılması

	Grup 2 (Eski yöntem) Ort $\pm$ s.s	Grup 3 (Yeni yöntem) Ort $\pm$ s.s	p
Depo enerji	147.72 $\pm$ 62.62	149.77 $\pm$ 72.46	0.94
Sertlik	18.87 $\pm$ 4.49	19.14 $\pm$ 3.70	0.87
Kopma kuvveti	53.50 $\pm$ 13.49	55.60 $\pm$ 12.30	0.70
Maksimum deformasyon	5.41 $\pm$ 1.15	5.80 $\pm$ 1.89	0.57
Young modulu	6.25 $\pm$ 1.42	6.34 $\pm$ 1.25	0.88
Dayanıklılık	25.07 $\pm$ 10.85	25.50 $\pm$ 12.22	0.93
Maksimum stress	12.73 $\pm$ 3.22	13.23 $\pm$ 2.93	0.70
Maksimum gerilme	2.87 $\pm$ 0.83	3.14 $\pm$ 1.34	0.57

Depo enerji, sertlik, kopma kuvveti, maksimum deformasyon, young modulu, dayanıklılık, maksimum stress, maksimum gerilme değişkenleri bakımından eski yöntem uygulanan grupla yeni yöntem uygulanan grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur (Her bir değişken için  $p>0.05$ ).

## TARTIŞMA

El yaralanmaları kesici aletler ile gerçekleşmiş ise bunların bir çoğunda tendon yaralanması bulunabilir. Bunun dışında ezilme yaralanmaları, trafik kazaları ve basit ev kazalarında da tendon yaralanmaları görülebilir. Fleksör tendon yaralanmaları hasta, cerrah ve fizyoterapist için ortak zor bir problem olmayı sürdürmektedir. Bütün yaşlarda görülebilmesine rağmen çoğunlukla 15 ile 30 yaş arası erkeklerde sık görülür ve endüstrisi gelişmiş ülkelerde insidansı daha yüksektir<sup>14</sup>. Tecrübeli bir el cerrahı tarafından yapılan değerlendirmenin ardından hastada oluşmuş yaralanmalar eksiksiz olarak ortaya konulur ve tedavi açısından algoritma belirlenir. Yaralanmanın bölgesi, türü, şekli, zamanı, ek yaralanmaların varlığı; bunların yanında hastanın yaşı, mesleği ve diğer faktörler bu algoritmanın planlanmasında önem arz etmektedir. Bu tedavi algoritmasının oluşması yüzyıllarca süredir devam eden, kendini sürekli geliştiren ve yenileyen bilimsel çalışmalar sayesinde oluşmuştur. Bu çalışmalara ve sonuçlarına paralel olarak zaman zaman tedavi yaklaşımlarında da değişiklikler olabilmektedir.

Tendon cerrahisinde amaçlanan en önemli prensiplerden ilki mümkün olan en iyi anatomik yapıya uygun onarımın yapılabilmesi ve kayganlık mekanizmasında bu onarım sonrasında sürdürülebilmesidir. İşte bu yüzden cerrahın hem elin anatomisini iyi bilmesi hem de uyulması gereken prensip ve tekniklere tam olarak riayet etmesi gereklidir. Cerrahi için zamanlama ise değerlendirmelerin ardından primer, ertelenmiş primer, sekonder ve geç sekonder onarım olarak ayrılmaktadır<sup>15</sup>.

Primer onarıma uygun olarak nitelendirilen bütün tendon yaralanmalarının primer onarımı günümüzde mutlak kabul gören bir yaklaşımdır. Sterling Bunnell ve önde gelen el cerrahları, 1950'li yılların sonunda kılıf içerisinde tendon kesilerinin onarımında kesin tedavinin serbest tendon grefti olduğunu kabul etmişlerdir<sup>12</sup>. 1967'de Kleinert 2. bölgedeki çok iyi primer onarım sonuçlarını yayımlayarak bu algıyı değiştirmiştir ve primer onarımın tendon greftine üstünlüğü kabul görmüştür<sup>13,14</sup>. Tendon greftinin günümüzde uygulanma biçimi için artık farklı kriterler mevcuttur. Tüm bu gelişmeler operasyon sonrası rehabilitasyon modalitelerinin gelmiş olması, kullanılan sütün materyallerinin gelişmiş olması, cerrahi tekniklerdeki farklılaşmalar ve mikroskobik olarak tendon iyileşmesinin evrelerinin ve yapışıkların çalışmaları ile tespiti ile mümkün olmuştur.

Tendon ile ilgili hayvan deney modelleri sıkça kullanılmıştır. En çok kullanılanlar tavşan, tavuk, rat ve köpek olurken, daha nadir olarak koyun, domuz,

köpek ve primat kullanılmıştır. Deney modelinin seçiminde kullanılacak denek sayısı, yapılacak işlemler, deney modelinin varlığı, bakımı, maddi imkanlar ve etik unsurlar göz önünde bulundurularak seçim yapılmaktadır. Literatürdeki tendon çalışmalarında hayvan deney modeli olarak rat, tavşan veya tavuk kullanılmıştır. Bizim çalışmamızda da üniversitemiz laboratuvarında üretimi ve bakım yapılabilen tek hayvan modeli olması ve pilot çalışmasından da olumlu sonuç alınması nedeniyle rat tercih edilmiştir.

Literatürde, sütür tekniklerinin karşılaştırıldığı tendon çalışmalarının hemen hepsi uç uca tendon onarımlarının yapıldığı çalışmalardır. tendon greftleriyle ilgili yeterli sayıda çalışma yoktur.

Tendon greftleri özellikle biyolojik olarak uygun olmayan 2. bölgenin ezici ve skara neden olan yaralanmalarında, gecikmiş 3-4-5. bölge fleksör tendon yaralanmalarında ise gerginliği azaltmak için veya primer onarımın gerginlik yaratacağı durumlarda kısa segmental olarak kullanılabilir. Tendon grefti için de yapılmış farklı sütürasyon teknikleri literatürde mevcut olup, bunlar primer onarıma kıyasla çok az sayıdadır. Epitenon sütür teknikleri içinde çalışmalar yapılmıştır<sup>116</sup>. Kor sütür ile ilgili çalışmalarda en çok kıyaslanan tekniklerden bir tanesi Kessler veya Modifiye Kessler tekniğidir. Nelson ve Ark. çalışmasında 253 adet kadavra intrasinovial tendonunu Modifiye Kessler tekniği ve 8 geçişli Winters-Gelberman tekniği ile onarmışlardır<sup>117</sup>. Dionoupolos ve Ark. çalışması 8 geçişli kor sütürün maksimum yükü artırmasının yanında uçlar arasındaki sütürasyon sonrası kalan mesafeninde 4 geçişli kor sütür tekniğine kıyasla daha etkili azalttığını göstermiştir<sup>118</sup>. Aynı şekilde Boyer ve Ark. in vivo köpek modelinde uyguladıkları çalışmada onarımdan sonraki ilk 3 hafta 8 geçişli tekniğin 4 geçişli tekniğe kıyasla kopmaya karşı ciddi derecede daha kuvvetli direnç gösterdiğini tespit etmiştir<sup>119</sup>.

Başlangıçtaki tendon onarım kuvveti onarım hattı boyunca geçen dikiş ipliği ile orantılı olarak artmakta, tendonlar arası boşluk ise 4 hat kor sütür ile geçende, 2 hat ile geçene göre dramatik olarak azalmaktadır. Dikiş materyalinin artması onarım kuvvetini artırmaktadır. Bunun yanı sıra bu artış aynı zamanda fleksiyon hareketi için zorlanmanın yani direncinde artmasına neden olmaktadır. Bütün bunların yanında uzun dönemde ele alınacak olursada çok geçişli kor sütürlerin yapışıklık oluşturma ihtimalinin daha yüksek olduğu ileri sürülmüştür.

Yapışıklıktan kaçınmak için yapışıklık oluşturan nedenleri tespit edip bunlardan uzak durmak veya seçeneklerden daha az yapışıklık oluşturanı seçmek

gerekmektedir. Hatano ve arkadaşları da bu felsefe ile yola çıkarak tavuk fleksör tendonunda 3 farklı diseksiyon yöntemini karşılaştırmışlar. Sonuç olarak titizlikle yapılan bistüri diseksiyonunun, bistüri ve bipolar koagülasyonun kullanıldığı ve CO<sub>2</sub> lazer ile diseksiyonun uygulandığı cerrahi tekniklere göre ciddi olarak üstünlük sağlamış ve bistüri ile keskin diseksiyonun yapışıklığın kontrolü açısından en iyi yöntem olduğu vurgulanmıştır<sup>120</sup>. Bizde çalışmamızı keskin bistüri diseksiyonuyla yürüttük.

Tendon greftinin iyileşme süreci primer onarıma benzerlik gösterse de kendi içinde bazı farklılıklar arz etmektedir. İyileşme sadece sütün hatlarında olmaz, ayrıca gerim kuvvetinin devam ettirilebilmesi için tendon greftinin merkez kısmının da revaskülerize olması gerekir<sup>107</sup>. Sütün hatlarında büyük oranda yeni dokuların proliferasyonu şeklinde tendon grefti elemanları yerleşir (rejenerasyon süreci). Tendon greftinin merkezi kısmında tendonun devamlılığını koruyabilmek için fibroblastlar yer alır (onarım süreci). Tendon grefti onarım çalışmamızda bu süreç düşünülerek gerginlik sadece vasküler hatlarda kalacak şekilde bir model oluşturulmuştur. Bu sayede erken postoperatif rehabilitasyon sürecinde daha revaskülerize olmamış olan ya da yetersiz revaskülerize olan tendon grefti üzerine yük binmesinden kaçınmak amaçlanmıştır. Erken dönemde bu segmentlerde ki yüklenmelerden dolayı oluşabilecek rüptür ihtimalinin yeni yöntem sayesinde daha güvende olacağı düşünülmüştür.

Tendon greftlerinin merkezi kısmının yetersiz revaskülerize olması, yer yer lokalize nekrozlara neden olabilir. Çalışmamızda hem eski yöntem de hemde yeni yöntemde merkez kısımlarda lokalize nekrozlara rastlanmıştır. Greftin uzunluğunun aslında 8-10mm civarında olduğu rat aşıl tendon modelimizde, bu miktar aslında tendonun totalinin %80-90'ına tekabül eden bir ölçüdür. Atılacak sütünler için distal ve proksimalde bir miktar tendon bırakılması gerektiğini hesaplayacak olursak, model açısından maksimal uzunlukta greft kullanılmıştır. Aşıl tendonunun %60 veya daha azının kullanıldığı farklı bir çalışmada greftte merkezi lokalize nekrozlara rastlanmayabilir.

Damarlar 1. haftada tendon greftinin uçlarına penetre olmaya başlarlar. 2 hafta sonra temasta olduğu etrafını saran psödokılıfta damar proliferasyonu görülebilir. Psödokılıftaki ve tendon greftindeki damarlar arası anastomozların oluşması 5 ile 6. haftalar civarında gerçekleşir. Tendon greftinin vasküleritesi 10 hafta sonra normal

tendonun üstüne çıkarken 15. hafta da normale döner. Bu revaskülarizasyon süreci primer tendon onarımına nazaran 2-3 hafta yavaştır<sup>16</sup>.

Tendon deney modeli olarak kullanılan hayvanlardaki iyileşme süreçleri, insan tendonundaki iyileşme süreçlerine model olarak kullanılabilir kadar benzemektedir? Ratlarda tendon iyileşmesinin safhaları insandaki zamanlamaya uymaktamıdır? Ramların metabolizma hızının insandakinin 4 misli hızlı olduğunu düşünerek olursak bu süreçlerin birbirine ne kadar benzediği ile ilgili kesin yargılarda bulunmak pek doğru olmaz. Ratlarda tendonun veya bizim çalışmamız açısından tendon greftinin inflamasyon, proliferasyon ve remodelling evrelerinin zamanlamasını tanımanın deney modelinin takibi ve çalışmanın planlanması açısından her ne kadar çok keskin sınırlar olmasa da rölatif olarak tanımlanmaları gerekmektedir.

Parmak fleksör tendonlarının gerek primer, gerekse de tendon grefti kullanılarak yapılan onarımından sonra peritendinöz yapışıklıklar el cerrahisi açısından majör bir problemdir. Yapışıklık aslında iyileşmenin bir parçası olarak oluşmaktadır. İyileşmenin bir parçası olan bu yapışıklık mekanizması tendon yaralanmasından sonraki rehabilitasyon döneminde de fonksiyonel kısıtlılık oluşturabilmektedir. Günümüzde adezyonların yaralanma bölgesindeki enflamasyona veya intrensek tendon iyileşme sürecinin çevre dokulara ekstansiyonuna bağlı geliştiği kabul edilmektedir<sup>54</sup>. Fakat hücresele düzeyde tendon ve kılıf arasındaki yapışıkların sorumluluğu genel olarak fibroblastlardır. Yaralanma bölgesine tendon kılıfından göç eden bu fibroblastların iyileşme sürecinin ekstrinsik ve hayati öneme sahip mekanizmasını oluşturduğu görüşü de vardır.

Tenositler intrinsik süreçten sorumlu iken, tendon kılıfından göç eden fibroblastlar ve inflamatuvar hücreler ekstrinsik iyileşmeden sorumludur. Ekstrinsik iyileşme ile çevre doku arasındaki bağlantıların azaltılması skar formasyonunu ve dolayısıyla yapışıkların azaltılması için bir çözüm olarak zaman zaman düşünülmüş ve bu amaçla mekanik bariyerler içeren çalışmalar dahi yapılmıştır. Fakat bu çalışmaların bir çoğunda bahsedilen ekstrinsik iyileşme mekanizması bozularak, bazılarında daha ciddi inflamasyon ve skar formasyonuna neden olarak başarısızlıkla sonuçlanmıştır. Farmakolojik ajanların başarılı olduğuna dair çalışmalarda da bu ajanların inflamasyonu artırmadan etki etmeleri gerekliliği, bununda ekstrinsik iyileşme mekanizmasını bozulmadan yapılacak olması pozitif sonuçlar elde edilen çalışmalarda biyomekanik değerlendirmelerin analizleri üzerine dikkati çekmektedir.

Sütür materyalininde nihayi olarak bir yabancı cisim olduğu düşünülürken onarım hattında minimal sütür materyalinin dış çevre ile bağlantılı olması gerekliliği aşıkardır. Sütür hattında dış çevre ile bağlantılı 2 adet düğüm formasyonu olan eski yöntem, longitudinal geçişinden dolayı sadece vasküler kısımda tek düğüm içeren yeni yöntem göre dezavantajlıdır ve daha fazla skar formasyonuna ve yapışıklığa neden olması beklenir. Bu bağlamda epitenon sütürleri de sorgulanabilir.

İyileşme sürecini negatif etki yaratmadan parmak fleksör tendonlarında iyi kayma fonksiyonu korumak amaçlı peritendinöz yapışıklıkları azaltmak için fiziksel, cerrahi ve farmakolojik araştırmalar yapılmıştır ve halende yapılmaya devam etmektedir. Bu çalışmalar neticesinde birçok yeni cerrahi teknik, farmakolojik ve non-farmakolojik modaliteler literatüre kazandırılmıştır. Bunun yanında bu çalışmalar daha ayrıntılı şekilde incelenmeden ve bilimsel kayıtlara dayandırılmadan önce klinik kullanıma girmemelidir. Çalışmamızda da yapışıklık durumu değerlendirmeye alınan bir ölçüttür. Histolojik olarak ışık mikroskopunda incelenen örnekler Tang ve Ark. 1996 da tanımlamış oldukları skalaya göre değerlendirildi ve puanlama yapıldı<sup>121</sup>. Yapışıklığın yanında iyileşmeyi de ayrı bir skala oluşturarak değerlendirmeyi yine Tang ve Ark. tanımlamışlardır. Histolojik olarak farklı değerlendirmeler olmasına karşın günümüze kadar olan çalışmalarda en sık kullanılan ve kabul gören sınıflamadır.

Işık mikroskopundan elde ettiğimiz fotoğraflarda yapışıklılar net olarak ortaya konuldu. Gerek eski gerek yeni yöntemde yapışıklıklar mevcuttu ve puanlama sonrası yapılan istatistiksel değerlendirmeye göre her iki grup arasında anlamlı fark olmadığı tespit edildi. Strick ve Ark. 2 ve 4 kor sütür geçişli tavuk fleksör tendon onarımını yapışıklık açısından değerlendirmişler ve Tang sınıflamasından farklı bir yöntem kullanmışlardır<sup>122</sup>. İstatistiksel olarak onlarda anlamlı fark tespit edememişlerdir. Tang sınıflaması histoloğun gözlemine dayanan bir yöntemdir ve kantitatif sonuçlardan uzaktır. Daha kantitatif sonuçlara ulaşılabilecek belkide elektron mikroskopunda belli alanlardaki hücrelerin sayımının gerçekleştirildiği ve buna dayalı istatistiksel sonuçların elde edilmesi daha anlamlı olacaktır. Bunun içinse histoloğun ve araştırmacının mükemmel bir iletişim ve uyum içinde olması şarttır. Elektron mikroskopisi için örneğin nereden alınması gerektiği ve kesitin özellikleri daha önce yapılacak olan pilot çalışma ile belirlenmeli ve tüm denekler için standardize edilmelidir. Bu aşamalarda yapılacak en ufak farklı yaklaşımlar sonuç kısmında majör etki yaratabilir.



Tendon ile ilgili değerlendirmede biyomekanik ölçümler sıkça kullanılır<sup>123</sup>. Her ne kadar tendon onarımı sonrası rehabilitasyon dönemi açısından yapışıklık önemli bir parametre ise de rüptür de bu dönemde oluşabilecek bir başka komplikasyondur. Yapışıklık oluşmaması için dikkat edilmesi gereken unsurlar mevcuttur. Bunların en önemlilerinden biri de bölgede en az ölçüde yabancı cismin bulunmasıdır. Sütür materyalininde yabancı cisim olduğu düşünülürse, en az dikiş materyali ile onarımı tamamlamak gerekir. Fakat diğer yandan ise onarım sonrası rüptür oluşma ihtimali de söz konusudur. Bu birbirine zıt gibi görünen sağlamlık ve yapışıklık arasındaki denge optimum sütür materyalleri ve teknikler kullanılarak sağlanabilir.

Tendonlar fleksiyon sırasında kayma hareketine karşı bir direnç ile karşılaşır. Bu direnç, tendon hareketine etki eden iç ve dış faktörler ile oluşur. Rüptür oranları klasik protokollerde %0 ile %9 arasında değişirken, aktif hareket başlanan protokollerde %0 ile %46 arasında seyretmektedir<sup>124,125</sup>. Aktif hareket egzersizlerinden önce tekrarlayıcı yavaş pasif hareketler ile postoperatif rehabilitasyona başlanması uygun olacaktır.

Rüptürler genellikle onarım sonrası onuncu gün etrafındaki dönemde gerçekleşebildiği gibi 6-7 hafta sonra rüptür görülen durumlar da vardır<sup>100</sup>. Çalışmamızda hiçbir tendonda rüptür görülmedi. Ratları operasyon sonrası alçılama ile immobilizasyona aldık. Çok erken dönemde oluşabilecek rüptür olasılığını minimuma indirmek amacıyla alçılama yapıldı. Daha önce Kocaoğlu ve Ark.<sup>123</sup> yaptığı çalışmada aşil tendonu onarımı sonrası herhangi bir eksternal immobilizasyon uygulanmamasına rağmen o çalışmada da rüptür görülmemiştir. Sandberg ve Ark. rat aşil tendonunu eksplere ederek 3mm'lik segmenti çıkardıkları ve sonrasında onarmadıkları çalışmada da onuncu gün sakrifiye ettikleri ratlarda rüptür bildirmemişlerdir<sup>126</sup>. Ratlarda metabolizma hızı ve iyileşme faktörleri insandakine nazaran farklılıklar arz etmektedir. Rüptür görülmemesini açıklayabilecek mekanizmada rolü olabilecek bir diğer durum da ratların 4 ekstremitesine de yük bindirebilmesidir. Onarım yapılan ekstremitesine binen yük miktarını diğerlerine daha fazla yüklenerek minimuma indirmekte ve yük bindirmeden pasif hareket yapmaktadır. Rehabilitasyon sürecinde tam olarak önerilen de budur. Hareket sayesinde yapışıklık oluşumlarına engel teşkil ederek kayma fonksiyonunun sürdürülmesi ve kopmaya neden olacak kadar yükün de uygulanmaması ratlarda rüptür görülmeden immobilizasyonsuzda hareketlerini ve iyileşme süreçlerini açıklayabilir.

Tendon greftleriyle ilgili çalışmalar 1950'den sonra popüler olmuş, primer onarımla ilgili iyi sonuçlardan sonra da popülerliğini yitirmiştir. Ototolog tendon greftleriyle ilgili çalışmaların birçoğu da o döneme aittir. 1964'de Potenza ve Ark.<sup>127</sup> 27 köpek üzerindeki 54 tendon üzerinde otolog tendon grefti uygulamasını gerçekleştirmişler ve 1-2-3-4. haftalarda ve 160 gün sonra hem distal, hemde proksimal kısımdan örneklemeler gerçekleştirmişlerdir. Bu örnekleri sadece adezyon ve iyileşme açısından histolojik olarak değerlendirmişler, biyomekanik test uygulamamışlardır. Rat aşıl tendonunun uzunluğunun toplamda 10-12 mm olduğu düşünülürse 8-10 mm'lik bir greftin uygulanması ve 4. Haftada eksplere edilen bölgede yoğun fibröz doku nedeniyle onarım hatlarının seçilmesi bile çok güç olmuş, tendonun orta segmentinden histolojik örneklem yapılmıştır. Daha büyük modellerde distal ve proksimal ayrı ayrı değerlendirilebilir.

Çalışmamızda distal ve proksimal kısımların var olduğu araya segmental bir tendon grefti parçasının gerektiği bir model oluşturuldu. Tanımladığımız teknikte, literatürde üzerinde her ne kadar birçok farklı suture teknikleri tanımlanmış olsa da hem kliniğimizde, hem de dünyada popülaritesini ve uygulanabilirliğini sürdüren distal ve proksimal kısma ayrı ayrı uygulanan Kessler yöntemini kıyasladık. Bizim uyguladığımız suture tekniği de aslında Kessler yöntemiymişti. Fakat uygulama biçimi açısından farklıydı. Avasküler tendon segmenti üzerine yük bindirmeden aktif hareket esnasında yükün tamamıyla vasküler distal ve proksimal segmentler üzerinde olacağı bir model tanımladık.

Eğer tendon uçları normal gerginlikle bir araya getirilemiyorsa 3 farklı seçenek uygulanabilmektedir. Bu teknikler en etkin olarak elin 3-4-5. bölgeleri için kullanılır. Bunlardan ilki yanındaki parmağın süperfisiyal tendonunun defekt olan derin tendona transferi iken<sup>128,129</sup>, ikincisi uç- yan profundus tendonunun birleştirilmesidir<sup>14</sup>. İkinci teknik 5. bölge yaralanmaları için daha etkilidir. Üçüncü yöntem ise segmentel köprü greft kullanılmasıdır. Bu yöntemde interpozisyon greftide denilir<sup>14</sup>.

Normal fonksiyonel uzunluğun sağlanması gerginliğin normal olması için şarttır. 2-5 cm lik tendon grefti kullanımı gerektiğinde bu greft en kısa yolla yaralanmış fleksör tendonlardan veya palmaris longustan alınabilir ve derin fleksör tendon uçları arasındaki defekt için köprüleme şeklinde kullanılabilir. Bu köprü greftinin distal parçası Bunnell'in tariflemiş olduğu crisscross tekniği ile suture edilerek başlanır, sonrasında tendon greftinin içinden doğrudan longitudinal olarak düz iğne yardımıyla geçerilir ve proksimal kısım için de yine crisscross tekniği kullanılarak

onarım bitirilir. Onarımın en dikkat edilmesi gereken noktalarından biri de uygun gerginliğin sağlanmasıdır. Bu yüzden işlem lokal anestezi altında, yüksek hasta kooperasyonu ile yapılırsa en iyi sonuç elde edilir.

Strark ve Ark.'nın 34 hastanın 48 fleksör tendonu üzerinde yaptığı köprü tendon greftleriyle ilgili çalışma literatürdeki çok az sayıdaki çalışmalardan biridir. Başparmak uzun ekstansörünün rekonstrüksiyonunda köprü tendon greftlerinin kullanımının, tendon transferi kadar etkili olduğuna dair yayınlar mevcuttur<sup>130,131</sup>. 1974'de bir konferansta 17 hastada 31 tendon onarımının sunulduğu mini tendon greftleriyle ilgili konuşma hiçbir zaman İngilizce literatüre girmemiş ve yayınlanmamıştır<sup>132</sup>. 1979'da Alman literatürü, tendon kılıfı içindeki 2. bölge defektleri için kısa tendon greftlerin kullanılacağından bahsederek 89 parmakda uygulanan makaleyi yayınlamıştır<sup>133</sup>. Uzmanlar o dönemde aynı şekilde oluşan yaralanmalar için uygulanan avuç ortasından distal falanksa kadar uzanan klasik tendon greftlerine kıyasla kısa köprü greftlerin sonuçlarının daha iyi olduğunu savunmuştur. Bunun yanında günümüzde ise köprü greftlerin fleksör tendon kılıfının olduğu bölgede kullanımının uygun olmadığı düşüncesindedirler.

Kısa mini greftler veya köprü greftleri profundus tendonundaki defektleri onarmak için kullanılmıştır<sup>134</sup>. 1965'de Pulvertaft Bunnell'i referans alarak serbest tendon greftini profundus tendonundaki defektleri rekonstrükte etmek için kullanımını tanımlamıştır<sup>135</sup>. Pulvertaft serbest tendon grefti yönteminin avuç içi ve bilek bölgesindeki tendonların sekonder rekonstrüksiyonu için kullanışlı bir yöntem olduğunu vurgulamıştır. Bunnell köprü tendon grefti deyimini hiç kullanmamasına rağmen serbest tendon grefti tabiri ile aynı şeyi kastetmiştir. Pulvertaft ise "Bunnell'in köprü grefti" terimini tanımlamış ve birçok kez makalelerinde ve kitaplarındaki ilgili bölümlerde bu hususla ilgili yorumlarına önem vermiştir<sup>136</sup>. Oysaki Bunnell farklı isimlendirmiş olsa bile 1928'de yayınladığı "Bunnell'in El Cerrahisi" kitabında uzun ve kısa köprü tendon greft metodunu çizim olarak göstermiş ve bundan sonraki bütün yayınlarında da bu çizimi kullanmıştır<sup>137</sup>.

Çalışmamızda yöntemlerimizi biyomekanik olarak kıyaslamada tendon germe-çekme cihazı kullanıldı. Farklı firmalara ait cihazlar olmasına rağmen yaptıkları işlev bakımından aynıdırlar. Daha öncesinde de tendonun sabit hızda belirli bir yüke karşı azami dayanım gücünü test eden birçok tendon çalışması bulunmaktadır<sup>123,126,138</sup>. Pilot çalışmamızda tendonun cihazın kelepçe kısımlarına tutunması ve ilerleme esnasında sıyrılması ile ilgili problem yaşamamız daha önceki çalışmaların bu

kısmına dikkatle incelemeye yöneltti. Joensen ve Ark.<sup>139</sup> tutunmayı artırmak için aliminyum tozu kullanmaları bir yöntem olarak kullanılmış ve başarılı olunmuştur. Aynı şekilde hem distal, hemde proksimal uç aliminyum tozuna batırıldıktan sonra test daha kolay hale geldi. Zira çok hassas değişimleri dahi kayıt edebilen cihaz bazen tendonun dişli üzerinden sıyrılmasını kopma olarak algılayıp durmaktaydı. Bu da testin güvenilirliğini düşürebilirdi. Sham grubu tendonlarında aliminyum tozuna rağmen rüptür olmadan kollajen liflerin geri dönüşümü olmayacak dereceye kadar uzayıp sünmeye başladığı ya da kalkaneus kemiğinden tendonun ayrıldığı değerler azami dayanım kuvveti olarak kabul edildi. Onarım yapılanların hepsinde ise rüptür oluştu.

Elde edilen biyomekanik ve histolojik sonuçlarda tanımladığımız yöntem ile eski yöntem arasında istatistiksel olarak fark çıkmamış olsa da, gerek maksimum yük, gerekse dayanıklılık olsun bütün biyomekanik parametrelerde, histolojik skorlamada ise adezyon açısından tanımladığımız teknik ile ilgili değerler diğer grubun üstünde yer aldı. Sadece histolojik iyileşme puanlamasında eski yöntem az farkla yeni yöntemin önündeydi. Bunun neticesinde istatistiksel olarak yeni yöntem için eski yöntemden üstündür diyemesekte, aralarında anlamlı fark olmaması sonucundan yola çıkarak eski yöntemle denk bir yeni metottur diyebiliriz

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Fleksör tendonların onarımında ve rekonstrüksiyonunda kullanılan segmental veya köprü tendon greftleri olarak tariflenen tekniğin uygulanması ile ilgili yöntemler sınırlılık arz etmektedir. Bu konuyla ilgili gerek kitaplarda, gerekse de makalelerde çok kısıtlı bilgiye ulaşmaktayız. Köprü tendon greftlerinin uygulanması ile ilgili Kessler yönteminin tendon greftinin distalinden başlayıp, greftin içinden longitudinal olarak geçen ve proksimalindeki dönüşün ardından grefti tekrar longitudinal olarak distale doğru geçip, burada düğümlenerek sonlanan yeni bir yöntem tanımladık. Bu metodla, distal ve proksimal birleşme noktaları için ayrı ayrı Kessler yöntemiyle sütüre edilen klasik tekniği histolojik ve biyomekanik açıdan kıyasladık.

Biyomekanik sonuçların yeni tanımladığımız yöntemde eskisine göre daha iyi olduğunu bulduk. Histolojik olarak da adezyon açısından yeni yöntemin sonuçları az bir farkla olumluyken, iyileşme açısından eski yöntem az bir farkla önde yer almaktaydı. Fakat sonuç olarak biyomekanik ve histolojik sonuçlar istatistiksel olarak karşılaştırıldığında ise her iki grup arasında anlamlı fark bulunamadı. Tez sonucunda vasküler segmentlerde gerilimi tutan ve dışarıda yapışıklık oluşturacak sütür materyalini azaltan yeni metod, avasküler segmentlerde de stres oluşturan, dışarıda daha fazla sütür materyali bulunması nedeniyle yapışıklık oluşturma riski yüksek olan eski yöntemde uygun değerler elde edilmiştir. İstatistiksel sonuç dışında tezin amaçladığı sonuca ulaştığı görülüyor. Biyomekanik açıdan test için kullanılacak denek sayısının artırılması istatistiksel olarak anlamlı sonuç yaratabilecekken histolojik açıdan sayının artırılmasından ziyade kullanılan sınıflamanın yeniden düzenlenmesi kantitatif bulgulara dayandırılması gerekmektedir.

Bu benzer teknikler şu an sütürasyon için kullanılan iğneler dikkate alındığında 2-3 cm'nin üzerindeki köprü tendon greftlerine uygulanabilirlik açısından zorluk arz etmektedir. Uzun tendon greftinin içinden longitudinal olarak geçebilecek uygun ölçülerde düz iğne bulmak önceden hazırlık gerektirmektedir. 2-3 cm'den uzun tendon greftleri uygun materyaller elde edilemiyorsa distal ve proksimal hatlar için ayrı ayrı sütürasyon olarak bahsedilen klasik teknik uygulanabilir.

Rat aşıl tendon greft modelinde 1 cm civarında olabilen greft modeli daha uzun tendon greftleri açısından yöntemleri kıyaslamak için rat dışındaki diğer tendon hayvan modelleri kullanılarak yapılabilir. Rüptürün en sık görüldüğü 10. gün ve çevresindeki sonuçları kıyaslamak için bu zaman tarihlerinde de biyomekanik testler ve histolojik incelemeler çalışmaya eklenebilir.

İstatistiksel olarak her iki yönteminde denk olduğu düşünöldüğünde köprü tendon greftleri yeni tanımlanan teknik ile klinik uygulamada da kullanılmalıdır. Benzer şekilde uygulanan Bunnell'in crisscross yönteminin klinikte daha önceden kullanılması güvenilirlik açısından tereddüt oluşmasını ortadan kaldırmaktadır. Etik onay alındıktan sonra uygun vakalarda yöntem klinik olarak da uygulanmalıdır.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

1. Dye SF, van Dam BE, Westin GW. Etymology and the Orthopaedic Surgeon: Onomasticon (Vocabulary). The Iowa Orthopaedic Journal.1991;11: 84-90.
2. Richard S. Snell, Klinik Anatomi Beşinci Baskı. (Çeviri EditörÜ: Yıldırım M ). Nobel Tıp Kitabevleri 1998; 10.
3. Charles HT, Terence M, Mackinnon SE. Grabb and Smith's Plastic Surgery. 6th ed. Philadelphia:Wolter Cluver, 2007; 803-809.
4. Kleinert HE, Spokevicius S, Papas NH. History of flexor tendon repair. The Journal of Hand Surgery [ Am ] 1995; 20A-3(2): 46–52.
5. Manske PR. History of Flexor Tendon Repair. Hand Clin 2005; 21(2): 123-127.
6. Adamson J.E. , Wilson J.N. History of flexor tendon grafting. The Journal of Bone and Joint Surgery 1961; 43A-5: 709-716
7. Bunnell S. Repair of tendons in the fingers and description of two new instruments. Surg Gynecol Obstet 1918; 26: 103–110.
8. Bunnell S. Repair of tendons in the fingers. Surg Gynecol Obstet 1922; 35: 88–97.
9. Garlock JH. Repair of wounds of the flexor tendons of the hand. Ann Surg 1926; 83: 111–122.
10. Bunnell S. . Surgery of the hand. 2nd edition.Philadelphia: JB Lippincott 1948; 627.
11. Lister GD. Flexor tendon. In JG. Me Carthy ed. Plastic Surgery. Philadelphia W.B.Saunders 1990; 7: 4516-4564.
12. Peacock EE, Van W. Repair of tendons and restoration of gliding function.In E. Peacock (ed.), 2nd ed . Wound Repair. Philadelphia, W.B.Saunders 1976: 367-463.
13. Verdant CE. Primary repair of flexor tendons. J Bone Joint Surg 1960; 42A: 647-657.

14. Green WL and Niebauer JJ. Primary and secondary flexor tendon repairs in "No Man's Land". J Bone Joint Surg 1974; 56A:1216-1222.
15. Kleinert HE, Kutz JE, Ashbell TS, Martinez E. Primary repair of lacerated flexor tendons in " No Man's Land ". J Bone Joint Surg 1967; 49A:577
16. Mathes Stephen J. Plastic Surgery Second Edition 2006: 7-177: 351-399
17. Johnson RL, Tabin CJ. Molecular models for vertebrate limb development. Cell 1997; 90: 979-990.
18. Ten Berge D, Brugmann SA, Helms JA, Nusse R. Wnt and FGF signals interact to coordinate growth with cell fate specification during limb development. Development 2008; 135: 3247-3257.
19. Moore KL, Persaud TVN. Klinik Yönleriyle İnsan Embriyolojisi. Türkçe 2. Baskı ( Çeviri Editörleri: Dalçık H, Yıldırım M ). Nobel Tıp Kitabevleri 2009: 365-366.
20. Beatty E. Upper limb tissue differentiation in the human embryo. Hand Clin 1985; 1: 391-403.
21. Sbernardori MC, Fenu G, Pirino A, Fabbriciani C, Montella A. Histogenesis and morphology of the flexor tendon pulley system in the human embryonic hand. The Journal of Hand Surgery [ Br ] 2000; 25-2: 175-179.
22. Hunter JM, Abrahamsson SO. Tendon and nerve surgery in the hand 1997: 297-320
23. Weinstien SL, Buckwalter JA. Turek's orthopedics principles and their applications 5 th Edition 1984: 156-203
24. Dykyj D, Jules KT. The clinical anatomy of tendons.J Am Podiatr Med Assoc 1991; 81: 358-365.
25. Amiel D, Frank C,Harwood F, Fronck J, Akeson W. Tendons and ligaments: a morphological and biochemical comparison.J Orthop Res 1984; 1: 257-265.



26. Kierszenbaum AL. Histoloji ve Hücre Biyolojisi. ( Çeviri Editörü: Demir R). Palme Yayıncılık 2006: 97-100.
27. Kannus P. Structure of the tendon connective tissue.Scand J Med Sci Sports 2000; 10: 312-320.
28. Ehrlich HP, Lambert PA, Saggars GC, Myers RL, Hauck RM. Dynamic changes appearing in collagen fibers during intrinsic tendon repair. Ann Plas Surg 2005; 54: 201-206.
29. Jarvinen TA, Jarvinen TL, Kannus P, Jozsa L, Jarvinen M. Collagen fibers of the spontaneously ruptured human tendons display decreased thickness and crimp angle. J Orthop Res 2004; 22: 1303-1309.
30. Buckalter JA, Hunziker EB. Orthopaedics.Healing of bones, cartilages, tendons and ligaments: a new era.Lancet 1996; 348(Suppl 2): S1118.
31. Woo SL, Debski RE, Zeminski J, Abromowitch SD,Saw SS, Fenwick JA.Injury and repair of ligaments and tendons. Annu Rev Biomed Eng 2000;2:83-118.
32. Wenstrup RJ, Florer JB, Cole WG, Willing MC, Birk DE. Reduced type I collagen utilization: a pathogenic mechanism in COL5A1 haplo-insufficient Ehlers-Danlos Syndrome.J Cell Biochem 2004;92:113-124.
33. Wenstrup RJ, Florer JB, Brunskill EW,Bell SM, Chervoneva I, Birk DE. Type V collagen controls the initiation of collagen fibril assembly. J Biol Chem 2004;279:53331-53337.
34. Strickland JW. Flexor Tendons-Acute Injuries. In: Green DP, Hotchkiss RN , Pederson WC eds. Green' s Operative Hand Surgery. 4<sup>th</sup> ed. Philadelphia: Churchill Livingstone; 1999: 1851-1897.
35. Gelberman RH. Flexor tendon physiology: tendon nutrition and cellular activity in injury and repair. Instr Course Lect. 1985;34:351-60.

36. Paavola M, Kannus P, Jarvinen TAH, Khan K, Jozsa L, Jarvinen M. Achilles Tendinopathy ( current concepts review ). J Bone Joint Surg [ Am ] 2002; 84(11):2062-2072.
37. Raspanti M, Manelli A, Franchi M, Ruggeri A. The 3D structure of crimps in the rat Achilles tendon. Matrix Biol 2005; 24: 503-507.
38. Roshan J, Kesturu G, Balian G, Chhabra B. Tendon: 48 J Hand Surg 2008; 33A: 102-112.
39. Silver FH, Freeman JW, Seehra GP. Collagen self- assembly and the development of tendon mechanical properties. Journal of Biomechanics 2003; 36: 1529-1553.
40. Wang JH-C. Mechanobiology of tendon: review. Journal of Biomechanics 2006; 39: 1563-1582.
41. Almekinders LC, Almekinders SV. Outcome in the treatment of chronic overuse sports injuries : a retrospective study. J Orthop Sports Phys Ther.1994; 19: 157-61.
42. Tang JB. Flexor Tendons In: Guyuron B, Eriksson E, Persing J . Plastic Surgery Indications and Practice. 2009: 1115-1125.
43. Grabb&Smiths Plastic Surgery 6. Baskı Türkçe (Çeviri Editörü: Gültan S.M) 2010: 803-809
44. Allan CH. Flexor Tendons: Anatomy and surgical approaches. Hand Clin 2005; 21(2): 151-157.
45. Özdemir O, Küçük L, Coşkunol E. Fleksör tendon klinik anatomisi ve muayanesi. Türkiye Klinikleri Dergisi- Ortopedi ve Travmatoloji.2011; 4 : 2: (9-14).
46. Arıncı K, Elhan A. Anatomi 1. Cilt. 4. Baskı .Güneş Kitabevi. 2006: 180-200.
47. Hentz VR, Chase RA. Tendons and Muscles. Hand Surgery: A Clinical Atlas. 1<sup>st</sup> ed. Philadelphia: WB Saunders 2001: 320-331.

48. Doyle JR, Blythe WF. Anatomy of the flexor tendon sheath and pulleys of the thumb. J Hand Surg [ Am ] 1977; 2(2):149-151 [ Absract ].
49. Wright II PE. Flexor and Extensor Tendon Injuries- Part XVIII-The Hand; Chapter:63 [ Çeviri: Ünal MB, Bacakoğlu K, Parmaksızıoğlu F. Fleksör ve Ekstansör Tendon Yaralanmaları- Kısım XVIII-EI; Bölüm 63 ]. In: Canale ST, Beaty JH. Campbell' s Operative Orthopaedics 11<sup>th</sup> ed. Mosby elsevier 2007. [ Çeviri editörü: Başbozkurt M, Yıldız C ( Türkçe baskı-11. baskı )]. Güneş Tıp Kitabevleri 2011: 3851-3921.
50. Moiemmen NS, Elliot D. Primary flexor repair in zone I. J Hand Surg [ Br ]. 2000; 25: 78-84.
51. Tang JB. Flexor tendon repair in Zon 2C. J Hand Surg 1994; 19 B (1):72-75.
52. Tang JB. Clinical outcomes associated with flexor tendon repair. Hand Clinics 2005; 21 (2): 199-210.
53. Urbaniak JR, Goldner JL. Laceration of the flexor pollicis longus tendon: delayed repair by advancement, free graft or direct suture. The Journal of Bone and Joint Surgery [ Am ] 1973; 55-A(6): 1123-1148.
54. Fleksör Tendonlar İn: selected readings in plastic surgery ( çeviri editörü: Terzioğlu A. ) : 304-316
55. Strickland JW: Developement of flexor tendon surgery: twenty-five years of progress. J. Hand Surgery Am. 2000;25:214-235
56. Manske PR. Flexor tendon healing. The Journal of Hand Surgery 1988; 13-B (3): 237-245.
57. Manske PR, Lesker PA. Flexor tendon nutrition. Hand Clin 1985; 1(1): 13-24.
58. Lundborg G. The nutrition of flexor tendons. In R Tubiana ed. The Hand. Vol:3, W.B. Saunders Comp 1988: 20-32.

59. Valenti PH. Primary repair in flexor tendon lesions. In: Tubiana R, Gilbert A, ed. Tendon, Nerve and other Disorders. 1<sup>st</sup> ed London: Taylor Francis; 2005: 45-7.
60. Cohen MJ, Kaplan L. Histology and ultrastructure of human flexor tendon sheath. J Hand Surg 1987; 12 (1): 25-29 [ Abstract ].
61. Lundborg G, Hansson HA, Rank F, Rydevik B. Superficial repair of severed flexor tendons in synovial environment. An experimental, ultrastructural study on cellular mechanisms. The Journal of Hand Surgery 1980; 5(5): 451-461[ Abstract ].
62. Amadio PC, Hunter JM, Jaeger SH, Wehbe MA, Schneider LH. The effect of vincular injury on the results of flexor tendon surgery in zone 2. J Hand Surg [ Am ] 1985 ;10(5): 626-632.
63. Goodman HJ, Choueka J. Biomechanics of the flexor tendons. Hand Clin 2005; 21(2): 129-149.
64. Doyle JR. Palmar and digital flexor tendon pulleys. Clin Orthop 2001; 383: 84–96.
65. Peterson WW, Manske PR, Bollinger BA, Lesker PA, McCarthy JA. Effect of pulley excision on flexor tendon biomechanics. J Orthop Res. 1986; 4(1): 96-101.
66. Rispler D, Greenwald D, Shumway S, Allan C, Mass D. Efficiency of the flexor tendon pulley system in human cadaver hands. J Hand Surg [Am] 1996; 21(3): 444–450.
67. Peterson WW, Manske PR, Kain CC, Lesker PA. Effect of flexor sheath integrity on tendon gliding: a biomechanical and histologic study. J Orthop Res 1986; 4(4): 458–465.
68. Hume EL, Hutchinson DT, Jaeger SA, Hunter JM. Biomechanics of pulley reconstruction. J Hand Surg [Am] 1991; 16(4): 722–730.
69. Woo S, An KN, Frank C, et al. Anatomy, biology, and biomechanics of tendon and ligament. In: Buckwalter JA, Einhorn TA, Simon SR, editors. Orthopaedic basic science. 2nd edition. St. Louis: American Academy of Orthopaedic Surgeons 2000.

70. O'Brien M. Functional anatomy and physiology of tendons. *Clin Sports Med* 1992; 11(3): 505–520.
71. Yamamoto E, Hayashi K, Yamamoto N. Effects of stress shielding on the transverse mechanical properties of rabbit patellar tendons. *J Biomech Eng* 2000; 122(6): 608–614 [ Abstract ].
72. Yamamoto N, Ohno K, Hayashi K, Kuriyama H, Yasuda K, Kaneda K. Effects of stress shielding on the mechanical properties of rabbit patellar tendon. *J Biomech Eng* 1993; 115(1): 23–28 [ Abstract ].
73. Cherdchutham W, Becker C, Smith RK, Barneveld A, van Weeren PR. Age-related changes and effect of exercise on the molecular composition of immature equine superficial digital flexor tendons. *Equine Vet J [ Suppl ]* 1999; (31): 86-94 [ Abstract
74. Schuind F, Garcia-Elias M, Cooney WP III, An KN. Flexor tendon forces: in vivo measurements. *J Hand Surg [Am]* 1992; 17(2): 291–298
75. Silfverskiold KL, May EJ. Flexor tendon repair in zone II with a new suture technique and an early mobilization program combining passive and active flexion. *J Hand Surg [Am]* 1994; 19(1): 53-60.
76. Taras JS, Raphael JS, Marczyk SC, Bauerle WB. Evaluation of suture caliber in flexor tendon repair. *J Hand Surg [Am]* 2001; 26(6): 1100–4.
77. Gelberman RH, Manske PR. Factors influencing flexor tendon adhesions. *Hand Clin* 1985; 1(1): 35–42.
78. Elliot D, Moiemmen NS, Flemming AF, Harris SB, Foster AJ. The rupture rate of acute flexor tendon repairs mobilized by the controlled active motion regimen. *J Hand Surg [Br]* 1994; 19(5): 607-12.
79. Fok KS, Chou SM. Development of a finger biomechanical model and its considerations. *Journal of Biomechanics* 2010; 43: 701-713.

80. Tony Lin W, Cardenas L, Soslowsky Louis J. Biomechanics of tendon injury and repair. *Journal of Biomechanics* 2004; 37: 865-877.
81. Sharma P, Maffuli N. Basic biology of tendon injury and healing. *The Royal Colloges of Surgeons of Edinburgh and Ireland* 2005;3:5; 309-316
82. Ataker Y, Ece SC, Gdemez E. Fleksör tendon tamiri sonrası rehabilitasyon. *Türkiye Klinikleri Dergisi- Ortopedi ve Travmatoloji-* 2011; 4(2): 31-42.
83. Liu SH, Yang RS, al-Shaikh R, et al. Collagen in tendon, ligament, and bone healing. A current review. *Clin Orthop Relat Res* 1995;318:265-278.
84. James R, Kesturu G, Balian G, Chhabra B. Tendon: Biology, biomechanics, growth factors, and evolving treatment options. *J Hand Surg [ Am ]* 2008; 33A: 102-112.
85. Bayram H, Herdem M. Akut fleksör tendon yaralanmalarının tedavisi. *Türkiye Ortopedi ve Travmatoloji Birliği Dergisi-* 2003; 4(3-4): 94-101.
86. Wang ED. Tendon repair. *J. Hand Ther* 1998;11:105-110
87. Herndon JH. Tendon injuries-flexor surface. *Emerg. Med. Clin. North Am.* 1985;3:341-349.
88. Beasley Robert W. Tendon yaralanmaları İn: Beasley ' in El Cerrahisi Habitat Yayıncılık 2010;14: 240-251
89. Prakash P, Tahir Ansari M. Zone 2 flexor tendon injuries: Venturing into the no man's land. *Indian J Orthop.* 2012 Nov-Dec; 46(6): 608–615.
90. Moriya T, Larson MC, Zhao C, Amadio PC. The effect of core suture flexor tendon repair techniques on gliding resistance during static cycle motion and load to failure: a human cadaver study. *J Hand Surg Eur Vol.* 2012 May;37(4):316-322
91. Verdant Claude E. Half a century of flexor-tendon surgery. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 1972;54-A;3:472-491

92. Strickland JW. Flexor tendon repair: Indiana method. The Indiana Hand Center Newsletter 1993, 1:1-12
93. Kleinert HE, Schepel S, Gill T. Flexor tendon injuries. Surg. Clin. North Am. 1981;61:267-286
94. Tang JB. Clinical outcomes associated with flexor tendon repair. Hand Clin. 2005;21:199-210.
95. . Strickland JW, Glogovac SV. Digital function following flexor tendon repair in zone 2 : a comparison of immobilization and controlled passive motion techniques. J. Hand Surg. Am. 1980; 5:537-543.
96. Kleinert HE, . Verdan C. Report of the committee on tendon injuries. J. Hand Surg. Am. 1983; 8:794-798.
97. Manske PR. The flexor tendon ( review ). Orthopedics 1987; 10: 1733-1741.
98. Elliot D, Moiemmen NS, Flemming AF. The rupture rate of acute flexor tendon repairs mobilized by the controlled active motion regimen. J. Hand Surg. Br. 1994;19:607-612
99. Chow JA, Thomes LJ, Dovel S, Controlled motion rehabilitation after flexor tendon repair and grafting. A multicenter study. J. Bone Joint Surg. Br. 1988;70:591-595.
100. Taras JS, Gray RM, Culp RW. Complications of flexor tendon injuries. Hand Clin. 1994;10:93-109.
101. Strickland JW. Flexor tendon injuries. II. Operative technique. J. Am. Acad. Orthop. Surg. 1995;3:55-62.
102. Boyes JH. Flexor tendon grafts in the fingers and thumb: an evaluation of end results. . J. Bone Joint Surg. Am. 1950;32:489-498.
103. McClinton MA, Curtis RM, Wilgis EFS. One hundred tendon grafts for isolated flexor digitorum profundus injuries. J. Hand Surg. Am. 1982;7:224-229.

104. Hunter JM. Staged flexor tendon reconstruction. J. Hand Surg. Am. 1983;8:789-793.
105. . Hunter JM. Artificial tendons: early development and applications. In . Hunter JM, Schneider LH, Mackin EJ. Tendon Surgery in the Hand. 1987:248-259.
106. Rank BK. The forgotten operation: amputation. . In . Hunter JM, Schneider LH, Mackin EJ. Tendon Surgery in the Hand. 1987:245-247.
107. Manske PR, Lesker PA, Birdwell K. Experimental studies in chickens on the initial nutrition of tendon grafts. . J Hand Surg Am 1979;4:565-575.
108. Tonkin M, Lister G. Flexor tendon surgery- today and looking ahead. Clin Plast Surg 1986;13:221-242.
109. Greene EC. Anatomy of the rat. New York, Hafner Publishing Company 1963.
110. Bayramiçli M. Deneysel Mikrocerrahi. Argos İletişim Hiz. Rek. ve Tic.A.Ş Birinci Baskı Mayıs 2005:127-139.
111. Hebel R, Strömberg MW. Anatomy of the laboratory rat. Williams & Wilkins Co. Baltimore 1976.
112. Joensen J, Gjerdet N, Hummelsun S. An experimental study of low-laser therapy in rat Achilles tendon injury. Lasers Med Sci 2012;27:103-111.
113. Öztuna V. Ortopedi ve Travmatolojide kullanılan deneysel hayvan modelleri. Türkiye Ortopedi ve Travmatoloji Birliği Derneği Dergisi 2007;6(1-2):47-55
114. Trumble TE. Experimental studies of the structure and function of flexor tendons. In Light TR, Scholl WM, eds: Hand Surgery Update 2. American Society for surgery of the Hand, 1999:129-140.
115. Wang ED: Tendon repair. J. Hand Ther. 1998;11:105-110.
116. Gulihar A, Hajipour L. Comparison of three different peripheral suturing techniques for partial flexor tendon lacerations: a controlled in-vitro biomechanical study. Hand Surgery, Vol. 17, No. 2 (2012) ;155-160



117. Gregory Nelson N, Ryan P. Intrasynovial Flexor tendon repair: A Biomechanical Study of Variations in Suture Application in Human Cadavare. *Journal of Orthopaedic Research* October 2012;1652-1659.
118. Dinopoulos HT, Boyer MI, Burns ME, et al. The resistance of a four- and eight-strand suture technique to gap formation during tensile testing: an experimental study of repaired canine flexor tendons after 10 days of in vivo healing. *J Hand Surg Am* 2000;25:489–498.
119. Boyer MI, Gelberman RH, Burns ME, et al. Intrasynovial flexor tendon repair. An experimental study comparing low and high levels of in vivo force during rehabilitation in canines. *J Bone Joint Surg Am* 2001;83-A:891–899.
120. Hatano I, Suga T, Diao E. Adhesions from flexor tendon surgery: an animal study comparing surgical techniques. *J. Hand Surg. Am.* 2000 Mar;25(2):252-9.
121. Tang JB, Zhi D, Zhang QG. Biomechanical and histologic evaluation of tendon sheath management. *J. Hand Surg.* 1996;21A:900-908
122. Strick MJ, Filan SL, Hile M. Adhesion formation after flexor tendon repair: a histologic and biomechanical comparison of 2- and 4-strand repairs in a chicken model. *J. Hand Surg. Am.* 2004 Jan;29(1):15-21.
123. Kocaoğlu B, Agir I, Nalbantoğlu U. Effect of mitomycin-C on post-operative adhesions in tendon surgery. *J. Bone Joint Surg.* 2010;92-B:889-93.
124. Strickland JW. Flexor Tendon Surgery. Part 1. Primary flexor tendon repair. *J. Hand Surg. Br* 1989;14:261-272.
125. Wang AW, Gupta A.: Early motion after flexor tendon surgery. *Hand Clin.* 1996;12:43-55.

126. Sandberg O, Eliasson P, Andersson T. Etanercept does not impair healing in rat models of tendon or metaphyseal bone injury. *Acta Orthopaedica* 2012;83(3):305-310.
127. Potenza D. The healing of autogenous tendon grafts within the flexor digital sheath in dogs. . *The Journal of Bone and Joint Surgery* 1964;46-A:1462-84.
128. Mayer L. Repair severed tendons. *Am. J. Surg.* 1938;42:714-22.
129. Schneider LH, Wehbe MA. Delayed repair of flexor profundus tendon in the palm (zone 3) with superficialis transfer. . *J. Hand Surg.* 1988;13A:227-30.
130. Stark H, Anderson D, Zemel N. Bridge flexor tendon grafts. *Clinical Orthopaedics and Related Research.* 1989;242:51-59.
131. Boyes, J.: Rupture of tendons: Report of four cases of latent rupture of the tendon of the extensor pollicis longus. *West. J. Surg. Obstet. Gynecol.* 1935;43:442.
132. . McCormack, R., and Bales, H. The use of mini tendon grafts to restore functional balance in the hand (Abstract). *J. Bone Joint Surg.* 1974;56A:1094.
133. Santha, E., Varga, A., Renner, A., and Santha, A. Bridge transplantation in "No Man's Land". *Hand chirurgie* 1979;11:199.
134. Pulvertaft, R. G. Repair of severed tendons in the hand. *In* Rob, C., and Smith, R. (eds.): *Operative Surgery*, vol. 6. Philadelphia, F. A. Davis, 1958:42.
135. . Pulvertaft, R. G. Suture materials and tendon junctures. *Am. J. Surg.* 1965;109:346.
136. Pulvertaft, R. G. Repair of tendon injunes in the hand. *Ann. R. Coll. Surg. (Eng.)* 1948;3:3.
137. Bunnell, S. Repair of nerves and tendons of the hand. *J. Bone Joint Surg.* 1928;10-A:1.

138. Winter SC, Seiler J, Woo Y, Gelberman R. Suture methods for flexor tendon repair. *Annals of Hand and Upper Limb Surgery*. 1997;16:229-33.

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A: Annular (anüler, halkasal)

ark. : Arkadaşları

bFGF: basic Fibroblast Growth Factor (temel Fibroblast Büyüme Faktörü)

C: Cruciform (Krusiform, Çapraz)

cm: santimetre

DIP: Distal interphalangeal

DNA: Deoksiribonükleik asit

dk: dakika

FCR: Flexor Carpi radialis

FCU: Flexor Carpi Ulnaris

FDP: Flexor Digitorum Profundus (Fleksör Digitorum Profundus, Derin Fleksör Tendon)

FDS: Flexor Digitorum Superficialis (Fleksör Digitorum Süperfisiyalis, Yüzeysel Fleksör Tendon)

FPL: Flexor Pollicis Longus (Başparmak uzun fleksör tendonu)

GAG: Glikozaminoglikan

GER: Granüllü Endoplazmik Retikulum

gr: gram

IP: İnterfalangial

kg: kilogram

KL: Kollajen lifler

mm: milimetre ( $1 \times 10^{-3}$  metre)

MP: Metacarpophalangeal

ms: milisaniye ( $1 \times 10^{-3}$  saniye)

nm: nanometre

N: Newton (= 1/9.8 kg-f)

PIP: Proximal interphalangeal

mRNA: Messenger ribonucleic acid (mesajcı Ribonükleik asit)

ROM: Range of motion (Eklem hareket açıklığı)

TAM: Total active range of motion

TGF- $\beta$ : Transforming Growth Factor-  $\beta$  (Değiştirici Büyüme Faktörü-  $\beta$ )

VB: vinculum brevis

VL: vinculum longus

yy: yüzyıl

$\mu\text{m}$ : mikrometre ( $1 \times 10^{-6}$  metre)

$\mu\text{s}$ : mikrosaniye ( $1 \times 10^{-6}$  saniye)

$^{\circ}$ : derece

## ŞEKİLLER VE RESİMLER DİZİNİ

Şekiller	Sayfa No
Şekil 1 (Tendonun çok birimli hiyerarşik yapısı)	14
Şekil 2 (Camper'in kiazması)	15
Şekil 3 (FDS, FDP ve pulleylerin pozisyonları)	15
Şekil 4 (Palmar apönoroz pulley)	16
Şekil 5 (2-3-4-5. parmakların pulley sistemi)	17
Şekil 6 (Başparmağın pulley sistemi)	18
Şekil 7 (Bölge 1 ve bölge 2 alt bölümleri)	19
Şekil 8 (Tüm parmakların Verdan bölgeler)	20
Şekil 9 (Tendonların vasküleritisi)	22
Şekil 10 (FDP ve FDS'nin uzun-kısa vinkulumları)	23
Şekil 11 (Mekanik testlerde stress-gerilim eğrisi)	26
Şekil 12 (Tendon yaralanması sonrası gelişen süreç)	29
Şekil 13 (Tendonlar ekstrinsik ve intrinsik iyileşme)	30
Şekil 14 (Primer onarım teknikleri)	33
Şekil 15 (Epitendinöz dikiş yöntemleri)	34
Şekil 16 (Tendon yaralanmalarında atelleme-rehabilitasyon)	35
Şekil 17 (Rat gastroknemius kası ve aşıl tendonu)	42

<b>Resimler</b>	<b>Sayfa No</b>
Resim 1 (Wistar albino türü rat)	44
Resim 2 (Standart Kessler yöntemi ile tendon greftinin sutureasyonu)	46
Resim 3 (Simple running tekniği ile epitenon onarımı)	46
Resim 4 (Yeni tanımlanan yöntem ile greftin sutureasyonu)	47
Resim 5 (Kullanılan suture materyelleri)	47
Resim 6 (Cerrahi işlem sonrası alçı ile immobilizasyon)	48
Resim 7 (Tendon germe-çekme-kopma kuvveti ölçüm cihazı)	50
Resim 8 (Sham grubunun tendon histolojisi)	51
Resim 9 (İkinci gruptaki yapışıklıklar)	52
Resim 10 (İkinci gruptaki düzensiz kollajen lifler)	52
Resim 11 (İkinci gruptaki merkezi nekroz)	53
Resim 12 (Üçüncü gruptaki yapışıklıklar)	53
Resim 13 (Üçüncü gruptaki düzensiz kollajen lifler)	54
Resim 14 (Üçüncü gruptaki merkezi nekroz)	54

## TABLolar DİZİNİ

<b>Tablolar</b>	<b>Sayfa No</b>
Tablo 1 (Fleksör tendon onarımı sonrası sonuçların değerlendirilmesi)	37
Tablo 2 (Tendon greftlemesinde Boyes'un pre-op sınıflama)	39
Tablo 3 (Yapışıklık evreleme skalası)	49
Tablo 4 (Tendon iyileşmesinin evreleme skalası)	49
Tablo 5 (Grup 2 açısından yapışıklıkların histopatolojik değerlendirmesi)	55
Tablo 6 (Grup 2 açısından yapışıklıkların histopatolojik değerlendirmesi)	55
Tablo 7 (Grup 2 ve Grup 3'ün yapışıklık istatistiksel karşılaştırması)	56
Tablo 8 (Grup 2 açısından iyileşmenin histopatolojik değerlendirmesi)	56
Tablo 9 (Grup 3 açısından iyileşmenin histopatolojik değerlendirmesi)	57
Tablo 10 (Grup 2 ve Grup 3'ün iyileşmesinin istatistiksel karşılaştırılması)	57
Tablo 11 (3 grubun biyomekanik verileri ve istatistiksel karşılaştırılması)	58
Tablo12 (Grup 2 ve Grup 3'ün biyomekanik istatistiksel karşılaştırılması)	59