



**T.C.  
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ**

**DENEYSEL TENDON ONARIMINDA İYİLEŞME YÜZEYİNİN  
ARTTIRILMASININ TENDON İYİLEŞMESİNE ETKİSİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**UZMANLIK TEZİ**

**Dr. Ömer BULUT  
PLASTİK, REKONSTRÜKTİF VE ESTETİK CERRAHİ  
ANABİLİM DALI**

**TEZ DANIŞMANI  
Doç. Dr. Mehmet BEKERECİOĞLU**

**Ağustos – 2007**

T.C.  
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ

**DENEYSEL TENDON ONARIMINDA İYİLEŞME  
YÜZEYİNİN ARTTIRILMASININ TENDON  
İYİLEŞMESİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

**UZMANLIK TEZİ**

**Dr. Ömer BULUT**  
**PLASTİK, REKONSTRÜKTİF VE ESTETİK CERRAHİ**  
**ANABİLİM DALI**

**TEZ DANIŞMANI**  
**Doç. Dr. Mehmet BEKERECİOĞLU**

## ÖNSÖZ

Tüm ihtisasım süresince olduğu gibi bitirme tezimde de değerli bilgileri ile bana yön veren sayın hocam Doç. Dr. Mehmet BEKERECİOĞLU başta olmak üzere, bir Plastik Cerrah olmamda değerli tecrübelerinden yararlandığım Anabilim Dalı Başkanımız sayın Prof. Dr. Mehmet MUTAF'a, hayvan deneyi laboratuvarında çalışmalarına izin ve yön veren merkezi araştırma laboratuvarı başkanı Yard. Doç. Dr. Ayhan ERALP'e, Patoloji laboratuvarında çalışmalarına destek olan Patoloji Anabilim Dalı Öğretim Üyesi sayın Prof. Dr. Kemal BAKIR ve asistanı Dr. Yasemin KİBAR'a, istatistiksel değerlendirmede bilgilerinden faydalandığım Endüstri Mühendisliği Öğretim Üyesi Yard. Doç. Dr. Faruk GEYİK'e, Biyomekanik incemenin yapıldığı KOSGEB (Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı) Gaziantep şubesi teknisyenlerinden Mehmet ERTÜRK'e, tavukların temin edildiği Tokatlıoğlu Ltd. şirketi sahibi Abdullah TOKATLIOĞLU'na, tezin tasarımında yardımlarını esirgemeyen bilgisayar öğretmeni değerli arkadaşım Kemal OKUR'a ve bu deneysel çalışmanın başından sonuna yanımda olup yardım eden Plastik, Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi Anabilim Dalı'ndaki mesai arkadaşlarım Dr. Dağhan IŞIK, Dr. M. Nuri KARATOPRAK, Dr. Ertan GÜNAL, Dr. Metin TEMEL'e ve hastane personelimizden Ahmet SOY'a teşekkür ederim.

Dr. Ömer BULUT  
Gaziantep 2007

## İÇİNDEKİLER

ABSTRACT .....	III
KISALTMALAR .....	V
TABLO LİSTESİ .....	VI
ŞEKİL LİSTESİ.....	VII
RESİM LİSTESİ .....	VIII
1. GİRİŞ ve AMAÇ .....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2. 1. FLEKSÖR TENDONLARIN YAPISI .....	3
2. 1. 1. Morfoloji:.....	3
2. 1. 2. Anatomi: .....	3
2. 1. 3. Beslenme: .....	6
2. 2. FLEKSÖR TENDON ONARIMI .....	7
2. 3. FLEKSÖR TENDONLARIN İYİLEŞMESİ VE İYİLEŞMEYE ETKİ EDEN FAKTÖRLER.....	9
2. 4. FLEKSÖR TENDON ONARIMINDA KULLANILAN TEKNİKLER .....	10
2. 4. 1. Uç Uca Onarım Yöntemleri: .....	11
2. 4. 2. Çevresel Onarım Yöntemleri:.....	11
2. 5. TAVUKLARDA FLEKSÖR TENDON ANATOMİSİ.....	12
3. GEREÇ ve YÖNTEM .....	14
3. 1. HAZIRLIK .....	14
3. 2. CERRAHİ TEKNİK .....	15
3. 3. GRUPLAR.....	18
3. 4. BİYOMEKANİK İNCELEME .....	20
3. 5. MAKROSKOPİK İNCELEME .....	21
3. 6. HİSTOPATOLOJİK DEĞERLENDİRME .....	21
3. 7. İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME .....	21
4. BULGULAR.....	22
4. 1. BİYOMEKANİK BULGULAR .....	22
4. 2. HİSTOPATOLOJİK BULGULAR .....	26
5. TARTIŞMA.....	29
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER .....	34

**ABSTRACT****RESEARCH OF HEALING OF TENDON SURFACE'S INCREASING EFFECT FOR HEALING OF TENDON IN EXPERIMENTAL REPAIR**

Dr. Omer BULUT

Residency Thesis, Department of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery

Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Mehmet BEKERECIOGLU

June 2007, 53 pages

Most of complication after tendon repair are development of adhesion and rupture. In order to prevent the adhesion, early active exercise should be done after operation. But during these exercises there might be rupturs in tendons. We have described a new tendon repair method by incerasing the tendon healing surface to minimalised this complications.

In this study forty-eight Legorn type chickens whose weight between 1750-2000 gr were used. These chickens were divided into six groups including eight chickens. In each group chickens' 3<sup>th</sup> finger of right foot was operated. Half of the chickens tendons were cut as transvers and was sutured by double modified Kessler method with 5/0 polypropilene. The other chickens' tendons from end of proximally upper half and from end of distally lower half were exized 3 mm; and sutured by double modified Kessler method. After the operation the chickens' right feet were made by gypsum plaster at the physiologic position. Tensile strengt test were applied to the all groups on the 0. day and in 4<sup>th</sup> week and in 6<sup>th</sup> week after the operation. At the comparison of between each groups as in-vitro no differences were found. The new method was appeared superior at the 4<sup>th</sup> week as in-vivo. This difference was found more increased at the 6<sup>th</sup> week.

The increases of fibrosis and inflamation were found more clear in the new method at investigation of hystopathologically in the 4<sup>th</sup> week and 6<sup>th</sup> week.

At the repaired tendons with new method, both the healing surface increases and the direction of collagen fibers in this surface change. Because of these effects, the tendon healing line's strongness increases and early active exercises can be applied safely without rupture at tendons after operation, and thus the adhesion can be prevented.

**Key words:** Flexor tendon healing, Tendon tensile strength, Tendon suture techniques, Tendon adhesion.

## DENEYSSEL TENDON ONARIMINDA İYİLEŞME YÜZEYİNİN ARTTIRILMASININ TENDON İYİLEŞMESİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Dr. Ömer BULUT

Uzmanlık Tezi, Plastik, Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi Anabilim Dalı

Tez danışmanı: Doç. Dr. Mehmet BEKERECİOĞLU

Ağustos–2007, 53 sayfa

Tendon onarımından sonra yapışıklıklar ve kopmalar en sık karşılaşılan komplikasyonlardır. Yapışıklıkların önlenmesinde ameliyat sonrası erken aktif hareket verilmesi gerekmektedir. Fakat bu egzersizler sırasında tendonlarda kopmalar olmaktadır. Biz bu komplikasyonları en aza indirmek için tendon iyileşme yüzeyini artırarak yeni bir tendon onarım yöntemi tanımladık.

Çalışmada 48 adet, ağırlıkları 1750–2000 gr arasında olan Legorn cinsi tavuk kullanılmıştır. Bu tavuklar 8'erli 6 gruba ayrılmıştır. Her gruptaki tavukların sağ ayak 3. parmaklarına işlem yapılmıştır. Çalışmadaki tavukların yarısının tendonları transvers olarak kesilip 5/0 polipropilen ile çift modifiye Kessler yöntemi ile onarılmıştır. Diğer gruptaki tavukların tendonlarının proksimal uç üst yarısından ve distal uç alt yarısından 3 mm çıkartılıp, modifiye Kessler yöntemi ile onarılmıştır. Ameliyat sonrası tüm tavukların sağ bacaklarına fizyolojik pozisyonda alçı yapılmıştır. Gruplara ameliyat sonrası 0. gün, 4. hafta ve 6. haftada germe testi uygulanmıştır. Grupların in-vitro olarak karşılaştırılmasında aralarında fark bulunmamıştır. İn-vivo olarak 4. haftada yeni yöntemin üstün olduğu görülmüştür. Altıncı haftada bu fark daha da artmış olarak bulunmuştur.

Dördüncü ve altıncı haftalarda grupların histopatolojik incelenmesinde yeni yöntemde daha belirgin olmak üzere fibroziste ve inflamasyonda artış bulunmuştur.

Yeni yöntem ile onarılan tendonlarda hem iyileşme yüzeyi artmakta hem de bu yüzeydeki kollajen liflerinin yönü değişmektedir. Bu etkilerinden dolayı tendon onarım hattının sağlamlığı artar, ameliyat sonrası tendonlar kopmadan erken aktif hareket rahatlıkla yapılabilir ve böylece yapışıklıklar önenebilir.

**Anahtar kelimeler:** Fleksör tendon iyileşmesi, Tendon gerim kuvveti, Tendon sutur teknikleri, Tendon yapışıklığı.

**KISALTMALAR**

<b>FCU</b>	: Flexor carpi ulnaris
<b>FCR</b>	: Flexor carpi radialis
<b>PL</b>	: Palmaris longus
<b>FDS</b>	: Fleksor digitorum superficialis
<b>FDP</b>	: Fleksor digitorum profundus
<b>FPL</b>	: Fleksor pollicis longus
<b>A</b>	: Annuler pulley (1-5)
<b>C</b>	: Cruciate pulley (1-3)
<b>DIP</b>	: Distal interphalangeal
<b>N</b>	: Newton
<b>Gr</b>	: Gram
<b>IM</b>	: Intra musculer

**TABLO LİSTESİ**

<b>Tablo Adı</b>	<b>Sayfa No</b>
Tablo 1: Grup 1: Biyomekanik değerler (0. gün). Çift modifiye Kessler .....	22
Tablo 2: Biyomekanik değerler (0. gün). Yeni yöntem.....	22
Tablo 3: Biyomekanik değerler (4. hafta). Çift modifiye Kessler .....	23
Tablo 4: Biyomekanik değerler (4. hafta). Yeni yöntem.....	23
Tablo 5: Biyomekanik değerler (6. hafta). Çift modifiye Kessler .....	23
Tablo 6: Biyomekanik değerler (6. hafta). Yeni yöntem.....	24
Tablo 7: Grupların ortalama değerleri .....	24
Tablo 8: Karşılaştırma yapılan grupların p değerleri.....	24
Tablo 9: Patolojik parametrelerin gruplara göre değerlendirilmesi .....	26



**ŞEKİL LİSTESİ**

<b>Şekil Adı</b>	<b>Sayfa No</b>
Şekil 1: Önkolda kas ve tendonların anatomik görünümü.....	4
Şekil 2: Parmakta vinkulaların yandan görünümü .....	5
Şekil 3: Tendonların beslenmesi .....	6
Şekil 4: Mezotenon ve vinkulumlardan FDS ve FDP'lerin beslenmesi .....	6
Şekil 5: Anüler ve kruşiyat pulleylerin beslenmesi ve görünümü .....	7
Şekil 6: Elin zonlara göre cerrahi anatomisi .....	8
Şekil 7: Tendonda iyileşme evreleri.....	9
Şekil 8: Uç uca onarımda kullanılan bazı sutur teknikleri .....	11
Şekil 9: Bazı çevresel sutur teknikleri.....	12
Şekil 10: Tavuk fleksör tendon anatomisi.....	13
Şekil 11: Çift modifiye Kessler sutur .....	17
Şekil 12: Yeni yöntem ile tendon onarımının şematik gösterimi .....	17

**RESİM LİSTESİ**

<b>Resim Adı</b>	<b>Sayfa No</b>
Resim 1: Tavuk fleksör tendonu.....	13
Resim 2: Beyaz Legorn tavuk .....	14
Resim 3: Ameliyat öncesi çizim.....	16
Resim 4: Fleplerin kaldırılması.....	16
Resim 5: FDP tendonu.....	16
Resim 6: Tendonun çıkarım yapılacak kısmının işaretlenmesi.....	16
Resim 7: Tendonun proksimal kısmından 0.3 cm çıkartılması.....	16
Resim 8: Tendonun yeni yöntem ile onarılması .....	16
Resim 9: Fizyolojik pozisyonda yapılmış alçı .....	17
Resim 10: Germe testinin yapıldığı Testometrik Micro 500 cihazı.....	20
Resim 11: FDP tendonun makroskopik görünümü.....	21
Resim 12: Fibrozis ve inflamasyonlu dokuX100 HE (Grup 3) .....	26
Resim 13: Fibrozis ve inflamasyon bulunan dokuX100 HE (Grup 4).....	27
Resim 14: Fibrozis ve inflamasyon bulunan dokuX100 HE (Grup 5).....	27
Resim 15: Bol fibrozis ve inflamasyon bulunan dokuX100 HE (Grup 6).....	28

**GRAFİKLER**

<b>Grafik Adı</b>	<b>Sayfa No</b>
Grafik 1: Grupların karşılaştırılması.....	25
Grafik 2: Yeni yöntem ile çift modifiye Kessler yönteminin zamana göre gerim kuvvetleri .....	25

## 1. GİRİŞ ve AMAÇ

El cerrahisinde tendon yaralanmaları büyük bir yer kaplamaktadır. Tendon onarımı sonrası güç kazanma ve normal hareketin sağlanmasında en önemli faktör güçlü, aralık bırakmayan, pulleylerde takılmaya yol açmayan, peritendinöz kılıflarda gerginliğe yol açmayan ve tendon yüzeyinde takılmaya sebep olmayan sutur tekniği kullanılmasıdır.

Tüm uç uca tendon onarımlarında ana prensipler, suturların tendonda tam hareket sağlayıcı gerginlikte olması, tendona kolayca uygulanabilmesi, düğümlerin sağlam olması, onarım sahasında minimal aralık bırakılması hedeflenerek, tendonun kanlanması bozulmadan, onarım yüzeyinin pürüzsüz olmasının sağlanmasıdır. Tendon iyileşmesinde sutur tekniği de oldukça önemlidir. Tendon onarımlarında birçok yöntem mevcuttur. Bu onarım yöntemlerinin kendi aralarında avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Tendon onarımı sonrası dönemde en önemli komplikasyonlar, tendonun yapışması veya kopmasıdır. Yapışıklığı önlemek için erken aktif hareket başlanır. Ameliyat sonrası dönemde, aktif egzersiz sırasında tendon onarım hattının en zayıf olduğu günlerde kopmalar meydana gelebilir. Kopmaların nedenleri arasında onarım teknikleri ve kullanılan sutur materyali de yer almaktadır. Ameliyat sonrası dönemde aktif egzersiz sırasında oluşabilecek kopmaları önlemek için, tendon iyileşme yüzeyi artırılarak yeni bir tendon onarım yöntemi planlandı. Bu yöntemde tendonun proksimal kısım orta üst yarısından 0.3 cm ve distal kısım orta alt yarısından 0.3 cm çıkarım yapıp tendonun iyileşme yüzeyi artırılarak, merdiven basamağı şeklinde yaklaştırılıp, çift modifiye Kessler yöntemi ile onarım yapıldı. Klasik yöntemlerde, kesik tendon uçları uç uca dikilir ve doğrusal kollajen bağları ile onarım sağlanır. Biz bu yöntemde tendon iyileşme yönünü değiştirerek doğrusal kollajen bağları yanında yeni çapraz bağlar da oluşturarak tendonun sağlamlığını arttırmayı amaçladık. Ayrıca

tendonun iyileşme yüzeyi arttığından; bu yüzeydeki kollajen ve fibroblast sayısı da artacağından tendon onarım hattının sağlamlığının artması da hedeflendi. Her iki etki sayesinde daha erken aktif egzersize başlanılarak, ameliyat sonrası dönemde oluşabilecek tendon kopması ve yapışıklıkların en aza indirilmesi amaçlandı.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2. 1. FLEKSÖR TENDONLARIN YAPISI

#### 2. 1. 1. Morfoloji:

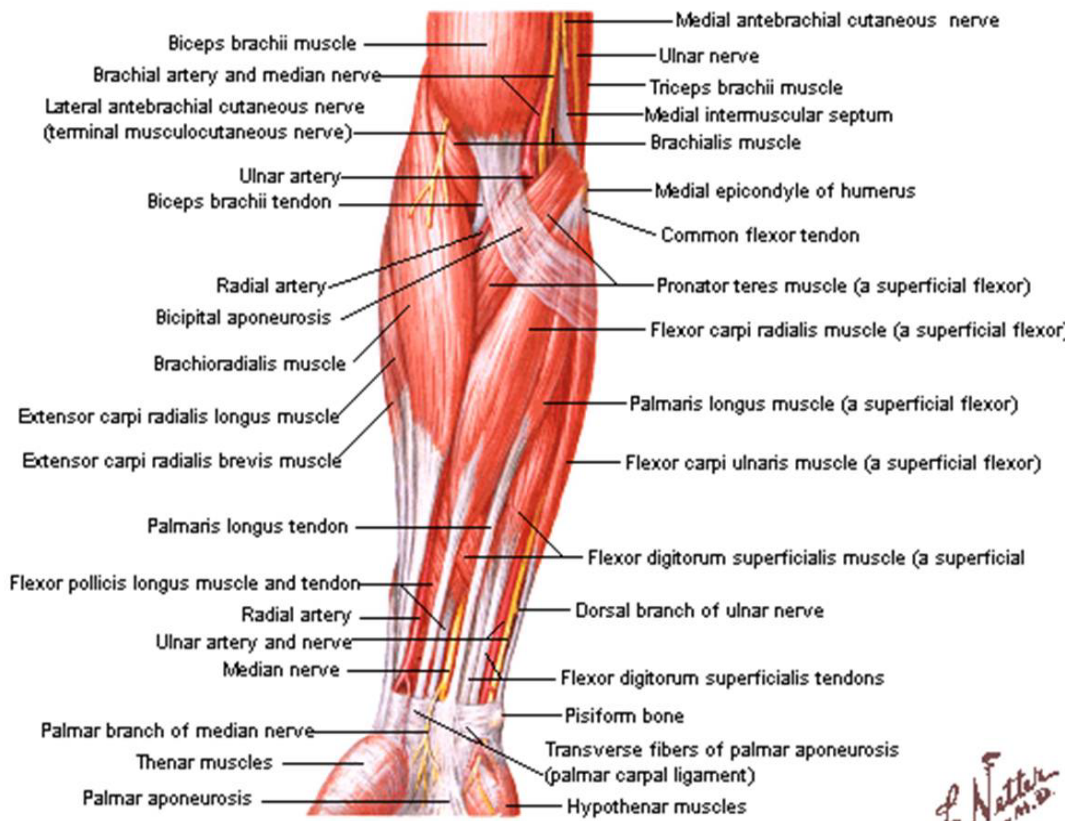
Kollajenler vücudun birçok yerinde yapı taşı olarak bulunmaktadır. Tendonların kuru ağırlığının %70'i kollajenlerden oluşur. Tendon yapısını oluşturan kollajenlerin %95'i Tip I, %5'i ise Tip III ve Tip IV kollajenden oluşur<sup>1,2,3</sup>. Tropokollajenlerden oluşan peptid zincirleri üçlü sarmal şeklinde bulunur. Fibroblastlar tendonların ekstrasellüler komponentlerinin sentezinden sorumludur. Ayrıca küçük miktarlarda elastin ve su bağlama kapasitesini arttıran çeşitli mukopolisakkaritler de fibroblastlar tarafından üretilir.

Tendon fasikülleri tenosit denilen olgun fibroblastlardan ve Tip I kollajen fibrillerinden oluşur. Fasiküllerin yüzeyi kollajen fibrilleri ve elastinden oluşan bir zarla örtülmüştür. Bu zarlar sayesinde direkt bağlantı ve hücrel ilişki olmadan fibriller birbiri üzerinde kayabilir. Her kollajen kümesinin üzeri endotenon ve endotenonların birbirine yakın kalmasını sağlayan bir septa olan epitenon ile örtülmüştür. Elde fleksör tendon fasikülleri paratenon denilen ince visseral ve pariyetal adventisyadan oluşan içinde lumbrikan faktörler bulunan bir zarla örtülmüştür. Ayrıca mezotenon tendonun etrafını sarar, paratenon ile sıkı ilişki kurar ve tendona gelen damarları taşır<sup>1,2,3</sup>.

#### 2. 1. 2. Anatomi:

Fleksör tendonların önkol, el bileği, avuç içi ve parmaklardaki anatomik yapılarının bilinmesi tanı ve tedavide çok önemlidir. Önkol distalinde volar yüzde ekstrinsik fleksör tendonlar fleksör kaslarla başlar. En yüzeysel kısımda fleksör carpi ulnaris (FCU), fleksör karpi radialis (FCR) ve palmaris longus (PL) bulunur. Bu kaslar el bileğinin primer fleksörleridir. Orta kısımda fleksör digitorum süperfisyalis (FDS) tendonları bulunur. Derin kısımda fleksör digitorum profundus (FDP) tendonları ve fleksör pollicis longus (FPL) tendonu

mevcuttur (Şekil 1). El bileğinde dokuz adet parmak fleksör tendonları transvers karpal ligamentin altından karpal tünele girerler. Bu kanalda kommon profundus tendonları ayrılarak parmaklara doğru uzanırlar. Distal palmar kıvrım seviyesinde fleksör profundus ve süperfisyal tendonlar parmaklara uzanırken fleksör kılıflarına girerler. Bu kılıflar tendonları hem korur hem de düzgün kayma yüzeyi sağlar. Tendonlar bu kılıf içinde etkili mekanizma sağlayan pulleylerden geçerek insersiyoyu yaparlar<sup>1,3,4,5</sup>.



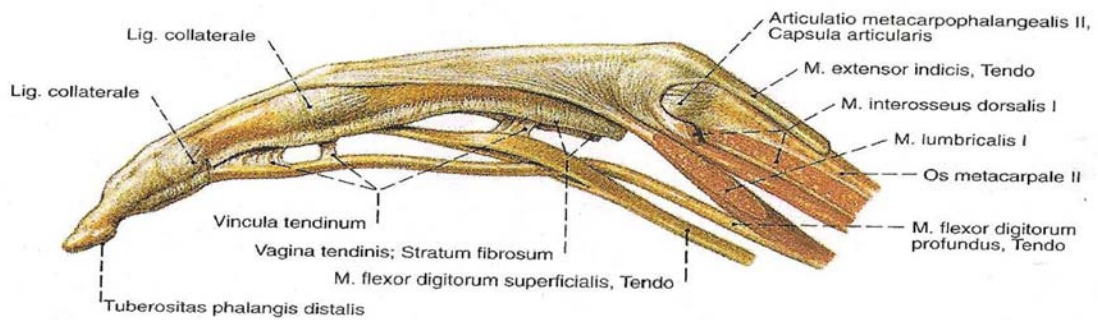
Şekil 1: Önkolda kas ve tendonların anatomik görünümü

FDP'lar parmakların primer fleksörleridir. Ancak FDS ve intrinsik kaslar güçlü kavrama için gereklidir. Tam güç ile kavrama sırasında 200 Newton kuvvet uygulanabilir. FDS tendonları, dijital kılıfa girer girmez ikiye ayrılarak FDP tendonunun her iki yanında band halinde oblik olarak seyreder.

Parmaklarda fleksör tendonlar viseral ve pariyetal zarlardan oluşan ve içinde sinoviyal sıvı bulunan kılıflarda seyreder. Metakarp distalindeki palmar

aponöroz pulleyi; palmar fasyanın transvers liflerinin kalınlaşması ile oluşup, derin transvers metakarpal ligamente vertikal septalar ile bağlanmıştır. Bu transvers lifler fleksör tendonların üzerine direk olarak uzanırlar. A<sub>1</sub> (annuler) pulley metakarpofalangeal (MP) eklem üzerinde, A<sub>2</sub> pulley proksimal falanks proksimalinde, A<sub>3</sub> pulley proksimal falanks distalinde, A<sub>4</sub> pulley orta falanks orta kısmında, A<sub>5</sub> pulley distal interfalangeal (DIP) eklem üzerinde ve distal falanks proksimalinde yer alır. A<sub>2</sub> ve A<sub>4</sub> pulleyler falanks periostundan oluşur ve biyomekanik olarak önemli pulleylerdir. Bu pulleylerdeki anatomik bir parçanın kaybı, parmak hareketlerinin azalmasına ve parmaklarda interfalangeal eklemlerde fleksiyon kontraktürüne sebep olmaktadır. A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub> ve A<sub>5</sub> pulleyler ise palmar platelerden oluşur. Annuler pulleyler güçlüdür ve fleksiyon sırasında tendonların sıkışmasını engeller. Zayıf olan kurusiyat pulleyler fleksiyon sırasında annuler pulleylerin birbirlerine yaklaşmasına izin verir. A<sub>2</sub> ve A<sub>4</sub> arasında proksimal falanks distalinde C<sub>1</sub> (cruciate), A<sub>3</sub> ve A<sub>4</sub> arasında orta falanks proksimalinde C<sub>2</sub>, A<sub>4</sub> ve A<sub>5</sub> arasında orta falanks distalinde C<sub>3</sub> pulleyleri yer alır.

Fleksör tendonlar tendon kılıfına vinkula denilen çok ince mezotenonlarla bağlanmışlardır (Şekil 2). Bu bağlar pratik olarak önemlidir. Kesi sırasında tendonların kaçmasına engel olurlar<sup>1,3,4,6,7</sup>.

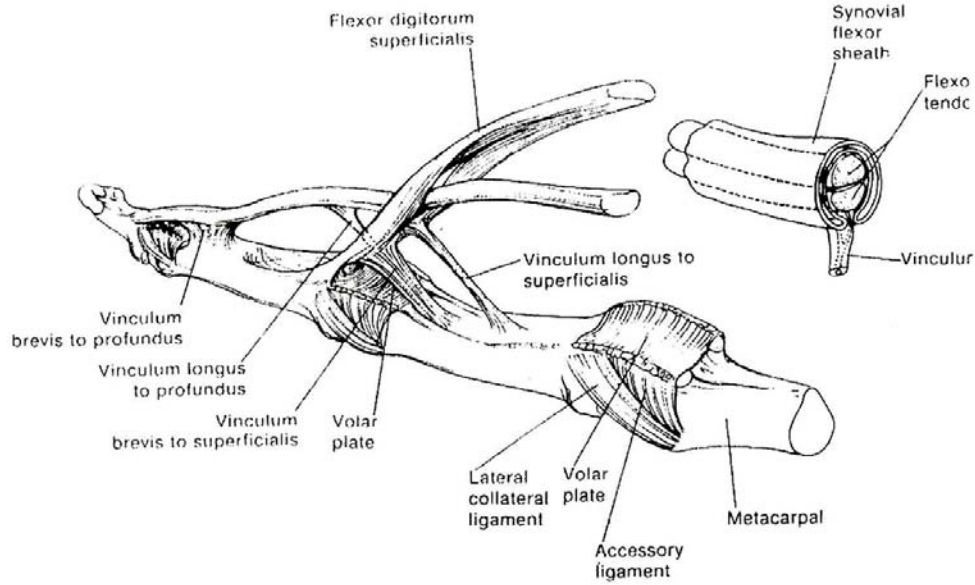


Şekil 2: Parmakta vinkulaların yandan görünümü



### 2. 1. 3. Beslenme:

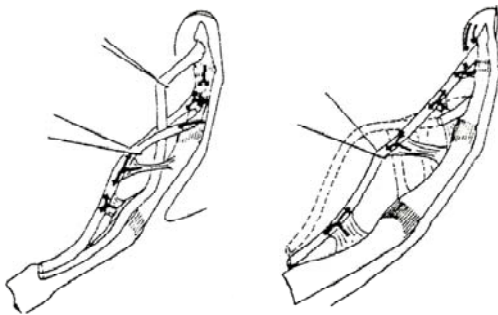
Fleksör tendonlarda vasküler perfüzyon avuç içinden gelen damarlarla sağlanır. Bu damarlar proksimal sinoviyal kıvrımdan gelir, dijital arterler olarak tendon kılıfına girer ve uzun vinkular sistemden geçerek tendonları besler (Şekil 3).



Şekil 3: Tendonların beslenmesi

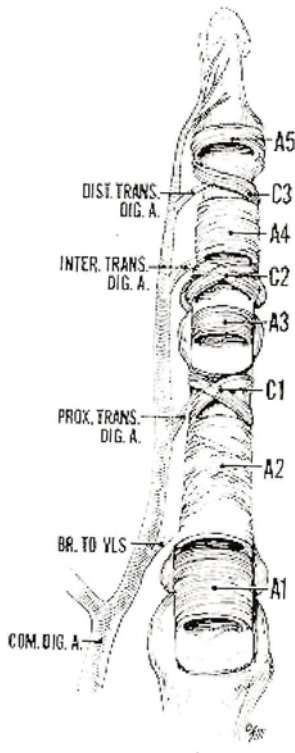
Ekstrinsik vasküler yapı, mezotenon içindeki damarların kılıf içine doğru sinoviyal refleks uzantısı, vinkulumlar ve osseoz insersiyon noktalarında

seyreder. İntrinsik vasküler yapı, endotenon içinde seyreden vasküler yapılardan oluşur.



Şekil 4: Mezotenon ve vinkulumlardan FDS ve FDP'lerin beslenmesi

Vinkulumlarda bir arter, iki ven, lenf kanalı ve sinir mevcuttur. FDS ve FDP tendonlarının her birisi için bir kısa ve bir uzun vinkulum bulunur (Şekil 4).



Şekil 5: Anüler ve kruşiyat pulleylerin beslenmesi ve görünümü

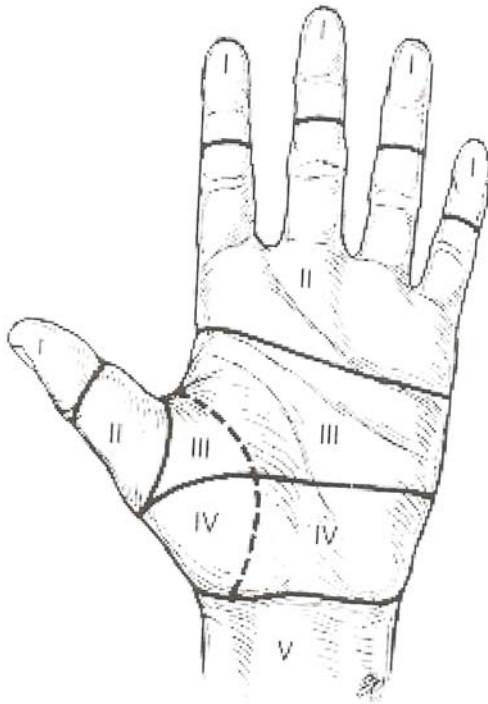
Kommon dijital arterin transvers birleştirici dalları dorsalden vinkular sisteme ve oradan tendonlara doğru dolaşım sağlar (Şekil 5). Bu nedenle tendonların dorsal kısımları daha iyi beslenir. Onarım sırasında suturler volar yüzeye konmalı dorsale konmamalıdır; çünkü volar yüzeyleri göreceli olarak avasküler bölgelerdir<sup>1,3,5,6</sup>.

Tendon kılıf sıvısı hyaluronat konsantrasyonu ve normal eklem mayisine benzer birkaç protein içerir. Parmak fleksiyonu sonucu artan pompa sistemi ile tendon diffüzyonu sağlanır. Yapılan çalışmalarda damar yapısı tamamen bozulmuş tendonlarda, diffüzyonun tek başına yeterli olduğu ve diffüzyonla beslenmenin perfüzyondan daha etkili olduğu gösterilmiştir. Hasarlanma sırasında ve tendon iyileşmesinde biyolojik cevap doku

sıvısı beslenme sistemleri ve vasküler sistem tarafından belirlenir<sup>1,3,4,7,8</sup>.

## 2. 2. FLEKSÖR TENDON ONARIMI

Travma sonucunda elin yalnızca cilt, ciltaltı ve tendonları değil, damar, sinir, eklem kapsülü, kartilajı ve kemikleri de etkilenebilir. Bu nedenle fizik muayene sonucunda uygun tedavi planı oluşturma ilk prensip olmalıdır. Elin anatomik duruşunda herhangi bir değişiklik hasarlanmış olan tendonlar hakkında fikir verebilir. Bilinen fonksiyon testleri mutlaka yapılmalı, parmaklardaki dolaşım ve his durumuna bakılmalı, röntgen grafileri iyi değerlendirilmelidir<sup>2,3,5,9</sup>.



Şekil 6: Elin zonlara göre cerrahi anatomisi

Elin cerrahi anatomisi beş zonda incelenmektedir. En distalde (FDS insersiyosu distalinde) yalnızca FDP tendonu bulunur ve Zon I olarak bilinir. Distal palmar kıvrımdan itibaren FDS insersiyosuna kadar uzanan kısım Zon II olarak tanımlanmıştır. Bu bölge onarım sonrası fonksiyonel sonuçların genelde kötü olması nedeniyle "no man's land" olarak bilinir. Transvers karpal ligamentten distal palmar kıvrıma kadar olan bölge Zon III, karpal tünel Zon IV, önkol distali ise Zon V olarak tanımlanmıştır (Şekil 6). Tedaviye başlamadan önce zonların muayenesi kadar travmanın oluş şekli ve tendon kesisi sırasında parmağın fleksiyon ya

da ekstansiyonda oluşu da çok önemlidir. Tendon kesilerinin tam ya da kısmi olup olmadığı, proksimal güdüğün seviyesi ve kısmi kesilerde kesi miktarı (yüzdesi) tesbit edilmelidir<sup>1,3,4,5</sup>.

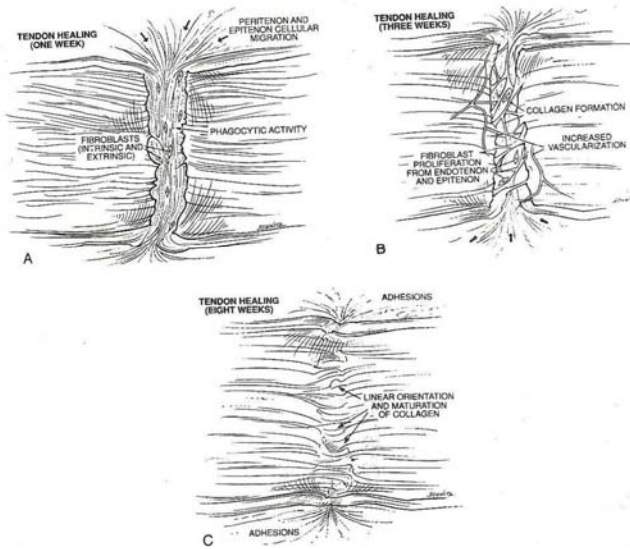
Eğer elde ağır ve multipl yaralanma, aşırı kontaminasyon varsa, yabancı cisim mevcutsa primer erken onarım kontrendikedir. Birlikte olan kırıklar ve nörovasküler yaralanmalar kesin kontrendikasyon değildir. Kırık anatomik olarak redükte edilebiliyorsa, damar ve tendon onarımının aynı seansta yapılması daha iyi sonuçlar verecektir<sup>6,9,10</sup>.

İlk 24 saat içinde yapılan onarıma erken primer, 1-10 gün içinde yapılan onarıma geç primer, 2-4 hafta içinde yapılan onarıma sekonder, 4 haftadan sonra yapılan onarıma ise geç sekonder onarım denilir<sup>1,2,3</sup>.

## 2. 3. FLEKSÖR TENDONLARIN İYİLEŞMESİ VE İYİLEŞMEYE ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Araştırmacılar tarafından tendonların intrinsik ve ekstrinsik iyileşme kapasitesinin mevcut olduğu ortaya konulmuş, ancak klinik olarak bu iki ayrı iyileşme mekanizmasının hangisinin daha etkin olduğu tam olarak ortaya konulamamıştır.

Tendon iyileşmesi üç ayrı evreden oluşur (Şekil 7).



Şekil 7: Tendonda iyileşme evreleri

### A- İnflamasyon evresi:

Tendon gücünün en az olduğu dönem olup onarımdan sonraki ilk 3-5 günde oluşur. Bu dönemde en belirgin olan özellik hücre migrasyonu ve fagosit aktivasyonudur. İnfiltrate olan iltihabi hücreler fibroblast olarak farklılaşırlar.

**B- Fibroblast veya kollajen sentez evresi:** Fibroblastik farklılaşma ve damarlanmada artma ile karakterize bir dönem olup bu dönemde kollajen sentezinde hızlı bir artış mevcuttur. Tendon tensil gücü ve düzeni tam olarak sağlanamamıştır. Onarımdan sonraki 5. gün ile 6 haftaya kadar olan dönemi kapsar. Kollajen sentezi sayesinde zamanla tendon gücünde artma izlenir.

**C- Remodeling veya olgunlaşma evresi:** Tendon iyileşmesinde son aşamadır. Kollajenlerin olgunlaşması ve yapışıklıkların oluşması ile karakterize bir dönemdir. Tendon gücünde artma ile birlikte fibroblastik aktivite ile kollajenler uzunlamasına yerleşir.

Eğer ekstrinsik iyileşme baskın hale geçerse tendon ve etraf dokular arasında yapışıklık daha belirgin olacaktır. Genelde tendonda esas iyileşme, intrinsik aktivite ile gerçekleşmektedir.

Erken kontrollü pasif hareket uzmanlar tarafından kesin olarak faydalı kabul edilmiştir. Hızlı gerginlik gücü kazanılması, daha az yapışıklık gelişmesi, ekskürsiyonda artma ve daha iyi tendon beslenmesine neden olduğu çalışmalarla gösterilmiştir. Ayrıca erken kontrollü pasif hareketin sinoviyal sıvı diffüzyonunu arttırdığı, DNA ve kollajen sentezini arttırdığı, olgunlaşma evresinin hızını ve tendon gücünü arttırdığını belirtmişlerdir. Silva MJ<sup>11</sup> yaptığı bir çalışmada köpek fleksör tendonlarını kullanmış, deneyde düşük güç uygulanarak 1.7 mm ekskürsiyon sağlanarak yapılan egzersizlerin, tendon iyileşmesine ve yapışıklık oluşmamasına olumlu yönde etkisini göstermişlerdir.

Gelberman ve arkadaşları<sup>12</sup> köpekler üzerinde yaptıkları çalışmada 3 mm ve daha fazla tendon onarım açıklıklarının bile normale yakın iyileşme ve yapışıklığa yol açtığını ortaya koymuşlardır.

Bunlara ek olarak tendon iyileşmesinde ekskürsiyon ve güç kazanma açısından en önemli faktörün güçlü, aralık dirençli dikiş tekniği ve arkasından erken kontrollü pasif hareket verilmesinin olduğu kabul edilmektedir.

Son zamanlarda ise tendon onarımında pasif hareketlerin yetersiz kalması nedeni ile bunun yerine kontrollü aktif hareket önerilmektedir<sup>13,14</sup>.

Fleksör tendon onarımının iyi eğitilmiş tecrübeli bir cerrah tarafından yapılması, uygun dikiş tekniği ve uygun materyal kullanılması, onarım için uygun zamanlama yapılması, tendon iyileşmesinde ve yapışıklık oluşmasının önlenmesinde en önemli faktörlerdir.

## **2. 4. FLEKSÖR TENDON ONARIMINDA KULLANILAN TEKNİKLER**

Tendon iyileşmesinde güç kazanma ve normal ekskürsiyon sağlamada en önemli faktörün güçlü, aralık bırakmayan, pulleylerde takılmaya yol açmayan ve peritendinöz kılıfta gerginliğe yol açmayan tendon yüzeyinde takılmaya sebep olmayan sutur tekniği kullanılmasıdır. Tüm uç uca onarımlarda ana prensipler; suturun, tendonda tam hareket sağlayıcı gerginlikte atılması, tendona kolayca

uygulanabilmesi, düğümlerin sağlam olması, onarım sahasında minimal aralık bırakılması ve tendonun kanlanması bozulmadan, onarım yerinin pürüzsüz bırakılmaya çalışılmasıdır.

Bu amaçla yapılan çalışmalarda tendon iyileşmesinde ve yapışıklığın önlenmesinde en önemli faktörlerden birinin de sutur tekniği olduğu ortaya konmuştur<sup>1,3,10,11,15-17</sup>.

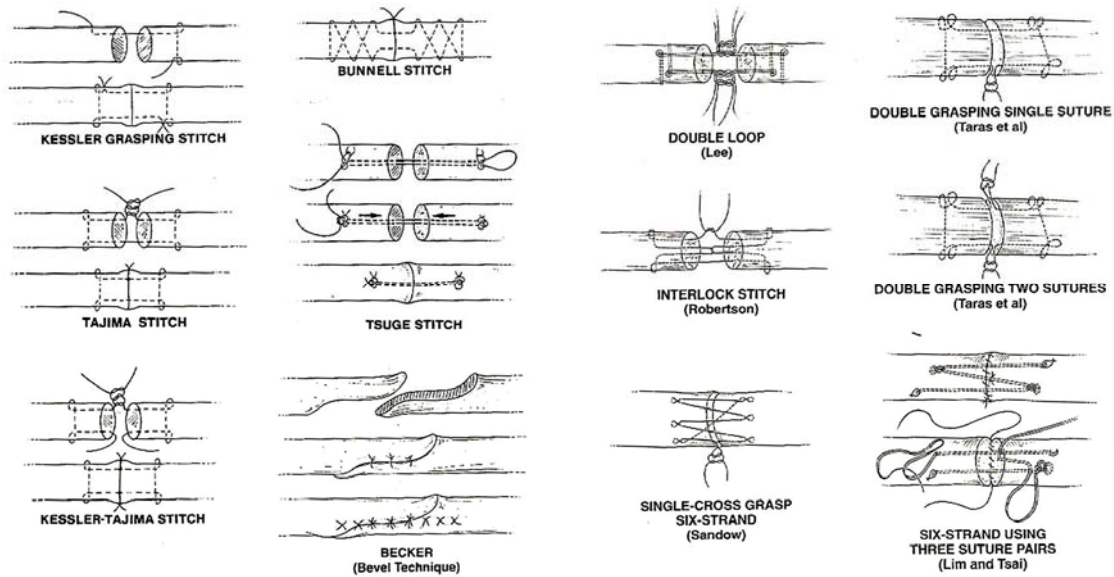
Kısmi tendon kesilerinde, tendonun %50'sinde veya daha fazla hasar varsa tendonun primer onarılması önerilmektedir<sup>1,3,5,9</sup>.

#### 2. 4. 1. Uç Uca Onarım Yöntemleri:

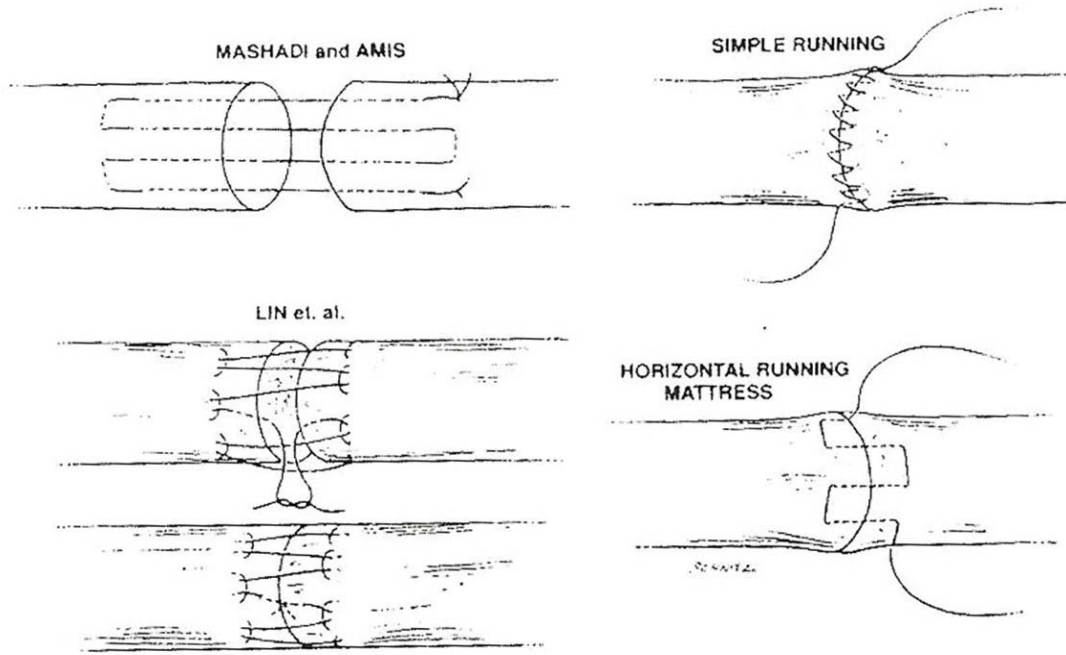
İlk kez 1917'de Kirchmayer tarafından tendon onarımı tarif edilmiş ve daha sonra 1973'den sonra Kessler'le birlikte birçok modifikasyonlar geliştirilmiştir. İn vitro ve in vivo çalışmalarla birçok sutur tipi tarif edilmiştir (Şekil 8).

#### 2. 4. 2. Çevresel Onarım Yöntemleri:

Çevresel onarım yöntemleri, tendon onarımı sırasında oluşan aralığı önlemek ve daha pürüzsüz bir tendon yüzeyi oluşturmak amacıyla geliştirilmişlerdir. Uç uca onarıma ilaveten ya da tek başına onarım yöntemi olarak seçilebilir (Şekil 9).



Şekil 8: Uç uca onarımda kullanılan bazı sutur teknikleri



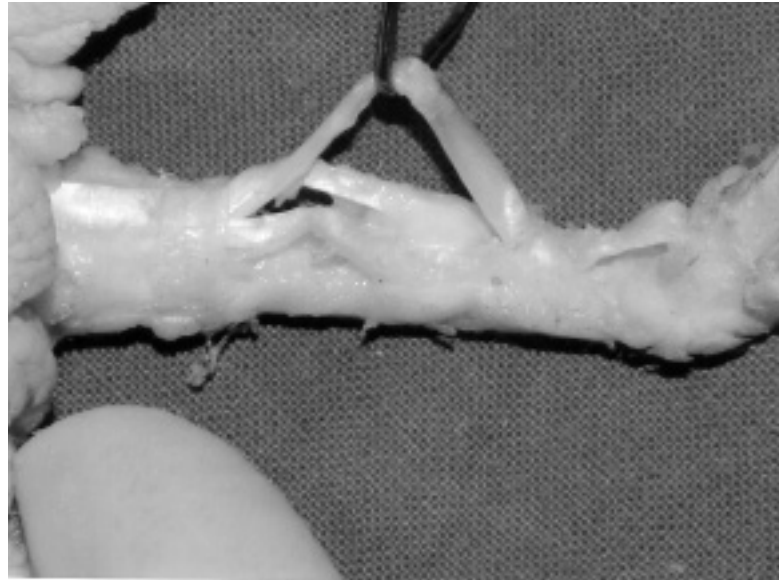
Şekil 9: Bazı çevresel sutur teknikleri.

## 2. 5. TAVUKLARDA FLEKSÖR TENDON ANATOMİSİ

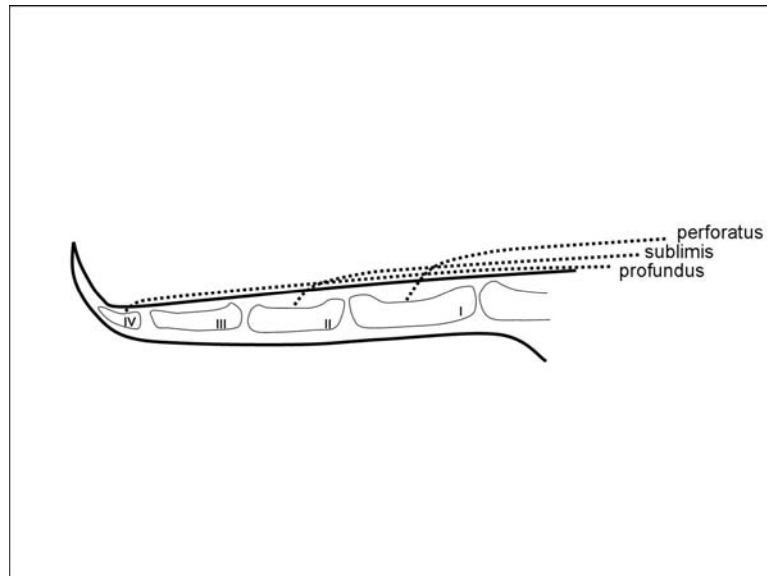
Tavuk fleksör tendonları anatomik ve fonksiyon açısından insan eline çok benzerlikler göstermeleri ve kolay elde edilmeleri nedeniyle çalışmada özellikle tercih edilmişlerdir.

Tavuklarda uzun olan parmakta 4 adet falanks bulunur<sup>18</sup>. Üç adet fleksör tendon mevcuttur. En ince olan ve en yüzeysel seyreden fleksör perforatus proksimal falanks orta kısmına insersiyoyu yapar. İnsersiyoyu yapmadan hemen önce ikiye ayrılarak FDS ve FDP tendonlarının yanlarından band halinde geçerek falanksın medial ve lateral kısmına yapışır. Ortada seyreden fleksör dijitorum sublimis tendonu aynen insanda olduğu gibi birinci falanks üzerinde ikiye ayrılarak FDP tendonu etrafında band halinde seyrederek ikinci falanks ortasına medial ve lateralden insersiyoyu yapar. Fleksör dijitorum profundus tendonu ise en derinden seyrederek en uzun olanıdır. Dördüncü falanks proksimaline plantar yüzde insersiyoyu yapar. Fleksör tendonlar ince elastik bağ dokusundan oluşan bir zar ile çevrilmiştir. Tendon kılıfı FDP insersiyosundan

ayak tabanına kadar uzanır. Tendon kılıfının yüzeyi, yumuşak ve düzgün tenosinoviyal zar ile çevrilmiştir. Tendon kılıfı plantar yüzde eklem kapsülü ve periost ile sıkı olarak bağlanmıştır. Tendonlarda vinkular çıkıntılar da bulunur. Birinci ve 2. falankslarda iki adet kısa pulley sistemi mevcuttur<sup>18</sup> (Resim 1 ve Şekil 10).



Resim 1: Tavuk fleksör tendonu



Şekil 10: Tavuk fleksör tendon anatomisi



### 3. GEREÇ ve YÖNTEM

#### 3. 1. HAZIRLIK

Bu çalışma Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Plastik, Rekonstrüktif ve Estetik Cerrahi Anabilim Dalı tarafından, 24.07.2006 tarih ve 1888 nolu Etik Kurul kararı ile Temmuz 2006–Eylül 2006 tarihleri arasında yapıldı.



Resim 2: Beyaz Legorn tavuk

Çalışmada deney grupları için 14–16 aylık, ağırlıkları 1750–2000 gr arasında olan (ortalama 1850 gr), Legorn tipi beyaz tavuklar kullanıldı (Resim 2).

Çalışma, her grupta 8 tavuk olacak biçimde 6 grup şeklinde planlandı. Tavuklar çalışmadan bir hafta önce çiftlikteki kafeslerinde gözlenip hastalığı olmadığı belirlendikten sonra çalışmaya alındılar. Çalışmaya başlanmadan bir gece önce aç bırakılıp, cerrahi işlemden sonra hemen çiftlikteki yerlerine konularak doğal ortamları korundu. Çalışma süresince daha önce kullanılan H<sub>4</sub>-line beyaz W-77 protokolüne uygun yem kullanılarak beslendiler.

Tüm gruptaki tavukların sağ ayaklarında cerrahi işlem yapıldı ve sol ayaklarına numaralar bağlandı. Cerrahi işlem sonrası tavuklar dörderli gruplar halinde kafeslerine konuldu.

### 3. 2. CERRAHİ TEKNİK

Ameliyat sonrası değerlendirmede sonuçların etkilenmemesi için bir gece önce aç bırakılan tavuklar sabah erken saatte cerrahi işleme alınarak aynı gün işlem bitirildi.

Kilosu ölçülüp sol ayağına numara takılan tavukların göğüs kaslarına ketamin HCl 12.5 mg/kg (Ketalar®, %5'lik solüsyon, Parke Davis lisansı ile Eczacıbaşı İlaç Sanayii, İstanbul) IM yapılarak genel anestezi sağlandı ve her tavuğa 250 mg sefazolin sodyum IM yolla (Cefozin®, Bilim İlaç Sanayii, İstanbul) verilerek cerrahi öncesi profilaksi uygulandı.

Tüm tavukların sağ ayakları İsosol® (Scrup) ile yıkandıktan sonra Biokadin® ile boyandı. Her gruptaki tavukların sağ ayak 3. parmak (uzun parmak) plantar yüzlerinde proksimal falanks distaline uyan bölgeden distale doğru 2 cm Bruner'in zik zak insizyonu (Resim 3) girilip cilt flepleri kaldırılarak (Resim 4) FDP tendonuna ulaşıldı (Resim 5). Çalışmadaki tavukların yarısının tendonları transvers olarak kesilip 5/0 yuvarlak polipropilen (Prolene®) ile çift modifiye Kessler yöntemiyle onarıldı (Şekil 11). Cilt 4/0 ipek (Mersilk®) ile kapatıldı.

Tavukların diğer yarısının tendonlarına yine aynı insizyonla ulaşıldı. Tendonun proksimal uç üst kısmından 0.3 cm, distal uç alt kısmından 0.3 cm çıkartıldıktan sonra çift modifiye Kessler yöntemi ile onarıldı (Resim 6, 7, 8 ve Şekil12).

Grup 1 ve 2'deki tavukların tendonlarının germe testleri onarımdan hemen sonra (in-vitro) tavukların bacakları diz altından dezartiküle edilerek ölçüldü.

Diğer gruptaki tavukların sağ ayaklarına yürüme fizyolojilerine uygun olarak yere basar pozisyonunda alçı yapılarak immobilizasyon sağlandı (Resim 9). Grup 3 ve 4'deki tavukların tendonlarının germe testleri ameliyattan sonra 4. haftada yapıldı. Altıncı haftada Grup 5 ve Grup 6'nın germe testleri yapıldı.

Dördüncü ve 6. haftalarda gruplardan rastgele alınan tavukların tendonları histopatolojik inceleme için patoloji laboratuvarına gönderildi.



Resim 3: Ameliyat öncesi çizim



Resim 4: Fleplerin kaldırılması



Resim 5: FDP tendonu



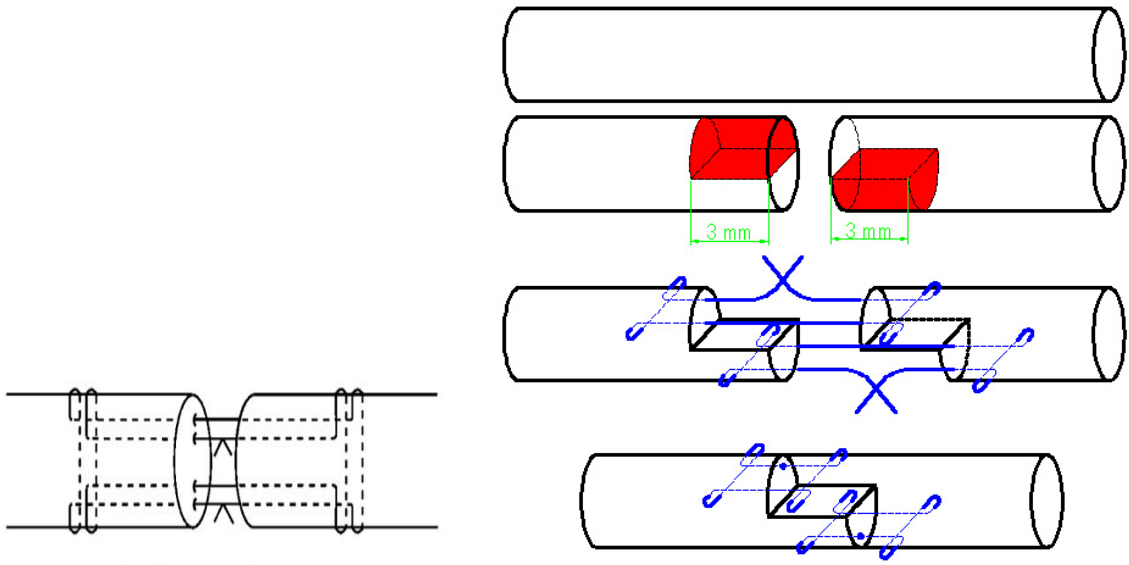
Resim 6: Tendonun çıkarım yapılacak kısmının işaretlenmesi



Resim 7: Tendonun proksimal kısmından 0.3 cm çıkartılması



Resim 8: Tendonun yeni yöntem ile onarılması



Şekil 11: Çift modifiye Kessler sutur

Şekil 12: Yeni yöntem ile tendon onarımının şematik gösterimi



Resim 9: Fizyolojik pozisyonda yapılmış alçı

### 3. 3. GRUPLAR

#### **Grup 1: Çift Modifiye Kessler Yöntemi İle Tendon Onarımı:**

##### **Ameliyat Sonrası 0. Gün**

Bu grupta tavukların FDP tendonları transvers olarak kesilip 5/0 yuvarlak polipropilenle çift modifiye Kessler yöntemi ile onarıldı. Tavukların sağ bacakları diz altından dezartiküle edildikten sonra FDP tendonları çıkartılıp germe test makinasında germe güçlerine bakıldı.

#### **Grup 2: Yeni Yöntem İle Tendon Onarımı:**

##### **Ameliyat Sonrası 0. Gün**

Bu grupta tavukların FDP tendonları yeni yöntem uygulanarak kesildi ve modifiye Kessler yöntemi ile onarıldı. Suturasyondan hemen sonra bacaklar diz altından dezartiküle edilip FDP tendonları çıkartılıp germe test makinasında germe güçlerine bakıldı.

#### **Grup 3: Çift Modifiye Kessler Yöntemi İle Tendon Onarımı:**

##### **Ameliyat Sonrası 4. Hafta**

Bu grupta tavukların FDP tendonları transvers olarak kesilip 5/0 yuvarlak polipropilen ile çift modifiye Kessler yöntemi ile onarıldı. Tavukların sağ bacakları diz eklemine kadar fizyolojik pozisyonda alçıya alındı. Ameliyat sonrası 4. haftada tavuklar aynı şekilde uyutularak bacakları diz altından dezartiküle edildikten sonra FDP tendonları çıkartılıp germe test makinasında germe güçlerine bakıldı.

#### **Grup 4: Yeni Yöntem İle Tendon Onarımı:**

##### **Ameliyat Sonrası 4. Hafta**

Bu grupta tavukların FDP tendonları yeni yöntem uygulanarak kesildi ve modifiye Kessler yöntemi ile onarıldı. Tavukların sağ bacakları diz eklemine kadar fizyolojik pozisyonda alçıya alındı. Suturasyondan 4 hafta sonra tavuklar aynı şekilde uyutularak bacakları diz altından dezartiküle edilerek FDP tendonları çıkartılıp germe test makinasında germe güçlerine bakıldı.

**Grup 5: Çift Modifiye Kessler Yöntemi İle Tendon Onarımı:****Ameliyat Sonrası 6. Hafta**

Bu grupta tavukların FDP tendonları transvers olarak kesilip 5/0 yuvarlak polipropilen ile çift modifiye Kessler yöntemi ile onarıldı. Tavukların sağ bacakları diz eklemine kadar fizyolojik pozisyonda alçıya alındı. Ameliyat sonrası 6. haftada tavuklar aynı şekilde uyutularak bacakları diz altından dezartiküle edildikten sonra FDP tendonları çıkartılıp germe test makinasında germe gücüne bakıldı.

**Grup 6: Yeni Yöntem İle Tendon Onarımı:****Ameliyat Sonrası 6. Hafta**

Bu grupta tavukların FDP tendonları yeni yöntem uygulanarak kesildi ve modifiye Kessler yöntemi ile onarıldı. Tavukların sağ bacakları diz eklemine kadar fizyolojik pozisyonda alçıya alındı. Suturasyondan 6 hafta sonra tavuklar aynı şekilde uyutularak bacakları diz altından dezartiküle edilerek FDP tendonları çıkartılıp germe test makinasında germe güçlerine bakıldı.

Cerrahi işlemlerden sonra tavuklar, kas içine pentobarbital (100mg/kg) verilerek sakrifiye edildi.

### 3. 4. BİYOMEKANİK İNCELEME

Tavukların FDP tendonları çıkartıldıktan sonra buzlu kap içinde Gaziantep Organize Sanayii bölgesinde KOSGEP merkezine getirilerek germe güçlerinin değerlendirilmesi yapıldı. Testometrik makinasının iki ucu arasında konan tendonlar, Testometrik Micro 500 cihazında (Resim 10), tendonun her iki ucu cihazın iki çenesi arasında yerleştirildikten sonra 20 mm/dk sabit hızla çekilerek tendonun ilk kopmaya başladığı an, 2 mm aralık olduğu an ve tamamen koptuğu an belirlenerek kaydedildi.



Resim 10: Germe testinin yapıldığı Testometrik Micro 500 cihazı: 1 Newtondan 10000 Newtona kadar gerim yapabilmektedir.

### 3. 5. MAKROSKOPİK İNCELEME



Eski insizyon skarından girilerek, tüm tavukların tendonları açıldıktan sonra tek tek incelemeye alındı. Tendon, proksimal ve distal ucundan en fazla tendon boyu elde edilecek şekilde çıkartıldı. Tendonlarda aralık olup olmadığı kaydedildi (Resim 11).

Resim 11: FDP tendonunun makroskopik görünümü

### 3. 6. HİSTOPATOLOJİK DEĞERLENDİRME

Grumlardan rastgele alınan tavukların sağ bacaklarının tendonları çıkartılıp, %10'luk formaldehit içinde saklanarak Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Patoloji Anabilim Dalında incelemeye alındı. Yeni yöntemle onarılan tendon, cilt kaldırıldıktan sonra, çevre dokulardan arındırılarak tendon onarım hattının proksimal ve distal ucundan 2'şer cm mesafeden kesilip, parafin bloklara gömüldükten sonra 5 mikron kalınlıkta, tendon onarım hattının orta, proksimal ve distal kısmından kesitler alındı. Kesitler gruplandırılmış olarak korundu ve Hemotoksilen-Eozin ile boyandı.

### 3. 7. İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME

İstatistiksel değerlendirme kişisel bilgisayarda Minitab programı kullanılarak yapıldı. P aralığı 0.05 olarak alındı. Gruplar arasındaki farkı saptamada ve grupları ikili olarak karşılaştırmak için non-parametrik test olan Mann Withney U testi uygulandı. Bu testlerden elde edilen sonuçların hangi grup lehine yorumlanacağını belirlemek için her bir parametre açısından gruplara parametrik testler (ortalama) uygulandı.



## 4. BULGULAR

### 4. 1. BİYOMEKANİK BULGULAR

Yeni yöntem ile onarılan tendonların biyomekanik incelemeleri Testometrik Micro 500 cihazı ile yapıldı. Tendonun kopmaya başladığı an, 2 mm aralık olduğu an ve tendonun tamamen koptuğu andaki değerler her grup için kaydedildi.

Grup 1 ve Grup 2'deki tavukların germe test makinası ile ölçümleri yapıp kaydedildi (Tablo 1 ve 2). İn-vitro olarak çift modifiye Kessler yöntemi ile yeni yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamadı ( $p>0.05$ ).

Tablo 1: Grup 1: Biyomekanik değerler (0. gün). Çift modifiye Kessler (Grup 1)

No	Kopmaya başladığı değer (N)	2 mm aralık olduğu değer (N)	Tamamen koptuğu değer (N)
1	8.12	8.25	8.52
2	8.95	9.07	9.32
3	7.79	8.00	8.25
4	7.35	7.67	7.98
5	7.34	7.65	7.95
6	8.22	8.55	8.95
7	7.12	7.43	7.75
8	7.01	8.23	8.55

Tablo 2: Biyomekanik değerler (0. gün). Yeni yöntem (Grup 2)

No	Kopmaya başladığı değer (N)	2 mm aralık olduğu değer (N)	Tamamen koptuğu değer (N)
1	8.52	8.76	8.97
2	8.24	8.63	8.85
3	7.94	8.03	8.90
4	7.51	7.75	7.85
5	8.91	9.05	9.23
6	8.07	8.23	8.57
7	7.93	8.14	8.55
8	8.11	8.31	8.49

Grup 3 ve Grup 4'ün 4. haftada yapılan biyomekanik değerlendirmesi tablo 3 ve 4'de verilmiştir. Çift modifiye Kessler ile yeni yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu görüldü ( $p<0.05$ ).

Tablo 3: Biyomekanik değerler (4. hafta). Çift modifiye Kessler (Grup 3)

Denek no	Kopmaya başladığı değer (N)	2 mm aralık oluştuğu değer (N)	Tamamen koptuğu değer (N)
1	15.25	15.89	16.22
2	14.23	14.88	15.54
3	15.97	16.35	16.85
4	14.54	15.13	15.75
5	15.78	16.02	16.65
6	15.27	15.91	16.42
7	15.06	15.53	16.23
8	15.23	15.89	16.39

Tablo 4: Biyomekanik değerler (4. hafta). Yeni yöntem (Grup 4)

Denek no	Kopmaya başladığı değer (N)	2 mm aralık oluştuğu değer (N)	Tamamen koptuğu değer (N)
1	18.90	19.12	20.03
2	18.43	18.79	19.45
3	18.87	19.08	19.75
4	18.65	18.93	19.16
5	18.02	18.52	19.21
6	17.91	18.09	18.93
7	17.85	18.07	18.79
8	18.11	18.45	19.57

Grup 5 ve Grup 6'nın 6. haftada yapılan germe test sonuçları aşağıda verilmiştir. Çift modifiye Kessler ile yeni yöntem arasında istatistiksel olarak anlamlı farkın belirgin arttığı saptandı ( $p<0.05$ ).

Tablo 5: Biyomekanik değerler (6. hafta). Çift modifiye Kessler (Grup 5)

Denek no	Kopmaya başladığı değer (N)	2 mm aralık oluştuğu değer (N)	Tamamen koptuğu değer (N)
1	27.01	27.21	28.12
2	28.00	28.24	29.25
3	28.32	28.60	29.17
4	27.96	28.20	28.75
5	27.80	28.12	28.47
6	27.95	28.23	29.53
7	28.32	28.63	28.95
8	27.79	28.02	29.47

Tablo 6: Biyomekanik değerler (6. hafta). Yeni yöntem (Grup 6)

Denek no	Kopmaya başladığı değer (N)	2 mm aralık oluştuğu değer (N)	Tamamen koptuğu değer (N)
1	38.27	39.00	39.93
2	39.03	39.52	40.23
3	39.45	40.13	41.86
4	39.12	39.59	41.63
5	40.20	40.87	41.31
6	39.31	39.75	40.87
7	38.48	38.96	39.78
8	39.06	39.45	40.84

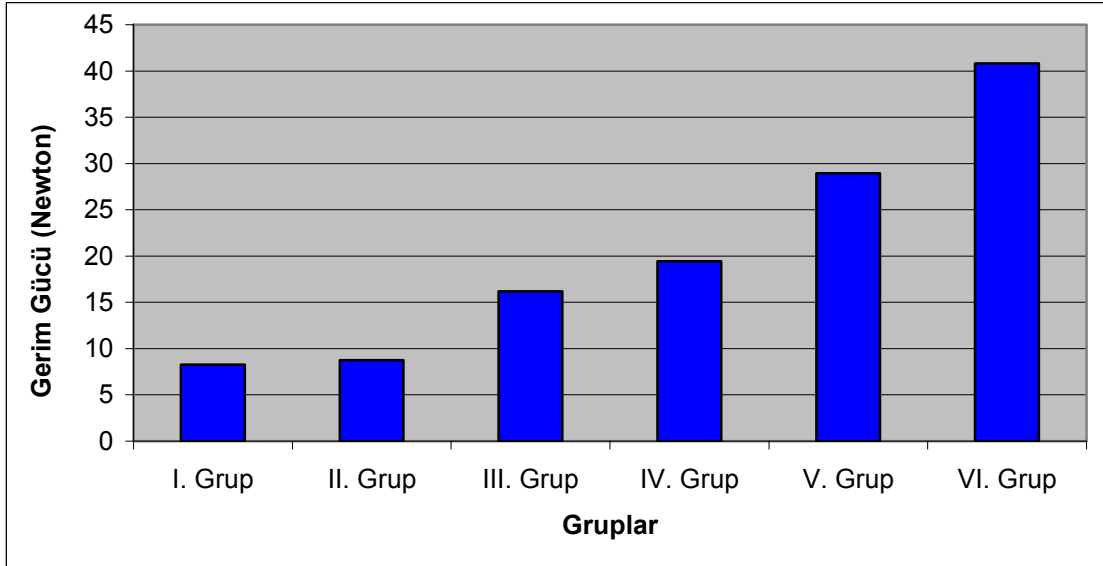
Tablo 7: Grupların ortalama değerleri

Ortalama Değer (N)	0. Hafta	4. Hafta	6. Hafta
Gruplar			
1	8.284 ± 0.389		
2	8.601 ± 0.411		
3		16.175 ± 0.411	
4		19.449 ± 0.443	
5			28.964 ± 0.493
6			40.806 ± 0.775

Tablo 8: Karşılaştırma yapılan grupların p değerleri

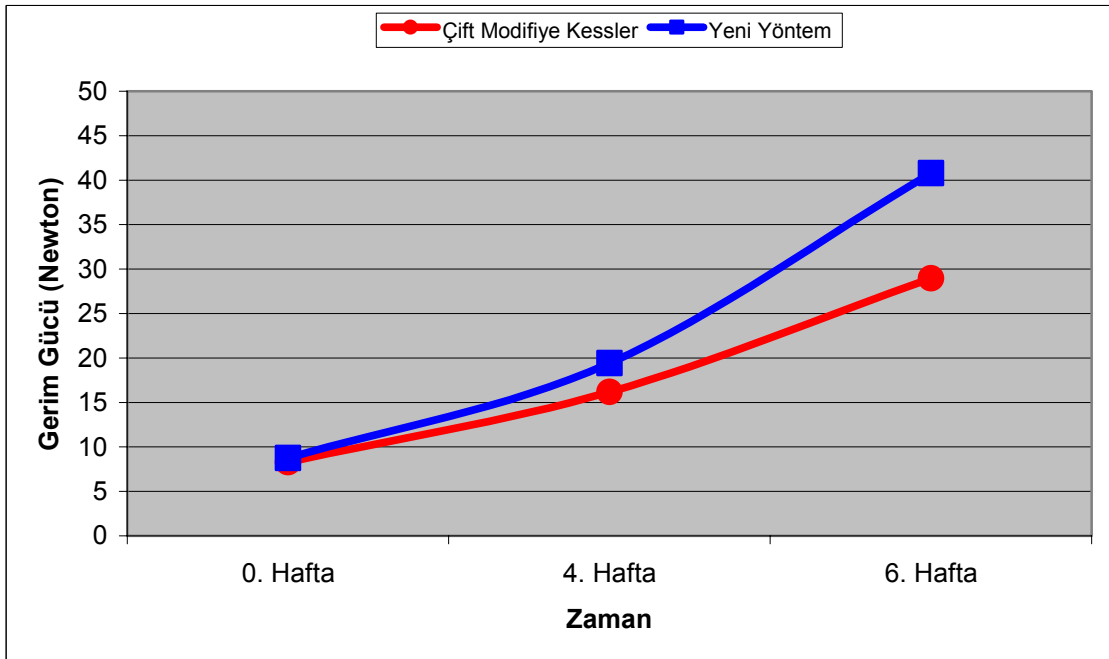
Karşılaştırma Yapılan Gruplar	p değerleri
1 ile 2	0.0707
3 ile 4	0.0005
5 ile 6	0.0005
2 ile 4	0.0005
2 ile 6	0.0005
4 ile 6	0.0005

Grupların germe kuvvetlerinin grafiksel karşılaştırılmasında grup 1'in en düşük, grup 2'in ise en yüksek olduğu görüldü (Grafik 1).



Grafik 1: Grupların karşılaştırılması

Yeni yöntem ile çift modifiye Kessler yönteminin zamana göre yapılan grafiksel değerlendirilmesinde, yeni yöntemin çift modifiye Kessler yöntemine göre daha avantajlı olduğu görüldü (Grafik 2).



Grafik 2: Yeni yöntem ile çift modifiye Kessler yönteminin zamana göre gerim kuvvetleri

## 4. 2. HİSTOPATOLOJİK BULGULAR

Çalışmamızda Grup 1 ve 2'ye ameliyat sonrası hemen germe testi uygulandığından histopatolojik değerlendirme yapılmamıştır. Diğer gruplar aynı kişi tarafından incelenerek tendon onarım hattında fibrozis, inflamasyon ve damar içi inflamatuvar hücreler değerlendirildi (Tablo 9).

Tablo 9: Histopatolojik parametrelerin gruplara göre değerlendirilmesi

Grup	Fibrozis	İnflamasyon	Damar içi inflamatuvar hücre
3	+	++	+
4	+	++	-
5	+	++	-
6	+++	+++	-

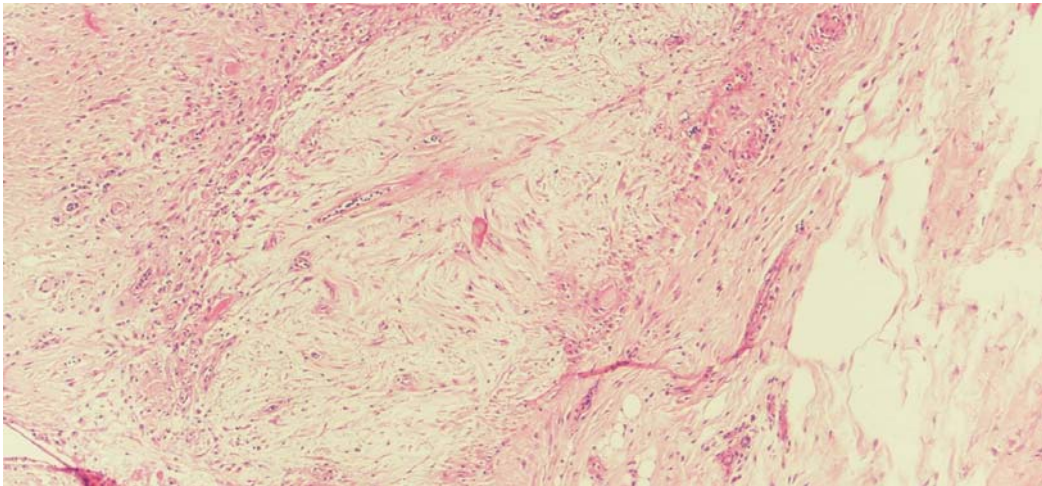
**3. Grup:** Çift modifiye Kessler yöntemi (4. hafta)

**4. Grup:** Yeni yöntem (4. hafta)

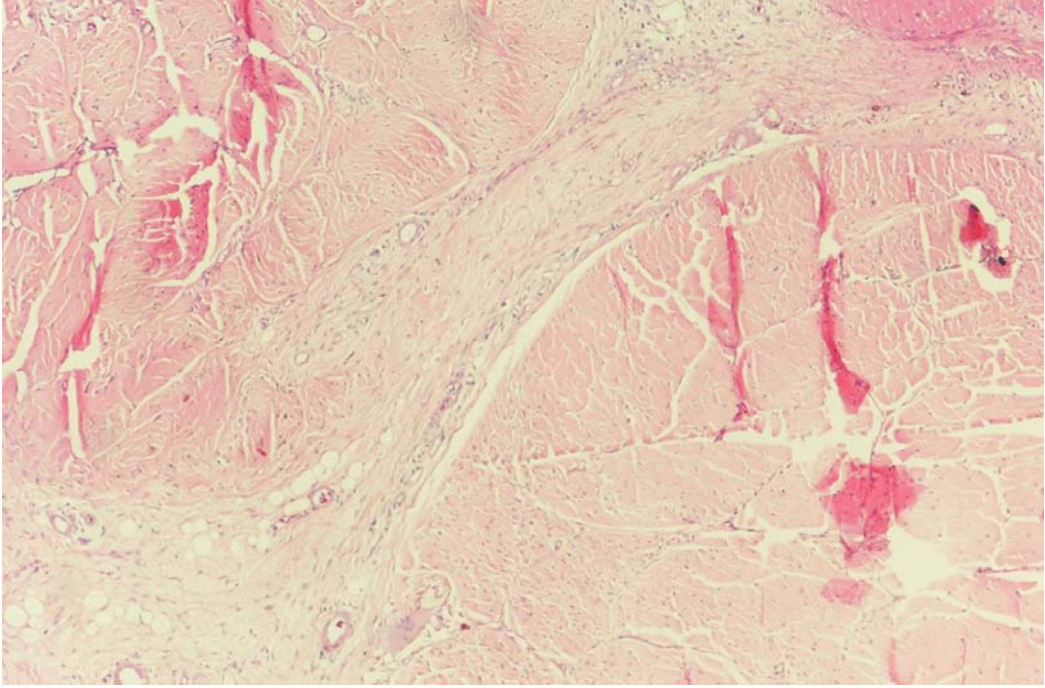
**5. Grup:** Çift modifiye Kessler yöntemi (6. hafta)

**6. Grup:** Yeni yöntem (6. hafta)

Dördüncü haftada değerlendirilmeye alınan 3. ve 4. gruplar arasında fibrozis ve inflamasyon açısından fark olmadığı, fakat damar içi inflamatuvar hücre sayısının 4. grupta fazla olduğu görüldü (Resim 12 ve Resim 13).

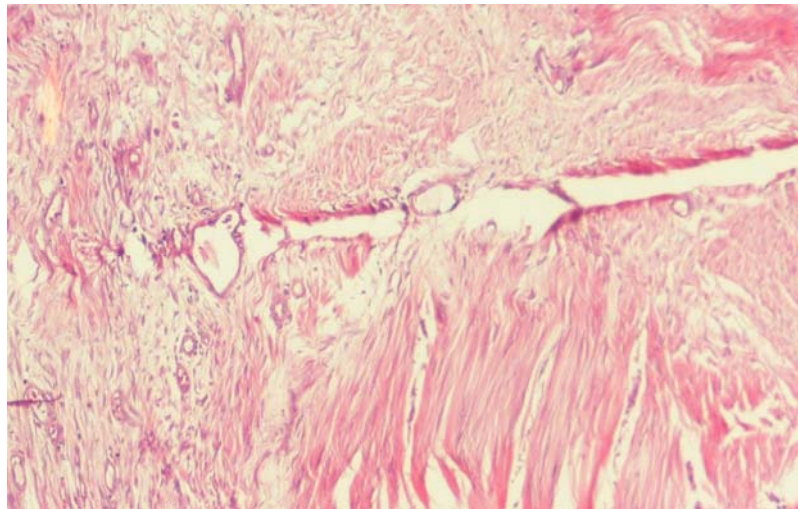


Resim 12: Fibrozis ve inflamasyonlu dokuX100 HE (Grup 3)

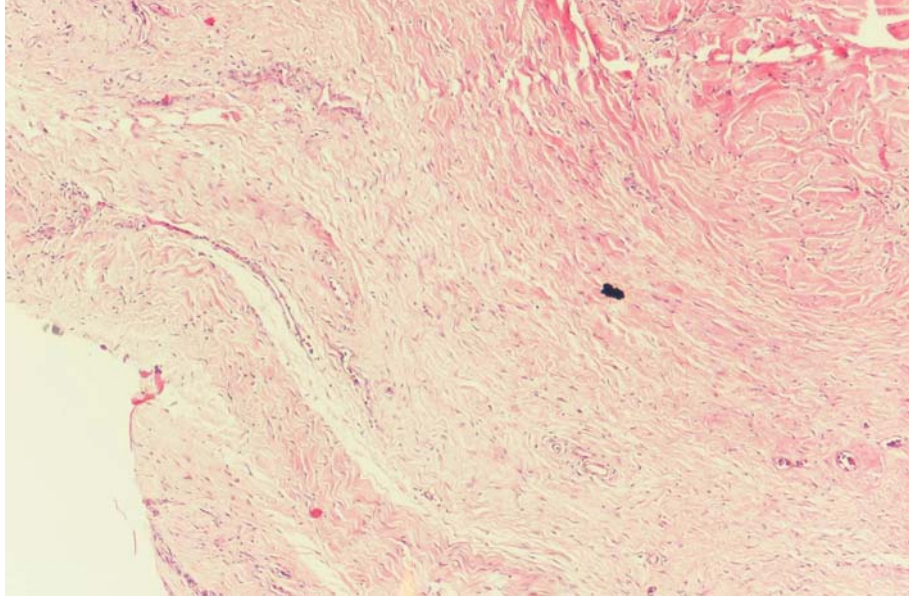


Resim 13: Fibrozis ve inflamasyon bulunan dokuX100 HE (Grup 4)

Altıncı haftada ise 5. ve 6. grup arasında yapılan değerlendirmede her iki grupta da damar içinde inflamatuvar hücre olmadığı görülmüştür. İnflamasyon yönünden Grup 6'nın Grup 5'den daha fazla olduğu görülmüştür. Her iki grubun fibrozis yönünden değerlendirilmesinde ise Grup 6'da Grup 5'e göre çok fazla miktarda fibrozis olduğu görülmüştür. Bu sonuç bize, tendon iyileşme yüzeyinin artırılmasının fibrozis fazlalığını beraberinde getirdiğini göstermektedir (Resim 14 ve Resim 15).



Resim 14: Fibrozis ve inflamasyon bulunan dokuX100 HE (Grup 5)



Resim 15: Bol fibrozis ve inflamasyon bulunan dokuX100 HE (Grup VI)

## 5. TARTIŞMA

Plastik Cerrahinin özel bir bilim dalı olan El Cerrahisinde, son yıllarda hızlı gelişmeler sağlanmıştır. Yakın tarihe kadar “no mans land” olarak adlandırılan bölgeye cerrahi olarak değil konservatif olarak bile girişimde bulunulmazken, günümüzde üzerinde en fazla araştırma yapılan ve gelişme sağlanan kısım burasıdır.

Tendon yaralanmaları günlük hayatta çok sık karşılaşılan bir durumdur. İyi bir tendon onarımı için atravmatik çalışılması, tendon kılıfının onarılması, dikiş hattında aralık bırakılmaması, uygun sutur tekniğinin kullanılması, uygun immobilizasyon ve erken kontrollü hareketin verilmesi gerekmektedir.

Tendon onarımından sonra yapışıklık ve kopma karşılaşılan en önemli iki sorundur. Flekör tendon yaralanması ve onarımından sonra kaymayı önleyici yapışıklıkların oluşmasında, iyileşme sırasında kollajen sentez hızı önemli rol oynamaktadır ve buna bağlı olarak daha az veya daha çok yapışıklık olmaktadır. Tendon iyileşmesi sırasında yapışıklıkların önlenmesi için birçok biyokimyasal ajan ve interpozisyonel materyaller ile çalışmalar yapılmıştır<sup>19-25</sup>.

Tendon onarımından sonra meydana gelen yapışıklıkların en önemli nedenleri tendon kılıfının yaralanması, uygun olmayan sutur ve immobilizasyondur. Onarım yapılmış fleksör tendonlar stres altında değiller ise iyileşme süresi 8 haftaya kadar uzayabilir ve iyileşme süresi boyunca onarım yapılmış tendonlarda gerilim kuvveti minimal olur. Stres uygulanmış tendonlar, uygulanmamış tendonlara göre daha hızlı iyileşirler, daha hızlı gerilim kuvveti kazanırlar ve daha az yapışma, daha fazla ekskürsiyona sahip olurlar.

Tendon onarımından sonra yapışıklık oluşmasını engelleyen en önemli faktör egzersizdir. Tendon onarımı sonrası yapışıklıkların önlenmesinde geleneksel olarak pasif hareketler uygulanmaktadır<sup>26,27</sup>. Erken hareket tendon onarımı sonrası çok önemlidir. Bu önceleri zon II fleksör tendon kesilerinde kullanılmaya başlanılmışsa da sonraları değişik seviyelerdeki kesiler, ekstansör



tendon kesileri<sup>28</sup> ve tendon greftleri için de kullanılmıştır. Klasik pasif egzersizde hareketler 3-4 hafta sürer ve atel çıkartılır. Fakat lastik band 2 hafta daha bileğin volarine tespit edilerek egzersize devam edilir. Altı haftanın sonunda lastik bant çıkartılır ve aktif tam fleksiyon egzersizine başlanır. Klasik pasif egzersizde, ameliyat sonrası 8 hafta geçmeden el fazla kullanılmamalıdır. Sonra kuvvetlendirici aktiviteler arttırılır.

Tendon onarımından sonra kontrollü erken hareket tendon yapışıklıklarını azaltmakta ve gerilme gücünün oluşumunu hızlandırmaktadır. Gelberman ve arkadaşları<sup>29</sup> köpeklerde yaptıkları çalışmada erken mobilizasyonun tendon iyileşmesini hızlandırdığını ve yapışıklığı azalttığını göstermişlerdir.

Ameliyat sonrası dönemde son zamanlarda hastaya aktif hareket verilmesi yapışıklıkların önlenmesinde pasif hareketten daha fazla önerilmektedir. Tendon onarımında pasif hareketlerin yetersiz kalması nedeni ile erken aktif egzersizlere başlanılmıştır ve ameliyat sonrası aktif hareketin tendon kaymasını arttırarak yapışıklığı önlediği gösterilmiştir<sup>30-33</sup>. Aktif hareketin yapılmadığı veya az yapıldığı durumlarda fleksiyon deformitesi ortaya çıkmaktadır<sup>34</sup>.

Fleksör tendonların DIP eklemlerinin fleksiyonu için ortalama 19 N, başparmağın aynı eklemi için ise 25 N'luk kuvvet gerekmektedir<sup>35</sup>. Ameliyat sonrası verilecek olan aktif hareketin tendon kılıfındaki ödem ve parmağın fizyolojik direncinden fazla olması gerekmektedir. Fakat bunun için pasif harekete göre daha fazla güç gerekmektedir.

Tendon onarımında diğer bir önemli faktör de kullanılan sutur teknikleridir. Tendon onarımında birçok merkezi sutur yöntemi bulunmaktadır. Kessler<sup>36</sup> ve modifikasyonları gibi tendonu ısırarak dikişler iyileşme döneminde aralık oluşumu ve kopmayı önleme yönünde üstündürler<sup>37</sup>. Tsuge'nin<sup>38</sup> önerdiği halkalı dikişin hızlı konulabilmesi ve Kessler kadar kopmaya dirençli olması nedeni ile özellikle kopan uzvun yerine dikilmesinde kullanılabilir<sup>39</sup>. Düğümü tendon içinde bırakan modifiye Kessler<sup>40</sup> yöntemi bugün en çok kullanılan tendon dikişi olduğundan bizim yöntemimizde de bu sutur tekniği kullanılmıştır.

Tendon onarım gücünü esas olarak merkezi sutur belirler<sup>41</sup>. Çevresel suturda tendonun sağlamlığına katkıda bulunur<sup>42</sup>. Tendon onarımlarında merkezi suturların sayısı arttıkça tendonun gerilmeye karşı dayanıklılığı da

artmaktadır. Newsletter ve Strickland'ın yaptıkları çalışmada merkezi sutur ile yapılan tendon onarımlarında gerilme kuvvetlerini şöyle özetlemişlerdir. 2-bandlı merkezi sutur 1800 gr, 4-bandlı merkezi sutur 3600 gr ve 6-bandlı merkezi sutur 5400 gr dır<sup>43</sup>.

Cao ve arkadaşlarının<sup>44</sup> 2005 yılında yaptıkları çalışmada çok bandlı onarımın tendon rüptürünü minimize ettiği ve bu nedenle, tendondaki ödemin gerilemesi ve suturun gevşemesi ile tendonda kopma veya aralık oluşmadan aktif egzersiz yapılabileceğini göstermişlerdir. Beş ile 21. günlerde tendon onarım gücü %10–50 arasında azalır. Tendon onarımının sağlamlığı ve damarlanması egzersizle artırılabilir ve immobilizasyonla azaltılabilir. Uygun gerilim ile tendon iyileşmesi artar, yapışıklık azalır, çok iyi ekskürsion sağlanır ve gerilmeye dayanıklılığı gerilimsiz tendondan daha fazla olur<sup>45</sup>.

Tendon onarımından sonra erken dönemde onarım hattında bir yumuşama oluşur ve dikiş tendondan kolayca sıyrılmaya başlar. Dikiş hattının kuvvete karşı direnci ilk beş günde azalarak, birinci gündekinin %20'sine iner ve ancak üçüncü haftada eski kuvvetine yaklaşır. Tendon uçlarında dikişin tendondan kısmen sıyrılması ile dikiş hattında aralık oluşumu<sup>46–49</sup>, belirgin tendon kopmasından daha sık görülür. Zamanla arası bağ dokusu ile dolarak dışardan belli olmayan bu aralık yapışıklıkları arttırarak kötü sonuçların alınmasına neden olur.

Onarım yapılmış fleksör tendonlarda dayanıklılığa katkıda bulunan en önemli faktörlerden biri de onarım bölgesinden geçen suturun sayısı ve çapıdır. Onarım bölgesinden geçen sutur sayısı onarımın dayanıklılığını arttırmaktadır. Bu durum teknik zorluklara sahip olmakla birlikte onarım bölgesinde sutur sayısının artmasına da neden olur.

Şu ana kadar Kessler tekniği en popüler yöntem olarak kullanılsa da alternatif birçok sutur tekniği bulunmaktadır<sup>50–52</sup>. Wang ve arkadaşlarının<sup>53</sup> 2003 yılında taze domuz kavrularında yaptıkları çalışmada; 6-band suturdan oluşan Tang metod ile modifiye Tang metod (6-band sutura ilaveten horizontal M sutur ile modifiye edilen) teknikleri arasına 2 mm aralık ve kopma kuvvetlerini biyomekanik olarak karşılaştırılmış ve modifiye tekniğin gerilim kuvvetinin daha fazla olduğu bulunmuştur.

Cao ve Tang'ın<sup>44</sup> domuzlarda yaptıkları çalışmada 4-bandlı modifiye Tang sutur ile çift Kessler suturu; aralık oluşumu, 2 mm aralık oluşumu ve tamamen kopma açısından biyomekanik olarak karşılaştırmışlar ve Modifiye Tang yönteminin gerilim kuvvetinin daha fazla olduğunu bulmuşlardır.

Merkezi suturun sağlamlığını ve tendonun kesik uçlarına olan uzaklığını belirlemek için Tang ve arkadaşları<sup>54</sup> taze domuz kadavraları üzerinde yaptıkları çalışmada 2-bandlı modifiye Kessler ile 4-bandlı modifiye Kessler suturu karşılaştırmışlardır. Suturları tendonun kesik uçlarına 4 mm, 7 mm, 10 mm ve 12 mm mesafeden koymuşlar ve biyomekanik olarak gerilme kuvvetlerine bakmışlar. Dört bantlı modifiye Kessler suturun 2 bantlıya oranla daha kuvvetli olduğunu ve 10 mm lik mesafenin en uygun olduğunu bulmuşlardır.

Tendon onarımından sonraki en önemli adım ameliyat sonrası aktif egzersize başlanmasıdır. Tendon onarımının ikinci haftası sonuna doğru tendon ödeminin gerilemesi nedeni ile suturun tutma gücü azalır ve aralık oluşur. Bu dönemde tendonun iyileşme yüzeyi arasında kollajen köprüleri oluşmaya başlar. Bu noktada en önemli faktör bu aralığın korunarak tendon iyileşme kapasitesinin artırılmasının sağlanmasıdır. Bu kapasite direk ortamdaki fibroblast ve kollajen miktarına bağlıdır<sup>55</sup>. İlk haftalarda tendon kılıfının direncinin ödemden dolayı artması ve suturun gevşemesi ile aktif egzersiz için 25–30 Newton kuvvet gerekmektedir<sup>32,52</sup>.

Aktif egzersiz fibroblast proliferasyonunu ve kollajen sentezini artırır<sup>56</sup>. Diğer taraftan geniş bir iyileşme alanı daha fazla kollajen üretimi demektir. Bizim yöntemimizde tendon uçları merdiven basamağı şeklinde yaklaştırılıp dikildiğinden kollajen liflerinin yönü tendon iyileşme yüzeyinde değişik yönlerde olacak ve yapay çapraz bağ formu oluşacaktır. Bu çapraz bağlar tendon iyileşmesinde sıkı bağlar oluşturarak tendonun sağlamlığını artırırlar<sup>19,45,55</sup>. Bununla beraber yeni yöntemde tendon iyileşme yüzeyi, çıkartım yapılan kısım kadar artacaktır. Tendonun yarıçapının 3 katı kadar bir çıkartım iyileşme yüzeyini iki katına çıkartacaktır ve bu normalin en az iki katı kadar kollajen demektir. Ayrıca bu kollajenler doğrusal değil de çapraz olarak uzandığından onarımın sağlamlığına fazladan katkıda bulunacaklardır. Tanımladığımız yöntemde tendonlarda histopatolojik olarak fibrozis ve inflamasyonun daha da

arttığı saptandı. Aktif egzersiz ile fibroblastlar tarafından kollajen üretimi ve geniş iyileşme yüzeyi diğer metotlara göre bizim tekniğimizde çok daha fazladır.

Tanımladığımız yeni yöntemde tendondan 3 mm'lik bölüm çıkartıldı. Çıkartılacak miktar sabit olmayıp istenildiği gibi değiştirilebilir. Tendon gerim kuvvetinde daha fazla sağlamlık isteniyorsa çıkarılan miktar artırılabilir.

Z-plasti veya W-plasti tekniklerinde gerimin yönü değiştiği için iyileşme yüzeyine daha az güç binecektir ve tendonun kopma riski daha da azalacaktır<sup>57</sup>. Bizim tekniğimizde iyileşme yüzeyindeki her birime düşen yük azalacağından tendon iyileşme hattındaki gerilim gücü de azalacaktır.

Modifiye Kessler tekniği en sık kullanılan yöntem olduğundan bizim yöntemde de bu teknik kullanılmıştır. Yukarıda anlatıldığı gibi merkezi suturlar tendon onarımının sağlamlığında esastır. Bizim yöntemimizde çift modifiye Kessler yöntemi ile tendon onarımı yapıldığından iyileşme yüzeyinin artışına ek olarak çift merkezi sutur kazancının da eklenmesi sağlandı.

Yeni teknikte tendonun boyunda 3 mm kadar kısalma olmaktadır; fakat bu primer tendon onarımında veya tendon greftinde bir dezavantaj değildir. Geç tendon onarımlarında tendonun kısalmasından dolayı bu yöntem biraz zor olabilir. Böyle durumlarda her ne şekilde tendon onarılsa onarılsın aktif hareket sırasında tendonun kopma riskinden dolayı hastaya pasif hareket verilmelidir.

Tendonun uçlarının fibrile olması durumunda iyi bir dikiş konulması için tendonun uç kısımlarından bir miktar çıkartmak gerekebilir. Bu gibi durumlarda 1 cm'e kadar çıkartımlarda bir sorun olmamaktadır<sup>58</sup>. Daha fazla kısaltma yapılması durumunda parmaklarda kontraktür oluşabilmektedir<sup>59</sup>.

Hastanın aktif hareketi sırasında pasif harekete göre tendonunun kopma riski daha fazladır. Bu nedenle ameliyat sonrası dönemde aktif harekete dayanacak sağlamlıkta bir tendon onarımı yapmak gerekmektedir. Bütün bu nedenlerden dolayı tendon iyileşme yüzeyinin artırılması hedeflenerek, tendon onarımında yeni bir yöntem tanımlanmıştır.

## 6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Tavuklarda yapılan bu deneysel çalışmamızda:

1. Tanımladığımız yeni yöntem ile çift modifiye Kessler yöntemi arasında invitro olarak fark olmasına rağmen istatistiksel olarak bu fark anlamlı bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Tendon onarımından hemen sonra yeni yöntemin ortalama kopma değeri:  $8.601 \pm 0.411$  N, çift modifiye Kessler yönteminin ise:  $8.284 \pm 0.389$  N bulunmuştur.
2. Grupların in-vivo olarak (4. haftada) değerlendirilmelerinde yeni yöntemin çift modifiye Kessler yöntemine göre üstün olduğu görülmüştür ( $p< 0.05$ ). Bu zamandaki değerlendirmede yeni yöntemin ortalama kopma değeri:  $19.449 \pm 0.443$  N, çift modifiye Kessler yönteminin ise:  $16.175 \pm 0.411$  N bulunmuştur.
3. Grupların 6. haftadaki değerlendirilmelerinde ise gruplar arasında yeni yöntem lehine farkın iyice arttığı görülmektedir ( $p<0.05$ ). Altıncı haftadaki yeni yöntemin ortalama kopma değeri:  $40.806 \pm 0.775$  N, çift modifiye Kessler yönteminin ise:  $28.964 \pm 0.493$  N bulunmuştur.
4. Yeni yöntemde tendonun iyileşme yüzeyi normalin iki katı kadar artmaktadır.
5. Yeni yöntemde çift merkezi sutur kullanıldığından tendonun germe dayanıklılığı iki kat fazla olmaktadır.
6. Yeni yöntemde kollajen liflerinin iyileşme yüzeyindeki yönleri değiştirildiğinden sağlamlığı daha da fazla olmaktadır.
7. Histopatolojik olarak fibrozis ve inflamasyonun artışı, iyileşme yüzeyinin arttığına bir göstergesidir. Artmış fibroz doku iyileşmeye katkıda bulunur ve sağlamlığı artırır.
8. Ameliyat sonrası erken aktif hareketin rahatça yapılmasına izin vermektedir.

9. Histopatolojik incelemede yeni yöntemde fibrozisin ve inflamasyonun daha fazla olduğu görüldü.
10. Sekonder onarımlarda yeni yöntemde tendonun boyunda küçük miktarda kılma olacağından diğer tekniklerin kullanımını önermekteyiz. Fakat böyle durumlarda ameliyat sonrası aktif hareket sırasında tendonda kopmalar ortaya çıkacağından hastaya kontrollü pasif hareket verilmesi gerekmektedir.

Yukarıda sayılan özelliklerinden dolayı bu yeni tekniğin sağlam olması nedeni ile ameliyat sonrası aktif hareket sırasında tendon kopmaları en aza indirilerek, aktif hareketin tendon iyileşmesini arttırdığı göz önüne alındığında, ameliyat sonrası erken aktif harekete başlanıldığı için yapışıklıkları önlemede, primer tendon onarımında diğer yöntemlere göre daha iyi bir seçenek olduğunu düşünmekteyiz.

Biz bu çalışmamızda tendonun ameliyat sonrası dönemde iyileşme gücünü arttırmak için merkezi sutur sayısı yerine tendonun iyileşme yüzeyinin artırılmasının tendon sağlığına daha fazla katkıda bulunacağını düşünmekteyiz. Klinikte primer tendon onarımlarında yeni yöntemin kullanılması ile hastalara daha rahat aktif hareket başlanacak ve yapışıklıklar daha az olacağından hastaların ikincil ameliyat olmaları önenebilecektir. Böylece hastalara maddi ve sosyal açıdan daha yararlı olacağı da söylenebilir.

## 7. KAYNAKLAR

1. Strickland JW. Development of flexor tendon surgery: twenty-five years of progress. *J Hand Surg.* 2000; 25:214–35.
2. Strickland JW. Flexor tendon surgery. Part 1: Primary flexor tendon repair. *J Hand Surg.* 1989; 14:261–72.
3. Green DP, Hotchkiss RN, Pederson WC. *Green's Operative Hand Surgery* (ed). Churchill Livingstone.1999; 1851–1949.
4. Netter FH. *Netter İnsan Anatomisi Atlası* (3<sup>th</sup>). Ciba Medical Education, 2005.
5. Verdan CE. Half a century of flexor-tendon surgery. Current status and changing philosophies. *J Bone Joint Surg.* 1972; 54:472–491.
6. Armenta E, Lehrman A. The vincula to the flexor tendons of the hand. *J Hand Surg.* 1980; 5:127–134.
7. Tang JB, Wang YH, Gu YT, Chen F. Effect of pulley integrity on excursions and work of flexion in healing flexor tendons. *J Hand Surg.* 2001; 26:347–453.
8. Boyer MI, Meunier MJ, Lescheid J, Burns ME, Gelberman RH, Silva MJ. The influence of cross-sectional area on the tensile properties of flexor tendons. *J Hand Surg.* 2001; 26:828–832.
9. Strickland JW. Management of acute flexor tendon injuries. *Orthop Clin North Am.* 1983; 14:827–849.

10. Schneider LH. Tenolysis and capsulectomy after hand fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 1996; 327:72–78.
11. Silva MJ, Brodt MD, Boyer MI, Morris TS, Dinopoulos H, Amiel D, et al. Effects of increased in vivo excursion on digital range of motion and tendon strength following flexor tendon repair. *J Orthop Res.* 1999; 17:777–783.
12. Gelberman RH, Boyer MI, Brodt MD, Winters SC, Silva MJ. The effect of gap formation at the repair site on the strength and excursion of intrasynovial flexor tendons. An experimental study on the early stages of tendon-healing in dogs. *J Bone Joint Surg Am.* 1999; 81:975–982.
13. Sirotakova M, Elliot D. Early active mobilization of primary repairs of the flexor pollicis longus tendon with two Kessler two-strand core sutures and a strengthened circumferential suture. *J Hand Surg.* 2004; 29:531–535.
14. Sirotakova M, Elliot D. Early active mobilization of primary repairs of the flexor pollicis longus tendon. *J Hand Surg.* 1999; 24:647–653.
15. Zhao C, Amadio PC, Zobitz ME, An KN. Resection of the flexor digitorum superficialis reduces gliding resistance after zone II flexor digitorum profundus repair in vitro. *J Hand Surg.* 2002; 27:316–321.
16. Tang JB, Wang B, Chen F, Pan CZ, Xie RG. Biomechanical evaluation of flexor tendon repair techniques. *Clin Orthop Relat Res.* 2001; 386:252–259.
17. Zhao C, Amadio PC, Zobitz ME, An KN. Gliding characteristics of tendon repair in canine flexor digitorum profundus tendons. *J Orthop Res.* 2001; 19:580–586.



18. Farkas LG, Thomson HG, Martin R. Some practical notes on the anatomy of the chicken toe for surgeon investigators. *Plast Reconstr Surg.* 1974; 54:452–458.
19. Stricland JW. Flexor Tendon Acute Injuries. In: Green DP, ed. *Green's Operative Hand Surgery*. Philadelphia, Pennsylvania PA: Churchill Livingstone, 199; 1851–1897.
20. Tuncay I, Özbek H, Atik B, Ozen S, Akpınar F. Effects of hyaluronic acid on postoperative adhesion of tendon calcaneus surgery: an experimental study in rats. *J Foot Ankle Surg.* 2002; 41:104–108.
21. Ferguson RE, Rinker B. The use of a hydrogel sealant on flexor tendon repairs to prevent adhesion formation. *Ann Plast Surg.* 2006; 56:54–58.
22. Akasaka T, Nishida J, Araki S, Shimamura T, Amadio PC, An KN. Hyaluronic acid diminishes the resistance to excursion after flexor tendon repair: an in vitro biomechanical study. *J Biomech.* 2005; 38:503–507.
23. Karakurum G, Büyükbebeci O, Kalender M, Gulec A. Septrafilm interposition for preventing adhesion formation after tenolysis. An experimental study on the chicken flexor tendons. *J Surg Res.* 2003; 113:195–200.
24. Stark HH, Boyes JH, Johnson L, Ashworth CR. The use of paratenon, polyethylene film, or silastic sheeting to prevent restricting adhesions to tendons in the hand. *J Bone Joint Surg Am.* 1977; 59:908–913.
25. Moro-oka T, Miura H, Mawatari T, Kawano T, Nakanishi Y, Higaki H, et al. Mixture of hyaluronic acid and phospholipid prevents adhesion formation on the injured flexor tendon in rabbits. *J Orthop Res.* 2000; 18:835–840.

26. Ejeskar A. Flexor tendon repair in no-man's-land: results of primary repair with controlled mobilization. *J Hand Surg.* 1984; 9:171–177.
27. Strickland JW, Glogovac SV. Digital function following flexor tendon repair in Zone II: A comparison of immobilization and controlled passive motion techniques. *J Hand Surg.* 1980; 5:537–543.
28. Browne EZ Jr, Ribik CA. Early dynamic splinting for extensor tendon injuries. *J Hand Surg.* 1989; 14:72–76.
29. Gelbertman R, Vadge Berg JS, Lundborg GN, Akeson WH. Flexor tendon healing and restoration of the gliding surface. *J Bone Joint Surg.* 1983; 65:70–80.
30. Small JO, Brennen MD, Colville J. Early active mobilization following flexor tendon repair in zone 2. *J Hand Surg.* 1989; 14:383–391.
31. Taras JS, Skahen JR, James R. The double-grasping and crossstitch for acute flexor tendon repair: Application with active motion. *Atlas Hand Clin.* 1996; 1:13.
32. Tang JB, Gu YT, Rice K, Chen F, Pan CZ. Evaluation of four methods of flexor tendon repair for postoperative active mobilization. *Plast Reconst Surg.* 2001; 107: 742–749.
33. Sirotakova M, Elliot D. Early active mobilization of primary repairs of the flexor pollicis longus tendon with two Kessler two-strand core sutures and a strengthened circumferential suture. *J Hand Surg.* 2004; 29:531–535.

34. Baktir A, Turk CY, Kabak S, Sahin V, Kardas Y. Flexor tendon repair in zone 2 followed by early active mobilization. *J Hand Surg.* 1996; 21:624–628.
35. Schuind F, Garcia-Elias M, Cooney WP 3rd, An KN, Cooney WP. Flexor tendon forces: In vivo measurements. *J Hand Surg.* 1992; 17:291–298.
36. Kessler L. The “grasping” technique for tendon repair. *The Hand.* 1973; 5: 253–255.
37. Urbaniak TR, Cahil JD, Mortenson RA. Tendon suturing methods. Analysis of tensile strengths. *AAOS Symposium on Tendon Surgery in the hand.* St. Louis, CV Mosby, 1975.
38. Tsuge K, Ikuba Y, Matsiushi Y. Repair of the flexor tendons by intratendinous tendon suture. *J Hand Surg.* 1977; 2B:436–440.
39. Haddad RJ Jr, Kester MA, McCluskey GM, Brunet ME, Cook SD. Comparative mechanical analysis of a looped-suture tendon repair. *J Hand Surg.* 1988; 13:709–713.
40. Barmakian JT, Lin H, Green SM, Posner MA, Casar RS. Comparison of a suture technique with the modified Kessler method: resistance to gap formation. *J Hand Surg.* 1994; 19:777-781.
41. Lotz JC, Hariharan JS, Diao E. Analytic model to predict the strength of tendon repairs. *J Orthop Res.* 1998; 16: 399–405.
42. Wade PJF, Muir IFK, Hutcheon LL. Primary flexor tendon repair the mechanical limitations of the modified Kessler technique. *J Hand Surg.* 1986; 11B:71–76.

43. Strickland J. Flexor tendon repair: The Indiana method. *Indiana Hand Center Newsletter*. 1993; 1:1–12.
44. Cao Y, Tang JB. Biomechanical evaluation of a four-strand modification of the Tang method of tendon repair. *J Hand Surg*. 2005; 4:374–378.
45. Zidel P. Tendon healing and flexor tendon surgery. In Grabb and Smith's *Plastic Surgery*. Philadelphia, PA: LWW; 2007; 803–810.
46. Ejeskar A, Irstam L. Elongation in profundus tendon repair. A clinical and radiological study. *Scand J Plast Reconstr Surg*. 1981; 15:61–68.
47. Ejeskar A. Flexor tendon repair in no-man's-land: results of primary repair with controlled mobilization. *J Hand Surg*. 1984; 9:171–177.
48. Ketchum LD, Martin NL, Kappel DA. Experimental evaluation of factors affecting the strength of tendon repairs. *Plast Reconstr Surg*. 1977; 59:708–719.
49. Seradge H. Elongation of the repair configuration following flexor tendon repair. *J Hand Surg*. 1983; 8:182–185.
50. 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*. 1994; 19:53–60.
51. Tang JB, Shi D, Gu YQ, Chen JC, Zhou B. Double and multiple looped suture tendon repair. *J Hand Surg*. 1994; 19:699–703.

52. Robertson GA, Al-Qattan MM. A biomechanical analysis of a new interlock suture technique for flexor tendon repair. *J Hand Surg.* 1992; 17:92–93.
53. Wang B, Xie RG, Tang JB. Biomechanical analysis of a modification of Tang method of tendon repair. *J Hand Surg.* 2003; 28:347–350.
54. Tang JB, Zhang Y, Cao Y, Xie RG. Core suture purchase affects strength of tendon repairs. *J Hand Surg.* 2005; 30:1262–1266.
55. Chang P. Repair and grafting of tendon. In: Mathes SJ, ed. *Plastic Surgery*. Philadelphia, PA: Saunders Elsevier, 2006:591–603.
56. Kubota H, Manske PR, Aoki M, Pruitt DL, Larson BJ. Effect of motion and tension on injured flexor tendons in chickens. *J Hand Surg.* 1996; 21: 456–566.
57. McCarty JG. Introduction to Plastic Surgery General principles. In: McCarty JG, ed. *Plastic Surgery*. Philadelphia, PA: Saunders, 1990:1–68.
58. Kleinert HE, Lubahn JD Current state of flexor tendon surgery. *Ann Chir Main.* 1984; 3:7–17.
59. Malerich MM, Baird RA, McMaster W, Erickson JM. Permissible limits of flexor digitorum profundus tendon advancement-an anatomic study. *J Hand Surg.* 1987; 12:30–33.