

**T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANA BİLİM DALI**

**FLEKSÖR TENDON ONARIMINDA ERKEN AKTİF
REHABİLİTASYONA BAŞLAMAK İÇİN GELİŞTİRİLEN
YENİ DİKİŞ TEKNİKLERİNİN MODİFİYE KESSLER VE
TANG YÖNTEMLERİ İLE KİYASLANMASI**

**UZMANLIK TEZİ
Dr. BARIŞ ÖZGÜROL**

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. AKİF MUHTAR ÖZTÜRK**

**ANKARA
MART 2011**

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANA BİLİM DALI

**FLEKSÖR TENDON ONARIMINDA ERKEN AKTİF
REHABİLİTASYONA BAŞLAMAK İÇİN GELİŞTİRİLEN
YENİ DİKİŞ TEKNİKLERİNİN MODİFİYE KESSLER VE
TANG YÖNTEMLERİ İLE KİYASLANMASI**

UZMANLIK TEZİ
Dr. BARIŞ ÖZGÜROL

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. AKİF MUHTAR ÖZTÜRK

**Bu tez Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından 01-2010/67 proje
numarası ile desteklenmiştir.**

ANKARA
MART 2011

Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi
Tez Sınav Tutanağı

Adı ve Soyadı	Baris ÖZGEROL
Baba Adı	Serdur,
Doğum Yeri/Tarihi	ANKARA / 02.02.1980
Diploma Tarihi/Diploma No	28/09/2005 05-392-037
Mezun Olduğu Fakülte	Macet 7920 Üniversitesi Tıp Fakültesi (ing)
İhtisas Yaptığı Anabilim Dalı / Bilim Dalı	Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji ABD
İhtisas Süresi	Yıl: 5 Ay: 5
Sınav Yapılmasını İsteyen Makam	Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı

UZMANLIK TEZİNİN ADI: fleksör Tendon Onarımında Erken Aktif Rehabilitasyonla Baskınlık için Geliştirilen Yeni Dilis Tekniklerinin Modifiye Kaster ve Tazyik Yöntemleri ile Kuyulanması.

JÜRİ KARARI: Tez savunmasını yapmış ve başarılı bulunmuştur. Uzmanlık Sınavına girmesi uygundur.

JÜRİ ÜYELERİ:

BAŞKAN

Prof. Dr. Ertuğrul SEYER

Prof. Dr. Ertuğrul SEYER
T.C. G.Ü. T.F. Gazi Hastanesi
Ortopedi ve Travmatoloji
Diploma No: 827/015
Dip. Tes. No: 192050

ÜYE

Prof. Dr. Ulucay KANATLI

Prof. Dr. Ulucay KANATLI
T.C. G.Ü. T.F. Gazi Hastanesi
Ortopedi ve Travmatoloji
Dip. No: 93-011-008
Dip. Tes. No: 19142

ÜYE

Prof. Dr. ~~Doç Dr. A. Muhit ÖZTÜRK~~

Doç. Dr. A. Muhit ÖZTÜRK
T.C. Gazi Üniversitesi
Ortopedi ve Travmatoloji
Dip. No: 93-011-008
Dip. Tes. No: 19142

İÇİNDEKİLER

1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER.....	4
3.MATERYAL-METOD.....	53
4.BULGULAR.....	65
5.TARTIŞMA.....	85
6.SONUÇLAR.....	93
7.ÖZET	94
8.SUMMARY	96
9.KAYNAKÇA.....	98
10.ÖZGEÇMİŞ	108

KISALTMALAR

FDP	Fleksör Dijitorum Profundus
FDS	Fleksör Dijitorum Süperfisyalis
FPL	Fleksör Pollisis Longus
HE	Hemotoksilen-eosin
MT	Mason-Trikrom
VLS	Vinkulum Longus Süperfisyalis
VBS	Vinkulum Brevis Süperfisyalis
VLP	Vinkulum Longus Profundus
VBP	Vinkulum Brevis Süperfisyalis
DİP	Distal interfalangeal
PİP	Proksimal interfalangeal
MKP	Metakarpofalangeal

TEŞEKKÜR

Ortopedi ve Travmatoloji asistanlığım boyunca bilgi ve becerilerimin her geçen gün artmasında, bu mesleğin inceliklerini öğrenmemde kendi tecrübeleri ve bilgilerini bana aktararak destek olan, etik ve bilimsel açıdan örnek aldığım, tez danışmanım Doç. Dr. Akif Muhtar Öztürk başta olmak üzere değerli hocalarım Prof. Dr. Haluk Yetkin, Prof. Dr. Osman Şahap Atik, Prof. Dr. Selçuk Bölükbaşı, Prof. Dr. Necdet Şükrü Altun, Prof. Dr. Emin Ertuğrul Şener, Prof. Dr. Sacit Turanlı, Prof. Dr. Sezai Aykın Şimşek, Prof. Dr. Ulunay Kanatlı, Doç. Dr. Alparslan Şenköylü, Doç. Dr. Hamza Özer, Doç. Dr. Yusuf Hakan Selek ve Doç. Dr. Erdiñç Esen'e sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışma süresince karşılaştığım zorlukları aşmamda ve tezin oluşturulmasında katkılarını esirgemeyen Histoloji ve Embriyoloji A.D. Başkanı Prof. Dr. Deniz Erdoğan'a, Araş. Gör. Mahmud Bagirzade'ye, Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Hüseyin Uslan'a, GÜDAM veteriner hekimleri ve personeline teşekkür ederim.

Eğitimim süresince her konuda yardım ve desteklerini esirgemeyen poliklinik, klinik ve ameliyathane hemşire, personel ve sekreterlerine ve Uzm. Fizyoterapist Funda Bülgin Kesici'ye teşekkür ederim.

Asistanlık hayatım süresince hep yanımda olan başta Araş. Gör. Dr. Orkun Gül olmak üzere tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Her zaman bana anlayışıyla destek olan, varlığını her anımda hissettiğim ve hayatımda olduğu için kendimi şanslı hissettiğim biricik eşim Melike Burcu'ma sonsuz teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

Tendonlar; tekrarlayan hareketler, dejenerasyon, travma ve kesi nedeni ile akut veya kronik olarak yaralanabilmektedir [1]. Yaralanmadan sonra tendon fibrotik skar dokusu ile iyileşir ve oluşan bu yeni dokunun yapısal ve mekanik özellikleri normal tendona göre daha zayıftır [2, 3]. Tendon iyileşmesi ve erken rehabilitasyonu konusunda yapılan çeşitli çalışmalarda bazı araştırmacılar, tendonun hareketsiz kalması gerektiğini belirtirken, bazıları ise tendona erken hareket başlanması gerektiği bildirmişlerdir. Tendon onarımları sonrası ameliyatın başarısı yanında erken aktif ve pasif rehabilitasyona başlanması gerekmektedir. Erken harekete başlanamaması durumunda tendon çevresindeki yapışıklıklar ve uzun süre eklemlerin hareketsizliği sonucu oluşan hareket kısıtlılıkları başarıyı düşürmektedir [2-9]. Tendon onarımı sonuçlarında kullanılan dikiş tekniğinin mekanik özellikleri de önemlidir. Kullanılan dikiş tekniği tendondan sıyrılmamalı, tendon uçları arasında boşluk olmasını engellemeli, hareketle oluşacak tendon gerilimine karşı koyabilmelidir. Bunun yanında, dikiş tekniği, tendonda dolaşımı bozmamalı, kısalığa ve büzüşmelere neden olmamalıdır [10].

Tendon iyileşmesinde cerrahi tekniğin ve rehabilitasyonun yanı sıra yaralanmanın olduğu sırada karşılaşılan çevresel koşullar da önemlidir. Yaralanma sırasında oluşan yumuşak doku kaybı, yaranın kirli ya da temiz olması, enfekte doku miktarı ve yarada bulunan yabancı cisimler tendon iyileşmesini olumsuz etkilemektedir. Bunun yanında tendon dokusundaki kayıp cerrahi sonrasında kısalık olmasına neden olmakta ya da tendon grefti kullanılmasını gerektirmektedir. Tendon yaralanmasına eşlik eden kırıklarda

hareketsizlik süresini uzatması nedeni ile iyileşme sürecini olumsuz etkilemektedir [11-13].

Birçok çalışmada rehabilitasyonun tendon iyileşmesini etkilediği izlenmiştir. Gelberman ve arkadaşları köpek tendonları üzerinde yaptıkları çalışmada pasif hareket ile immobilizasyon protokollerini karşılaştırmış ve hareketin sağlandığı tendonlarda kollajen liflerinin diziliminin ve olgunlaşmasının daha hızlı, yapışıklık oranının daha az olduğunu görmüşlerdir. Rehabilitasyonun başlandığı tendonlarda gerim kuvvetinin arttığı ve daha iyi kayma fonksiyonları olduğu görülmüştür [8, 14]. Hitchcock ile Aoki ve arkadaşları, yaptıkları çalışmalarda aktif ve pasif hareketi karşılaştırmış ve aktif hareketin daha olumlu sonuçları olduğunu göstermişlerdir. Ameliyat sonrası erken dönemde aktif harekete başlanmasının diğer protokollerde görülen gerim kuvvetinin kaybını önlediğini görmüşlerdir. Yapılan deneysel çalışmalarda aktif hareketi sağlayacak ve tendon uçları arasında boşluk oluşumunu engelleyecek bir tendon onarım tekniği üzerine yoğunlaşmıştır [15, 16].

Tendon onarım yöntemi geliştirmenin amacı, erken aktif hareketten kaynaklanacak gerim kuvvetlerini taşıyabilecek kadar güçlü bir tendon sağlamaktır. Tendon onarım teknikleri arasında farklılıklar olması ve her tekniğin farklı biyomekanik ve kayma özellikleri, karşılaştırmalı çalışmalar gerekliliğini doğurmuştur. Aynı zamanda tendon onarımında kullanılacak sütür materyalinin özellikleri, tendonun özellikleri, sütür materyalinin çapı ve bileşimi gibi etkenlerde göz önünde bulundurulmaktadır.

Çalışmamızda, tarafımızca tanımlanan iki ayrı tendon onarım tekniğinin bu özellikleri karşılayıp karşılamadığı biyomekanik ve histopatolojik olarak incelendi. Yeni geliştirilen tendon onarım teknikleri ile halen kullanılmakta olan Modifiye Kessler ve Tang dikiş teknikleri karşılaştırılmıştır. Literatürdeki birçok çalışmada birçok tendon onarım tekniğinin biyomekanik ve histolojik karşılaştırmaları bulunmaktadır. Buna karşın yapılan her çalışmada çelişkili sonuçlar elde edilmektedir. Çalışmamızda tendon onarım teknikleri arasında farkı objektif olarak karşılaştırmak amacı ile çekirdek dikiş dışındaki bütün farklılıklar ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

Fleksör tendonların koptuğu el yaralanmaları nedenleri farklı olmakla birlikte gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde acil servise başvuran hastaların yaklaşık % 20'sini oluşturmaktadır [17, 18]. Gelişmiş ülkelerde iş kazaları önde iken gelişmekte olan ülkelerde cam kesileri, delici-kesici alet yaralanmaları ön plana çıkmaktadır [19].

Ülkemizde de yapılan çeşitli çalışmalarda tendon kesilerinin en sık cam kesileri ile olduğu izlenmektedir [20, 21]. Fleksör tendon kesileri daha çok önkol distal kesiminde görülmektedir [21]. Tüm el yaralanmaları içinde fleksör tendon kesileri özellikle 20-44 yaş arası hastalarda görülmekte ve bunların çoğuna da yumuşak doku yaralanmaları eşlik etmektedir [22]. Ülkemizde yapılan bir çalışmada çocuklarda el yaralanmalarının % 80'ininde fleksör tendonların zarar gördüğü bildirilmiştir [23].

2.1. Tendon Onarımı Tarihçesi

Tendon onarımının tarihi antik çağlara dayanmaktadır. Hipokrat ve diğer antik çağ hekimleri tendonu ayrı bir yapı olarak değerlendirmemiş; kaslardan çıkan beyaz, silindirik şekilli bir yapı “muhtemel sinir” olarak değerlendirmişlerdir. Kaslardan çıkmakta olan yapıların diğer sinirler gibi sonlandığına dikkat çekerek bu yapıyı da “nöron” olarak adlandırmışlardır. Daha sonra birçok araştırmacı, Galen'in çalışmalarını yanlış yorumlamış, Galen'in de tendon ile siniri ayırt edemediğini düşünmüş ve Galen'in tendonları dikmemek gerektiğini savunduğunu söylemişlerdir [24-26]. Siegel 1973'teki makalesinde Galen'in sinir

ile kas arasındaki anatomik ayrımı ve kas ile tendon arasındaki fonksiyonel farkları çok iyi bildiğini vurgulamıştır. Kas aktif olarak kasılmakta ve tendon pasif olarak hareket etmektedir. Tendonun pasif hareketi sonucunda distal kesimde hareket oluşmaktadır [27].

Galen'in yanlış anlaşılan çalışmalarına göre sinir ve ligamanlar kasa girerken gittikçe küçülmektedir. Fetal gelişme esnasında ligamanlar ve sinirler birbiri içine geçmekte ve tendon olarak sonlanmaktadır. Tendon içinde sinirler de olduğu için tendonun iğnelenmeye hassas olduğunu ve dikilmemesi gerektiğini savunduğu düşünülmüştür. Kuhn'un bir çevirisine göre Galen, "Atçı adı verilen bir gladyatörle karşılaştım ve uyluğunun ön kısmında tendonun proksimal ve distal kesiminin ayrıldığını gördüm. Hiç düşünmeden tendon uçlarını sütürla bir araya getirdim." demiştir ve tendon onarımı yaptığını belirtmiştir [27].

Galen'in çalışmaları Tıp Dünyası'nı yaklaşık 1500 yıl kadar olumlu etkilemiş ve eserleri Arapça'ya ve Latince'ye çevrilmiştir. İbn-i Sina da bu çalışmalardan etkilenmiştir. Kendisi ilk tendon diken insan olarak anılsa da Galen'in diseksiyonlarından ve gladyatörlere uyguladığı tedaviden haberdardı. İbn-i Sina'nın çalışmaları 14. ve 15. yüzyıllarda Avrupalı cerrahları etkilemiş olsa da Galen'in anatomik diseksiyona dayalı çalışmaları göz önünde bulundurulduğundan pek önemsenmemiştir [24-26]. Meekren 1682'de Galen'in fikrine karşı çıkan ilk çalışmasını yapmış ve köpeklerin aşıl tendonunu kestiğinde ağrı, konvülsiyon ve seğirme görmemiştir. Von Heller 1752'de benzer bir çalışma yapmış ve tendon onarımı konusunda Galen'e ters düşmüştür [27].

1767’de John Hunter tendon iyileşmesi konusunda ilk deneysel çalışmayı yapmış ve tendonunda kemikteki benzer bir kallus dokusu ile iyileştiğini görmüştür [27].

Erken çalışmalar aşil tendonunda yapılmış ve yaklaşık 1920’lerde yapı ve anatomik olarak farklı özelliklere sahip fleksör tendonlar hakkında çalışmalar başlamıştır. Solaman ve Bier köpeklerde fleksör tendon onarımı sonrası iyileşmenin iyi olmadığını, tendonun iyileşmesi için kılıfında açık bir nokta bırakılması gerektiğini ve böylece subkütan doku ile iyileşebileceğini savunmuşlardır [27]. Hueck ise, tendon kılıfı açık bırakılsın ya da bırakılmasın iyileşmenin kötü olduğunu savunmuştur [27].

Eş zamanlı olarak Bunnell ve Garlock çalışmalarında parmaklarda tendon onarımı yapıldığında yoğun yapışıklık olduğunu saptamış ve “No Man’s Land” tabirini ilk kez kullanmıştır. Boyes’e göre bu tabir ilk kez 1934’te kullanılmış ancak 1948’de kendi kitabı “El Cerrahisi”nin 2. baskısında yayınlanmıştır. Bunnell tendon onarımı sonrası sadece fleksör dijitorum profundus (FDP)’nin onarılmasını, ameliyat sonrası fleksiyonda immobilizasyon gerektiğini ve fleksiyonda pasif hareketin yapışıklıkları azalttığını savunmuştur [28, 29].

1940’da Mason aynı şekilde iki tendonun birden onarılmamasını, geniş kılıf eksizyonu yapılmasını ve kontamine dokuların debride edilmesinin gerekli olduğunu savunmuştur [30].

1947’de Boyes Bölge 2’de iyileşmenin kötü olmasının nedeninin enfeksiyon, skar oluşumu ile hatalı insizyon olduğunu bildirmiş ve bu bölgede

tendon grefti kullanılmasını önermiştir [31]. 1964 ve 1975 arası Potenza ve Peacock, oluşan bu fibröz yapışıklıkların iyileşme süreci için tamamlayıcı ve gerekli bir dönem olduğunu savunmuştur [6, 32-39].

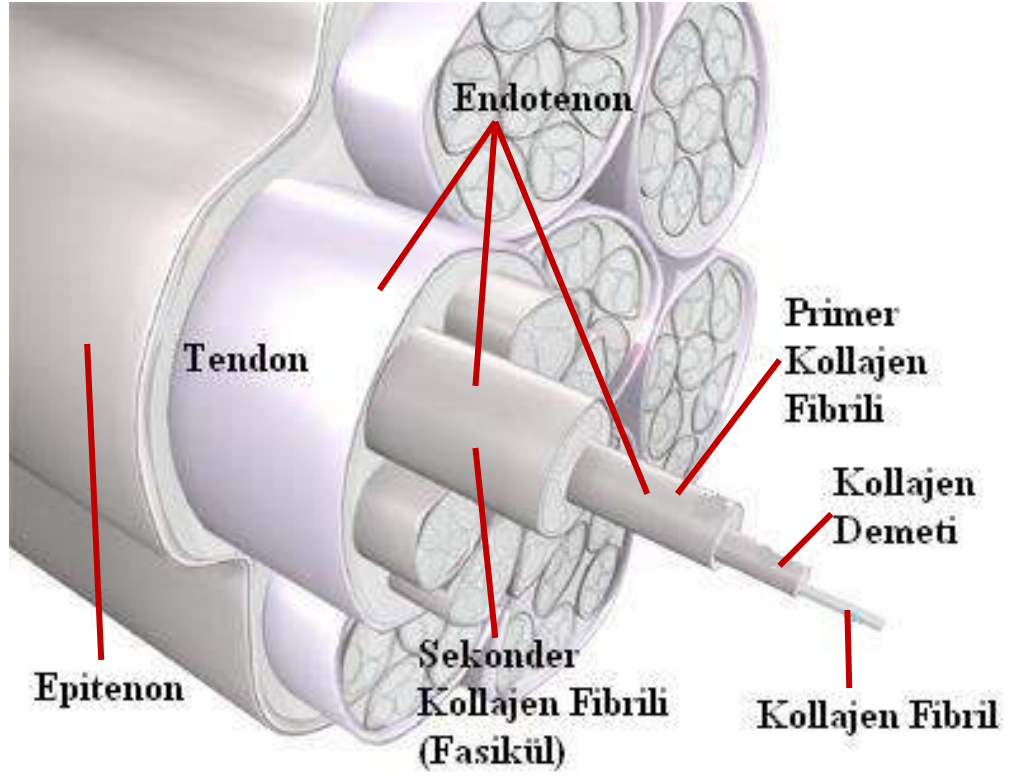
1950’de Siler, 1956’da Posch ve 1960’larda birçok araştırmacı bu bölgede iyi sonuçlar aldıklarını bildirmişler ve 1967’de Kleinert ve Kutz Amerikalı El Cerrahları Topluluğu (American Hand Surgeons Society) yıllık toplantısında bu bölgedeki iyi sonuçlarını sunmuşlardır [40-42]. Daha sonra çalışmalarda tendon iyileşmesinde difüzyonun çok önemli olduğu ve bunun içinde tendon kılıfı onarımının önemli olduğu savunulmuştur. Matthew ve Richards tavşan, McDowell ve Snyder köpek tendonlarında aynı sonuca ulaşmışlardır [43-47]. Lindsay ve arkadaşlarının 1960’ların başında yaptıkları çalışmada tavuklarda tendon iyileşmesinin histolojisini incelemiş ve bölgede oluşan hücresel yanıtı saptamışlardır [47, 48].

Daha sonraki çalışmalarda tendonların doku kültüründe iyileşmesi incelenmiş ve tendonların “difüzyonla beslenebileceği” noktalara yerleştirildiğinde iyileştiği görülmüştür. Tüm bu yayınlar sonrasında fleksör tendon onarımı için çok çeşitli yöntemler bulunmuş ve yapılan çalışmalarda yapışıklıklar azaltılmaya çalışılmıştır. Bunun için de erken hareketin yapışıklıkları azalttığı, tendon hasar bölgesinde gerilim yarattığı ve hücresel iyileşmeyi uyardığı savunulmuştur. Bunların sağlanabilmesi için de daha güçlü dikişlerin kullanılması, birden fazla dikiş geçirilmesi ve çekirdek dikişi ile birlikte değişik çevre dikişleri önerilmiştir [49-52].

2.2. İnsanda Fleksör Tendonların Biyokimyası ve Histolojisi

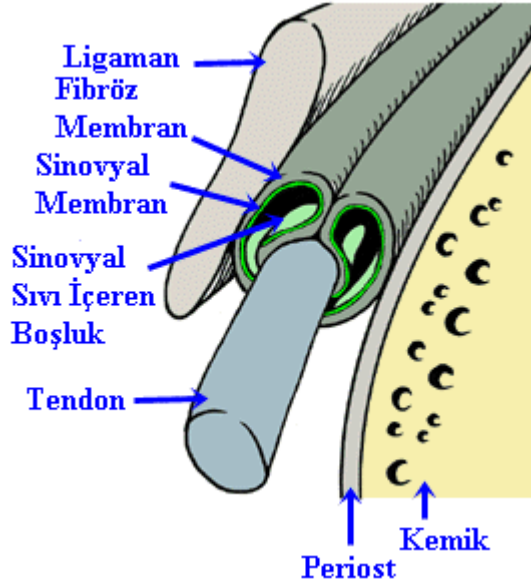
Tendonlar esas olarak kollajen fibrillerinden oluşmaktadır. Bu moleküller birleşerek kollajen demetlerini, kollajen demetleri fasikülleri, fasiküller de birleşerek tendonları oluşturmaktadır (Şekil 1). Demetler ve fasiküller gevşek bir bağ doku olan endotenonla, tendonun kendisi ise benzer ve devamlılık gösteren bir yapı olan epitenon ile çevrilidir. Epitenon ve endotenon, tendonların tüm alt ünitelerini bir araya getirme işlevinin dışında, kan damarları, lenfatik sistem ve sinirler de içermektedir. Epitenonlar, kas tendon bileşkesinden itibaren epimizyum olarak devam etmektedir [53-56].

Tendonlar işlevsel olabilmek için kemik üzerinde kaymaktadırlar. İzledikleri bu yolda tendonların içinden geçtiği fibro-osseöz kanallar ve kılıflar bulunmaktadır (Şekil 2). Tendon kılıfları iki katmandan oluşur. Bu kılıflar, arasında sinovyal sıvı içeriyor ise tenosinoviyum, içermiyorsa tenovajiyum adını alırlar. Eğer, tendon bu iki katmanlı kılıfa sahip değilse paratenon adı verilen tendonu saran, gevşek bağ doku özelliğinde, tendonun serbest hareketine olanak sağlayan bir kılıfla sarılıdır. Aşil tendonu, patellar tendon ve parmakların fleksör tendonları gibi birçok tendon spiral bir şekilde çaprazlaşan demetler içermektedir. Bu çaprazlaşma tendon demetlerinin birbirini üzerinde kaymasını sağlamaktadır [53, 54, 56].



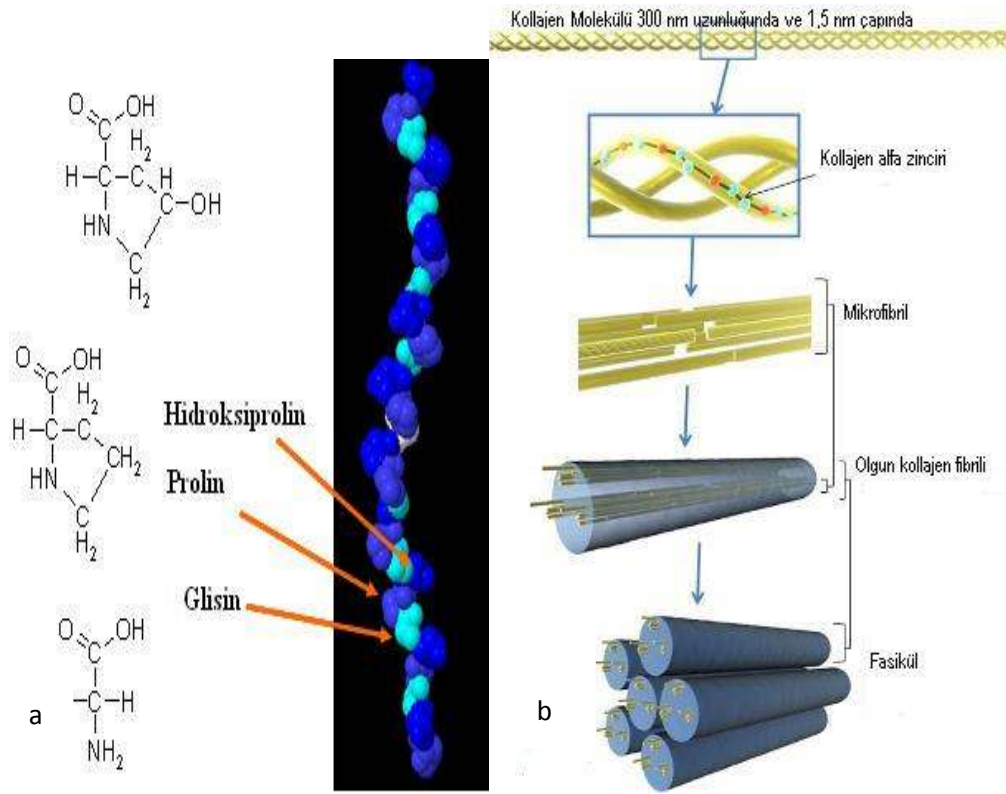
Şekil 1: Tendon yapısı.

Tendonun temel birimi olan kollajen, tendon kuru ağırlığının % 70-80'ini oluşturur. Tüm ağırlığa bakıldığında tendon içerisinde su % 50 ile 60 oranında bulunmaktadır. Bu oran, tendon fonksiyonunda çok önemlidir. Travma ya da inflamasyon durumunda tendonun su içeriğinde olan değişimler tendonun viskoelastik özelliklerini etkileyebilmektedir [57].



Şekil 2: Tendon kılıfının yapısı.

Kollajen molekülü, genel yapı olarak üçlü zincir (α zinciri) sarmalı tropokollajen ve birkaç noktada bu yapıyı bozan düz bölgelerden oluşmaktadır. Her zincirde tekrarlayan üçlü aminoasit dizisi (glisin-x-y) bulunmaktadır (Şekil 3.a). Bu dizi içerisinde her üçüncü aminoasit glisin, diğerleri de genelde prolin ve hidroksiprolin olmaktadır. 3 ayrı α zinciri sağa dönen süper sarmal oluşturarak yaklaşık 1,5 nm çaplı çubuk benzeri yapı oluşturur. Her α zinciri yaklaşık olarak 1050 aminoasit dizisinden oluşmakta ve yaklaşık olarak 300 nm boyuta ulaşmaktadır. Bu şekilde beş tropokollajen molekülü bir araya gelerek kollojen mikrofibrilini oluşturmaktadır (Şekil 3.b) [57].



Şekil 3: Kollajenin yapısı.(a. Kollajen aminoasit dizilimi. b. Kollajen mikrofibrilini oluşumu)

Kollajen sentezi endoplazmik retikulumda olmaktadır. İlk ürün olan prokollajen, α zinciri sentezi sonrası prolin ve lizin dizilerinin hidroksilasyonu, oligosakkarid kenar zincirlerinin glikozilasyonu ve proteolitik sindirim gibi süreçlerden geçer.

Tendonlarda esas olarak tip 1 kollajen (% 95) bulunur, yaklaşık % 5 oranında tip 3 kollajen ve az bir miktarda tip 5 ve tip 6 kollajen bulunmaktadır. Kollajenin yanında tendonun kuru ağırlığının % 1-5 kadarını proteoglikanlar oluşturmaktadır. Proteoglikanlar özel bir protein çekirdek ve çevresinde glikozaminoglikan adı verilen özel zincirleri olan moleküllerdir. Glikozaminler

düz zincirlerden oluşan negatif elektrik yükü nedeni ile hidrasyona izin veren moleküllerdir. Bu yolla tendonun viskoelastisitesi sağlanmış olur [57].

Tendonlar belli bölgelerde yön değiştirebilirler. Bu bölgelerde tendonda mekanik desteğin artması gerekmektedir. Tendonun makara sistemi ya da fleksör retinakulum gibi gerim kuvveti dışında sıkışma kuvvetlerine de maruz kaldığı yerlerde Tip 2 kollajen ve artmış glikozaminoglikan içeriği olabilmektedir [58].

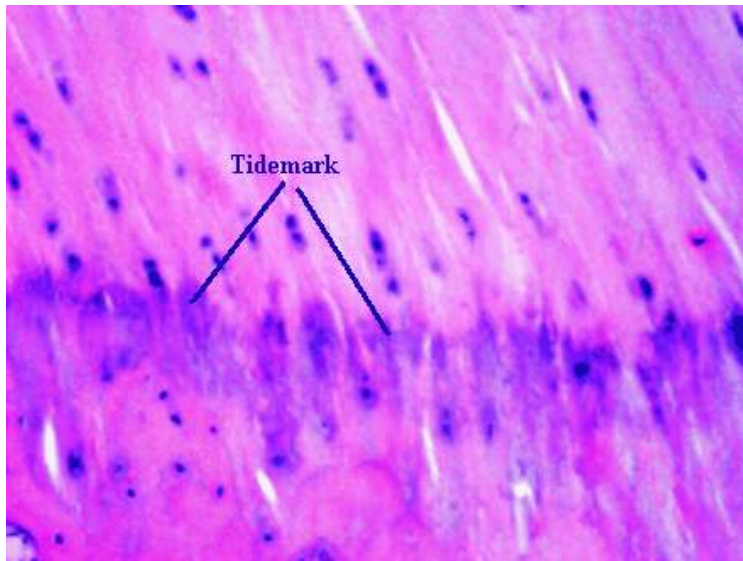
Tendonun mekanik etkisi ekstrasellüler matriksi ile ilgili olduğundan tendon içerisindeki hücre miktarı gözardı edilebilmektedir. Mast hücreleri, aksonlar ve endotel hücreleri olduğu bilinmekle birlikte tendonda en çok bulunan hücre tenositlerdir. Yenidoğanda tendon hücrelerine tenoblast denmektedir. Tenoblastların metabolik olarak aktif olduğu göz önünde bulundurulduğunda bu hücrelerin matriks içeriğini sentezlemekle yükümlü oldukları düşünülmektedir. Yaşlanma ile bu hücreler metabolik olarak daha az aktif olan tenositlere dönüşmektedir. Tendon hücreleri enerji üretimi için Krebs Döngüsü, anaerobik glikoliz ve Pentoz Fosfat Köprüsünü kullanmaktadırlar. Yaşlanma ile birlikte Krebs Döngüsü ve Pentoz Fosfat Köprüsü azalmakta, buna karşın anaerobik solunum artmaktadır. Tenositlerin yaşamı boyunca düşük olan enerji ihtiyacı bu yollarla sağlanabilmektedir [57].

Tendon ile kemik arasında iki çeşit bağlantı vardır. Fibröz bağlantı, özellikle kemiklerin metafiz ve diyafiz bölgelerinde iken; fikroartilaj bağ, özellikle apofiz ve epifiz bölgelerinde görülmektedir. Fibroz bağlanmada kollajen lifleri periosta tutunurken, büyüme ve gelişme esnasında kemik ile bağlantı

kurmaktadır. Fibrokartilaj bağlanma da ise tendon ile kemik arasında 4 tabaka bulunmaktadır:

1. Tendon
2. Kalsifiye olmamış fibrokartilaj
3. Kalsifiye fibrokartilaj
4. Kemik

Kalsifiye olmamış ve kalsifiye olmuş fibrokartilaj bölgeleri arasında keskin bir sınır olup, hematoksilin-eosin (HE) boyamada mavi renkte görülmektedir (Şekil 4). Bu geçiş bölgesi “cement line” veya “tidemark” olarak bilinir ve avülsiyon kırıkları da bu bölgede oluşmaktadır. Kemiğe yapışma bölgesinde “Sharpey” lifleri ile periosta bağlanır ve kemik-tendon bileşkesini güçlendirmektedir.



Şekil 4: Tendon kemik yapışma noktasının histolojik görünümü.

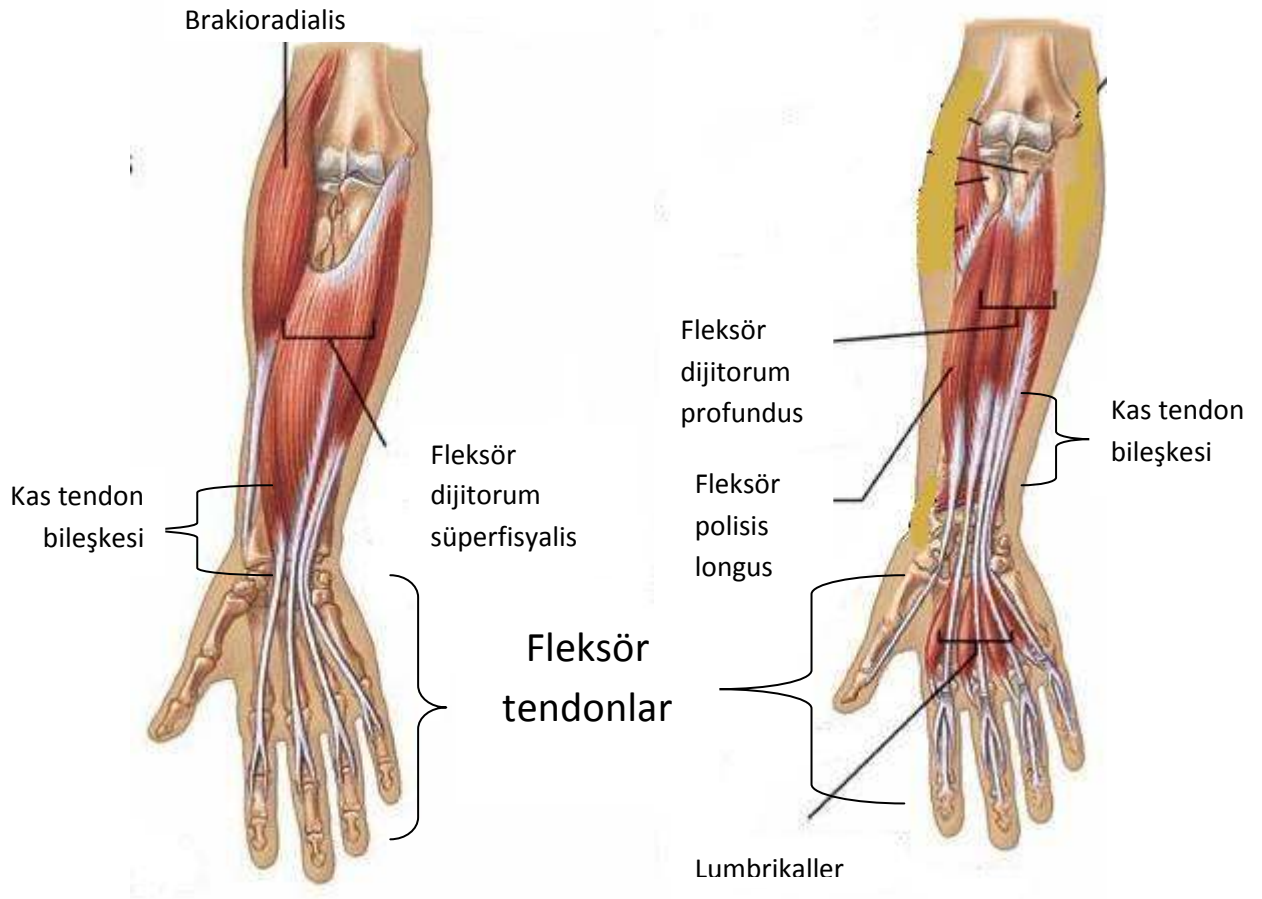
Tendonların kasa bağlandıkları noktada oluşan kasılma kuvveti, kas fibrillerinin intrasellüler kontraktil proteinlerinden ekstrasellüler bağ dokusuna aktarılır. Tendon fibrilleri kas hücrelerinin bazal membranları arasında parmak şeklinde uzanımlar göstererek daha geniş alanda temas yüzeyi sağlar. Bu bölgede glikoprotein miktarında artış gözlenmekte ve yapışıklık miktarında artışa neden olmaktadır [54, 57, 59].

Çalışmalarda tendon cerrahisi sonrası onarım bölgesinde artmış mRNA aktivitesi ve Tip 1 kollajen sentezi olduğunu gösterilmiştir [60-62]. Aynı zamanda ameliyat sonrası ilk 6 haftada toplam kollajen miktarı ve kollajen olgunlaşmasında gözle görülür bir değişme olduğu belirtilmiştir [63]. Tendon onarımı yapılan bölgede hücre arası iletişimi sağlayan fibronektin miktarında da artış görülmektedir. Bu artış operasyon sonrası erken mobilizasyona başlayan tendonlarda daha fazla olmaktadır [64].

2.3. Önkol ve Fleksör Tendon Anatomisi

İnsan fleksör tendonları medial epikondil, ulna ön yüzü, radius ön yüzü, koronoid çıkıntı ve interosseöz membrandan kaynaklanan kasların devamıdır. Önkol 1/3 distal kesiminde kas-tendon bileşkesinden itibaren tendon olarak adlandırılırlar (Şekil 5). Önkol boyunca üstte yüzeysel, altta derin parmak fleksörleri olarak iki tabaka halinde bulunurlar. Yüzeysel tabakada pronator teres, fleksör karpi radialis, palmaris longus, fleksör karpi ulnaris ve fleksör dijitorum

süperfisyalis (FDS), derin tabakada ise fleksör dijitorum profundus (FDP) ve başparmağın fleksör tendonu fleksör polisis longus (FPL) olmak üzere transvers karpal ligamanın altından geçerek avuç içine girer. Parmaklara ulaştıklarında tendon kılıfının kalınlaşması ile oluşan makara sisteminin oluşturduğu kanallar içinden geçerek kemik-tendon bileşkesini oluştururlar.



Şekil 5: Parmak fleksör kaslarının anatomisi.

FDS kasının ulnar başı medial epikondil, ulnar kolateral ligaman, koronoid çıkıntı ve proksimal ulnadan köken almaktadır. Radial başı ise proksimal

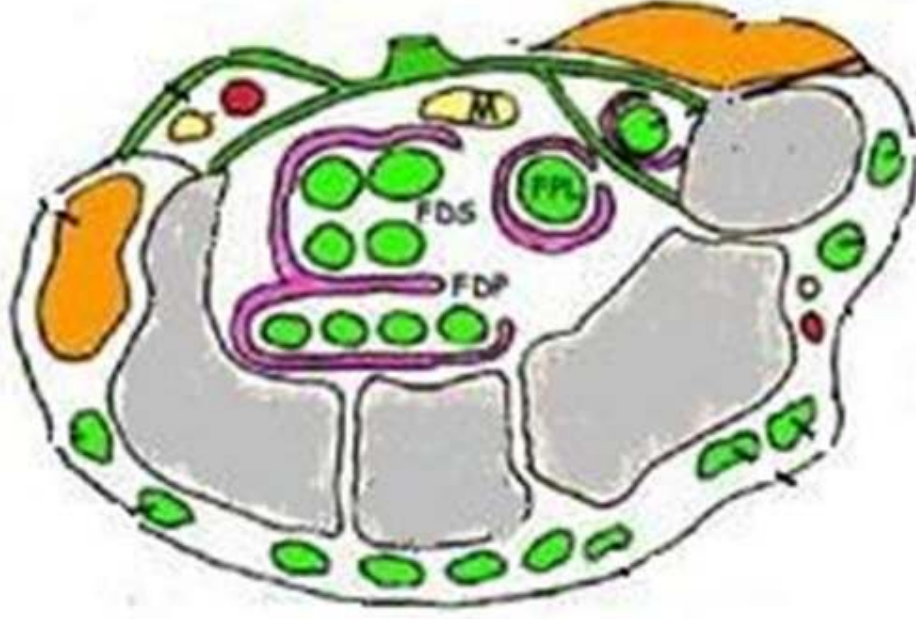
radiusun çıkmaktadır. Pronator teres, fleksör karpi radialis, palmaris longus ve fleksör karpi ulnaris kasları altında, FDP ve FPL kasları üzerinde seyretmektedir. Önkolun orta kısımlarında süperfisyel ve derin tabakalara ayrılmaktadır. Süperfisyel tabaka 3. ve 4. parmaklara tendon verirken, derin tabaka 2. ve 5. parmaklara tendon vermektedir. FDS kası median sinir tarafından uyarılmakta ve beslenmesi radial ve ulnar arterlerden olmaktadır.

FDP ulnanın proksimalinden ve interosseöz membrandan köken almaktadır. Ulnar sinir, kasın distalinden itibaren yanında seyreder ve kasın 4. ve 5. parmaklara giden kas-tendon birimini uyarır. Median sinirin anterior interosseöz dalı da 2. ve 3. parmaklara giden kısmını uyarmaktadır. 2. parmağa giden tendonu diğer tendonlardan ayrı seyreder. Beslenmesi ulnar arterden olmaktadır.

FPL ise radiusun orta kısmından ve interosseöz membrandan köken almaktadır. El bileğine radial artere komşu olarak girmektedir. FPL tendonu, karpal tünelin lateralindeki en önemli yapıdır. Tenar kaslar içinde seyreder ve fleksör polisis brevis'in derin ve yüzeysel başları arasından açığa çıkar. Distal falanksın bazisi ve proksimal 1/3'üne yapışır. Başparmağa interfalangeal eklemden fleksiyon yaptırır. İnterosseöz sinir tarafından uyarılır ve beslenmesi radial arterden olmaktadır [65].

Parmaklara giden 9 tendon karpal tünele girerken yakın ilişki içindedir. En üstte 3. ve 4. parmaklara giden FDS tendonları, hemen altında 1. ve 4. parmağa

giden FDS tendonları, hemen altında FDP tendonları ve FDP tendonlarının radyalinde FPL tendonu bulunmaktadır [66-68] (Şekil 6).



Şekil 6: Fleksör tendonların karpal tüneldeki yerleşimi.

Parmakların fleksör tendon sistemi beş anatomik bölgeye ayrılmaktadır:

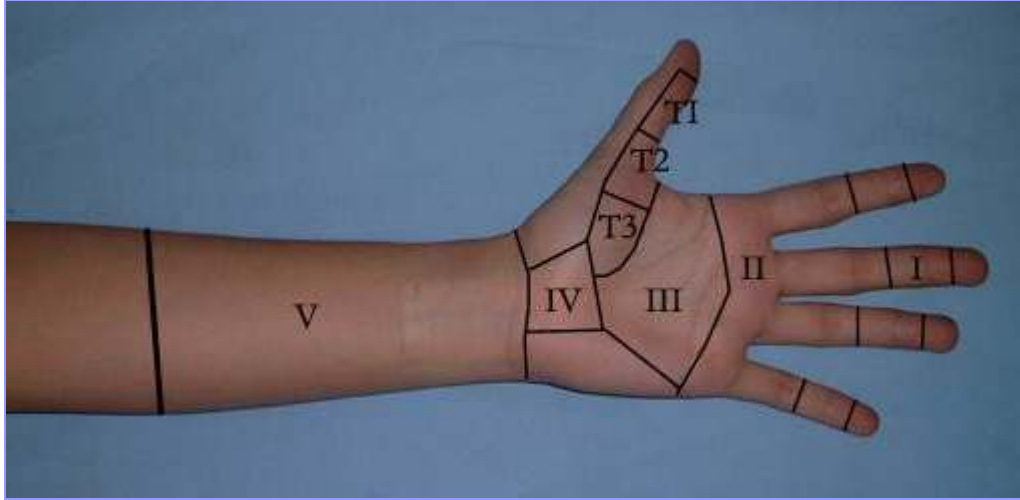
Bölge V: Muskulotendinöz bileşkeden başlayıp karpal tünelin proksimaline kadar olan bölümdür.

Bölge IV: Tendonların karpal tünel içerisindeki kısmına denir.

Bölge III: Transver karpal ligamandan sonra superfisyal palmar ark seviyesinde lumbrikal kaslar FDP'den çıkmaktadır. Bu seviye ile A1 makarası arasında kalmaktadır.

Bölge II: A1 makarası ile başlar. Tendonlar parmakların distal palmar çizgi seviyesinde fibroosseöz fleksör kılıf içerisine girer. Bu noktadan başlayıp FDS tendon insersiyosu olan orta falanks orta kısmına kadar uzanmaktadır. Onarımlar sonrası iyileşmesi en sorunlu bölge olduğu için Bunnell tarafından “No Man’s Land” olarak adlandırılmıştır. Özellikle erken hareket başlamanın gerekli olduğu bölgedir. Bu bölgede tendon kılıflarının özenli bir şekilde onarımının yapışıklık ve fibrozis oranını azaltacağı düşünülmektedir.

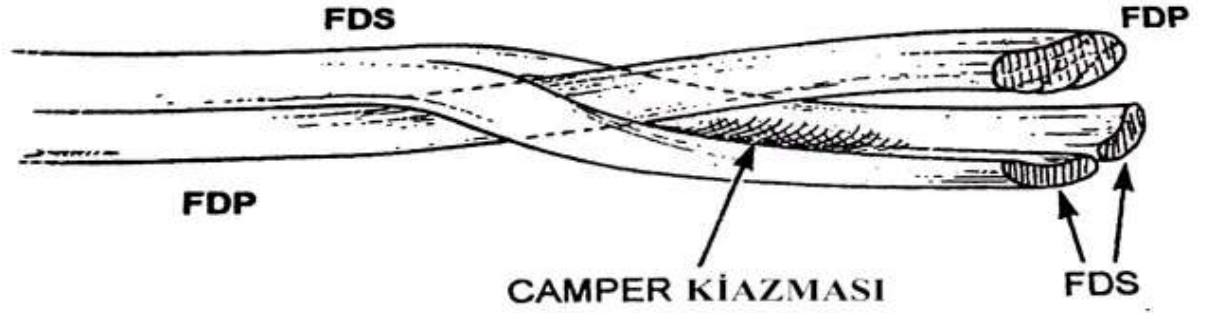
Bölge I: Distalde kalan kısımdır. Bu bölgede sadece FDP tendonu bulunmaktadır [69-71] (Şekil 7).



Şekil 7: Fleksör tendonların anatomik bölgeleri.

FDS tendonu A1 makarasına girince iki eşit parçaya bölünmekte ve FDP tendonu etrafında önce laterale sonra dorsale dönerek orta falanks orta kesimine

yapışmaktadır. İki tendon parçası ve PİP eklem volar plağı ile birleşmektedir. Bu oluşuma Camper Kiazması (Camper's Chiasm) denilmektedir [57] (Şekil 8).



Şekil 8: Camper Kiazması'nın şematik görünümü

Fibro-osseöz kılıf tendonların Bölge I ve Bölge II'sini belirlemektedir. Bu bölge içerisinde tendonlar viseral paratenonla çevrilidir. Viseral paratenon makara sistemini de çevreleyerek paryetal paratenonu oluşturmaktadır. Bu iki ayrı paratenon kılıfı tendonun parmaktaki kayma hareketi için çok önemlidir.

2.4. Makara “Pulley” Sistemi

Fleksör kılıfların makara sistemi:

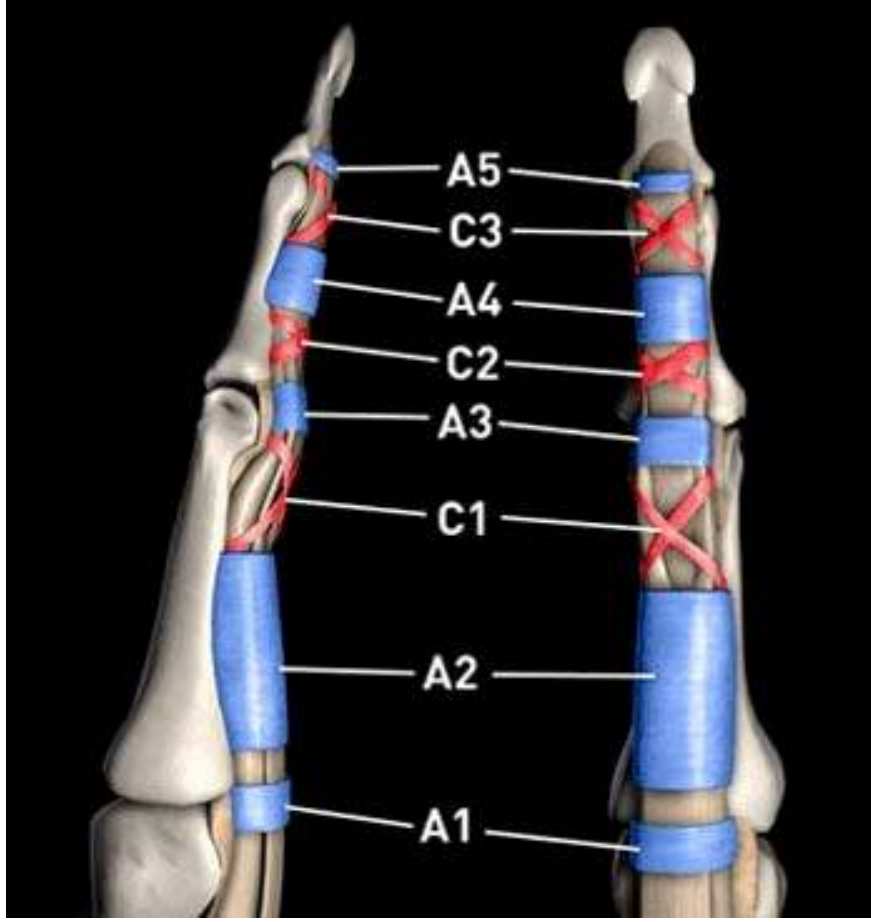
1. A (halkasal, “annular”) makaralar: Tendonun kemiğe sıkıca yapışmasını sağlar, böylece mekanik yararlılığını artırır.
2. C (çapraz, “cruciform”) makaralar: A makaralarında herhangi bir deformiteye sebep olmadan parmakların fleksiyonuna izin verirler.

A makaraları beş, C makaraları üç adettir [72]. Bulundukları yer itibari ile volar plaktan ve kemiğin kendisinden köken alırlar [73]. A1, A3 ve A5 makaraları

sırasıyla metakarpofalangeal (MP), proksimal interfalangeal (PİP) ve distal interfalangeal (DİP) eklemlerin volar plaklarından köken almaktadırlar. A2 ve A4 makaralar ise sırasıyla proksimal ve orta falanksın ortasından köken almaktadırlar. C1 ve C2 makaraları PİP eklemin proksimalinde ve distalinde sırasıyla A2 ve A3 ile A3 ve A4 arasında; C3 makarası ise DİP eklemin proksimalinde A4 ve A5 makaraları arasında yer almaktadır. A2 ve A4 makaralar işlev olarak en önemlileridir. Makaralar, parmak işlevlerinin devamı için yaralanmış ya da açılmış ise mutlaka onarılmaları gerekmektedir [69, 70] (Şekil 9).

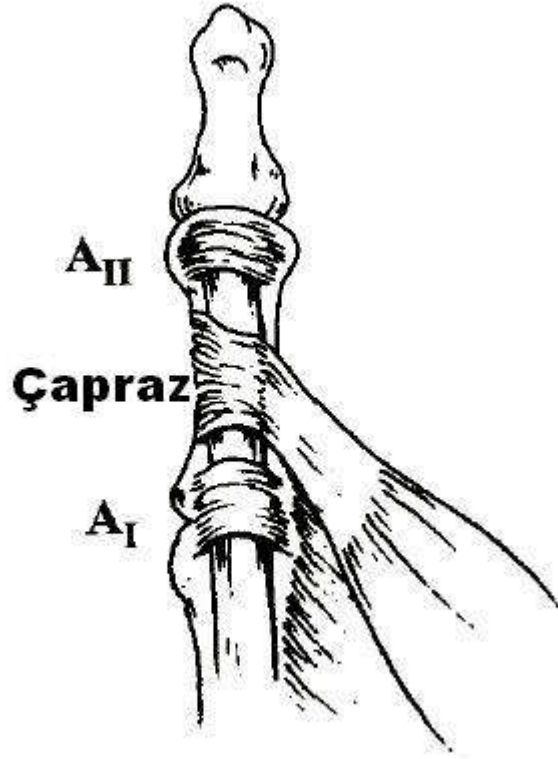
Bunlar dışında palmar aponevrozunda fleksör tendonlara ait bir makara olduğu kabul görmeye başlamıştır [74, 75].

Bir kadavra çalışmasında A2 makarasının kaybı durumunda güçte azalma olmadığı ancak etkisinin azaldığı ancak A4 makarasının kaybında ise hem güçte hem de etkide azalma olduğunu gösterilmiştir [76]. A1 ve A5 makaralarının yalnız başına kaybı el fonksiyonlarında herhangi bir kayba neden olmamaktadır [76, 77].



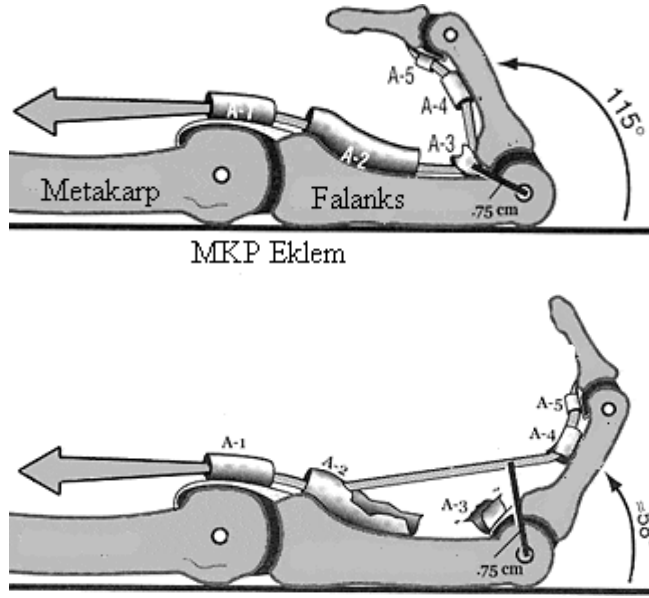
Şekil 9: Fleksör tendonların makara sistemi

Başparmak makaraları diğer parmakların makara sisteminden farklıdır. Başparmakta FPL'ye ait üç adet makara vardır. Proksimalde proksimal falanks tabanında volar plak'a ulaşan İP eklem seviyesinde ilk halkasal makara vardır. Distal halkasal makara İP eklem hizasında yine volar plak üzerindedir, iki anüler makara arasında tek bir çapraz makara vardır. Başparmakta en önemli makaralar A1 ve çapraz makaralardır [69, 70] (Şekil 10).



Şekil 10: Başparmaktaki pulley sistemi

Makaralar yerleri de göz önünde bulundurulduğunda fleksör tendonlarla sıkı ilişki içinde oldukları görülür. Tendonların her parmakta, parmak eksenini boyunca düzgün olarak uzamasını sağlamak en önemli görevleridir. Eğer makaralar arasında geniş boşluklar olursa fleksiyon-ekstansiyon hareketleri esnasında yapacakları yaylanma hareketleri nedeni ile hareketlerin tam yapılmamasına neden olabilmektedirler. Sonuçta, güçsüzlük gelişebilmektedir. Tendon onarımlarında eğer makaralarda hasar varsa mutlaka onarılmalıdır. Makara sistemindeki defektler, gerekli durumlarda fasya ya da tendon greftleri ile onarılmalıdır [78] (Şekil 11).



Şekil 11: Makara sistemi hasarının şematik görünümü.

2.5. Tendonların Beslenmesi ve İnervasyonu

Vücuttaki diğer destek dokular ile karşılaştırıldığında tendonların kanlanması çok zayıftır. Tavşan kaslarında kan akımı yaklaşık olarak 0.27 ml/g/dk iken tendonda 0.10 ml/g/dk olarak tespit edilmiştir. Yine de tendonda kan akımı az olmasına karşın tendonun beslenmesi normal fonksiyonları ve iyileşmesi açısından çok önemlidir. Tendon onarım yöntemi geliştirirken tekniğin tendon kan dolaşımını ve beslenmesini olumsuz yönde etkilememesine özen gösterilmelidir [57]. Tendonlar tamamen inaktif yapılar olmayıp kan damarlarına gereksinim duyarlar. Tendonların uzun yıllar boyunca kan dolaşımı olmadığına inanılmıştır. 1872’de Ludwig ve Schweiger tendon iç damarlarının varlığından bahsetmişlerdir. 1946’da Edwards bunlara yeni bilgiler eklemiştir. Brockis

1953'te 50 insan parmağında arterlere belli basınçla gümüş iyodür vererek diseksiyon yapmış ve tendonların damar ağını tespit etmiştir [27]. Tendonların damarlanması birçok yazara göre pozisyon ve yerlerine göre farklılıklar gösterir.

Tendonlar iki kaynaktan beslenirler:

1. Vasküler beslenme
2. Sinovyal beslenme

2.5.1. Vasküler Beslenme

1. Kasta tendona uzanan ya da kas ile tendon birleşme noktasında damarın kasa ve tendona damar vermesi ile
2. Paratenon aracılığı ile
3. Kılıfı olan tendonlarda mezotenon ile
4. Vinkula Sistemi ile
5. Tendonun kemiğe yapıştığı bölgeden

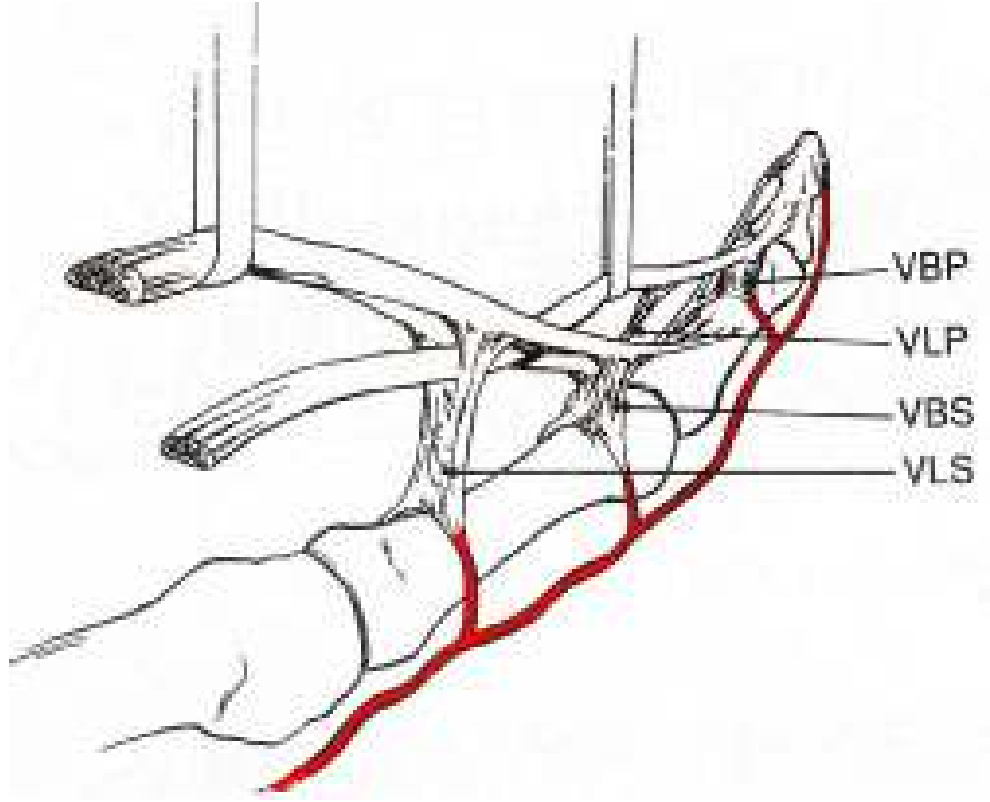
Bu damarlar epitenon içinde bir ağ oluşturur. Bu damar ağından çıkan damarlar kollajen lifleri çevresine uzanır. Tendon ile kemik arasındaki yapışma bölgesinde kırıldak benzeri bir yapı olduğundan direk olarak bir damar geçişinden söz etmek doğru değildir. Bunun yerine periosteal damarlarla bir anastomoz oluştururlar. Nichols ve arkadaşları yaptıkları çalışmada bunun tam aksini savunarak, damarların periosteal damarlarla ilişkisi olmadığını göstermişlerdir. Brockis ve Braitwaith ise araştırmalarında greft ameliyatı sonrası ampute edilmiş parmaklara kolloidal gümüş iyodür enjeksiyonu ile damar ağını,

bu damar ağının en çok greftin kemiğe yapıştığı noktadan çıktığını ve damarların tendona paralel seyrettiğini göstermişlerdir [57].

Fleksör tendonlar gerçek bir sinovyal kılıf içinde yer almaktadırlar. Bu kılıf eklemlerin sinovyal dokusu ile benzer özellikler göstermekte ve yapı olarak peritoneuma benzemektedir. Daha önce de bahsedildiği gibi bu kılıfın paryetal ve viseral olmak üzere iki katmanı bulunmaktadır. Bu iki katman arasında mezotenon bulunmaktadır. Paratenondan difüzyonla madde alışverişi olmakla birlikte mezotenon aracılığı ile tendon damar, lenf ve sinir kaynağını almaktadır. Tendonun paratenon ile damarlanması, damarlar paratenonun çeşitli yerlerinden geçerler ve tendonun fibrilleri ile aynı kıvrımları oluştururlar. Bu nedenle gerilmeden etkilenmezler. Paratenondan giren damarlar çoğu kez bir arter ve iki venden oluşmaktadır. Ayakbileği tendonlarında mezotenon devamlılık göstermekte iken parmak fleksör tendonlarının mezotenonu birkaç noktada vinkula adı verilen üçgensel yapılar oluşturmaktadır. Vinkula sistemi tendonun dorsalinde yer alır. İçlerinde bir arter, iki ven ve dört lenfatik damar vardır [79].

Vinkulalar derin ve yüzeysel fleksör tendonların orta ve proksimal falanks bölgesinde tendonun dorsalindeki özelleşmiş fibröz yapılardır. Vinkula sistemi orta falanks ile birlikte FDS'yi ve distal falanks ile birlikte FDP'yi beslemektedir. Vinkulum Longus Superfisyalis (VLS) proksimal falanksın proksimal metafizi seviyesinde dijital arterin bir yan dalı olarak çıkmaktadır. Vinkulum Brevis Superfisyalis (VBS) ise PİP eklemin volar plağı seviyesinde bir yan dal olarak çıkmaktadır. Vinkulum Longus Profundus (VLP), VBS ile aynı yerden köken almaktadır. Vinkulum Brevis Profundus (VBP) ise orta falanksın distal metafizi

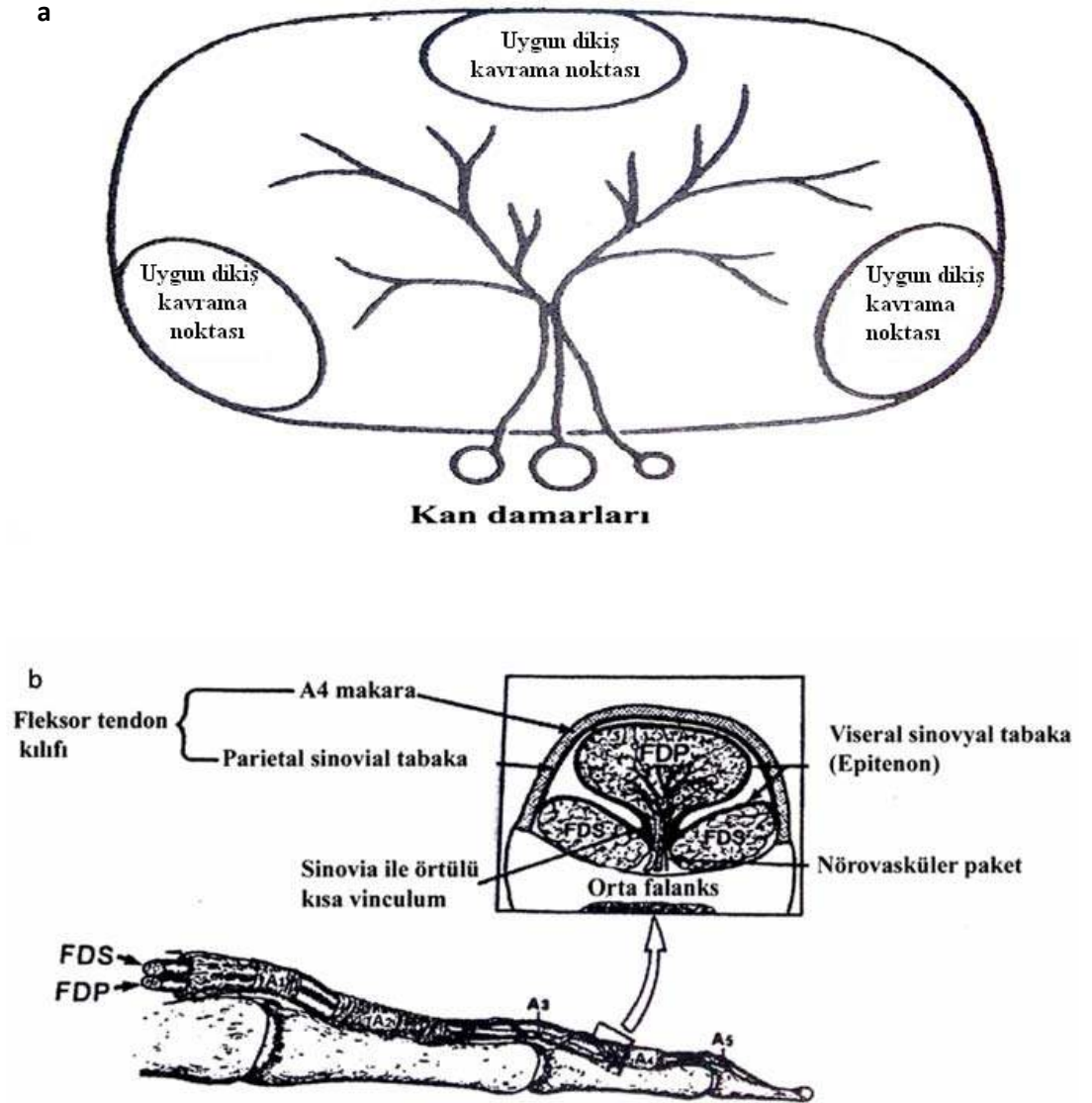
seviyesinde çıkmaktadır. Peacock'a göre damar ağları tendonun ancak 1/3 distal ve 1/3 proksimal kısımlarını beslemektedir. FDS tendonunun avasküler bölgesi VLS ve VBS arasında kalmaktadır. FDP'nin avasküler bölgesi ise VLP ve VBP arasında kalır. Bu avasküler bölgede beslenme özellikle difüzyon ile olmaktadır. Bunun yanında tendonların makaralar altından geçen bölgelerinde damarlanması görece azalmaktadır [80] (Şekil 12).



Şekil 12: Tendon beslenmesinde vinkula sistemi.

Tendon damarlanmasına enine kesitlerde bakıldığında tendona giriş noktasının dorsal yüzde ve orta 1/3 kısımda yoğunlaştığı görülür. Uygulanacak tendon onarım tekniğinin bu dolaşımı bozmayacak şekilde tendonu tutması önerilmektedir. Bundan dolayı yeni tendon dikiş tekniği geliştirilirken özellikle

dikiş kavrama noktası olarak tendonun volar yüzü ile dorsal yüzünün ¼ medial ve lateral kenarları önerilmektedir [81] (Şekil 13).



Şekil 13: a: Tendon dikişinde uygun kavrama noktaları. b: A4 pulley seviyesinde vinkula sisteminin tendona girişini gösteren kesitsel görüntü.

2.5.2. Sinovyal Beslenme

Alternatif olarak tendonlar beslenmelerini sinovyal sıvıdan da sağlamaktadırlar. Parmak fleksör tendonları beslenmelerinin % 90'ını sinovyal sıvıdan sağlarlar. Sinovyal sıvı beslenmeye yardımcı yanı sıra tendonların kayganlığını da sağlamakta ve aynı zamanda tendon iyileşmesinde görev yapmaktadır. Ancak iyileşme sonrası yapışıklık oluşmasına da neden olabilmektedir [53].

Sinovyal sıvıdan difüzyon; fleksör tendonlar için etkili bir beslenme sağlamaktadır. Tendonu besleyici ortam özellikle fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri sırasında oluşan katlantılar aracılığı ile olmaktadır. Sinovyal sıvı tendonun volar bölgesinden salgılanmakta ve son yıllardaki çalışmalarda tendonun en önemli besin kaynağı olduğu savunulmaktadır [53].

2.5.3. İnervasyon

Tendonların çok zengin bir sinir ağı mevcuttur. Tendonlar bağlı oldukları kasların sinirleri ile uyarılmaları dışında lokal kutanöz ve diğer sinirlerce de uyarılmaktadır. Golgi tendon organı, Pacini parçacığı, Ruffini organı ve serbest sinir uçları bulunmaktadır. Golgi tendon organı, Pacini parçacığı, Ruffini organı myotendinöz bileşkede yer alırken serbest sinir uçları kemik-tendon kesişme noktasında bulunmaktadır [79].

Golgi tendon organı tendonlarda bulunduğu zaman özellikle basınç ve sıkışma ile olan deformasyonlarla uyarılırlar. Golgi organları üzerilerindeki basınç

kalktığı zamanda uzunca zaman uyarı vermeye devam eder. Pacini cisimciği kapsüllü bir sinir sonlanmasıdır. Bu cisim ise, özellikle kasılmanın başlama ve sonlanması sırasında uyarılmaktadır. Özellikle aktif ve hızlı uyarılara cevap vermektedir. Uzun süreli ve stabil uyarılardan etkilenmemektedirler. Ruffini cisimleri ise tek sinirden çıkan kapsüllü birçok sinir ucudur. Yavaş uyarılırlar. Uyarı hareket ile başlar, hareket bitmesi ve stabil pozisyona geçilmesi sonrası uzun zaman devam eder. Serbest sinir sonlanmaları ise özellikle ağrı duyusunda önemlidir. Bu sinir sonlanmalarının hepsi proprioepsiyonda önemli rolleri olması dışında vazoregülasyona da katılırlar [57, 79].

2.6. Tendonların Görevleri ve Biyomekaniği

Tendonların en önemli görevi kas tarafından sağlanan gücün kemiğe iletilmesidir. Aynı zamanda tendonlar birden çok kasta oluşturulan kuvveti tek kemiğe (aşıl tendonu) ya da tek kasta oluşturulan kuvveti birden çok kemiğe iletebilirler (ekstansör dijitorum komunis). Kas ile kuvvetin oluşacağı nokta arasında mesafe olmasını sağlarlar ve bu mesafe içerisinde kuvvetin dar kanallardan geçmesini sağlarlar (makara sistemi). Viskoelastik özellikleri nedeni ile aniden oluşan güçlerin kasa zarar vermesini engellerler. Aynı zamanda eklemler çevresinde statik ya da dinamik stabilizatörler olarak davranırlar. Tendonlar bu görevlerini sağlayabilmek için belli özelliklere sahip olmalıdırlar [57]:

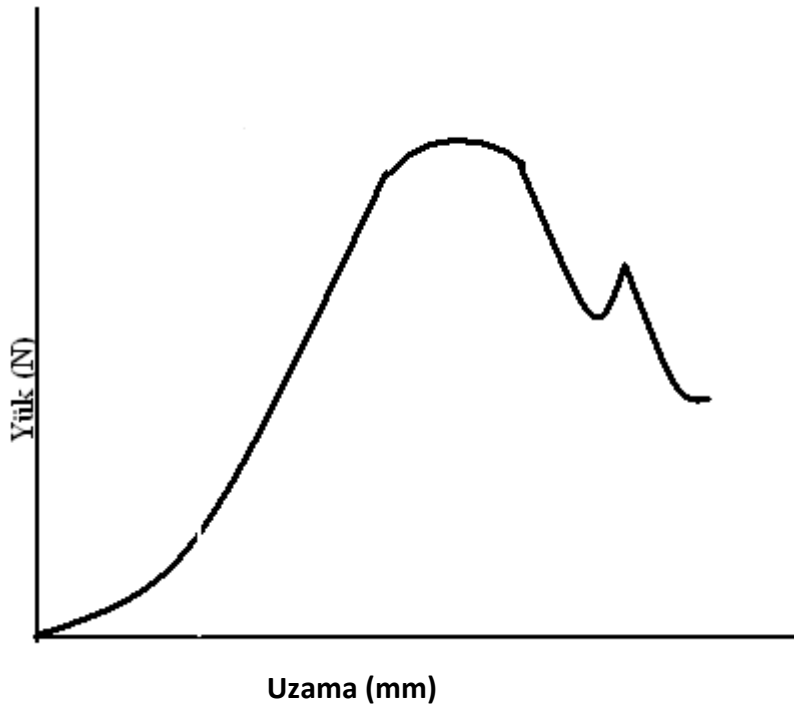
1. Kasılma kuvvetine dayanacak kadar güçlü olmalıdırlar.
2. Boyu uygulanan kuvvet nedeni ile değişmemelidir.

3. Uzunluğu boyunca rahatça kayma hareketi yapabilmelidir.
4. Kas gücünün nakli esnasında güç kaybı olmaması için sürtünme en az olmalıdır.

Tendonların biyomekaniğı maddesel ve yapısal özelliklerine, içeriğı olan su, kollajen ve hücre dışı maddelerin dağılımına bağıdır. Maddesel özelliğı tendonun kendisini, yapısal özelliğı ise özellikle kas-tendon-kemik kompleksini belirtir. Tendonlar çizgisel olmayan, değışik yönlerde değışik özellikler gösteren biyomekanik özelliklere sahiptir [82]. Düşük yüklenme esnasında esnek ve yumuşak davranırken artan gerim kuvvetleri olması durumunda gittikçe sertleşirler. Bu noktadan sonra ise esneme kollajen lifleri arasında ayrılma ile olmaktadır ve bu da tendon kopmasına sebep olmaktadır. Tendonun kopmasına kadar geçen süre içinde tendon, uygulanan kuvveti emerek hareketi sağlamaktadır. Tendonun, gittikçe sertleşmesi, uygulanan yükle çizgisel olmayan, kollajen lifleri arasındaki ve diğere hücre dışı elemanları ile olan ilişkisinden, bunların yanında kollajenin kıvrımlı yapısından kaynaklanmaktadır. Çizgisel olan ilişki süresince uzama önce kollajen lifinin içinde, kollajen lifleri arasında sonrasında ise, kollajen liflerinin ayrılması ve doku defekti olarak izlenir. Yük uzama eğrisi sayesinde tendonun karşı koyabileceğı maksimum kuvvet ve tendonun kopana kadar emdiği maksimum enerji hesap edilebilmektedir [57] (Şekil 14).

Tendona herhangi bir yük uygulandığında gerilmesi her noktada eşit olmamaktadır. Gerilmenin nerede ne kadar olacağı yükün nasıl uygulandığı ve ne kadar uygulandığına bağıdır. Bu yüzden dokuda oluşabilecek defektler tendonun

herhangi bir yerinde ve herhangi bir genişlikte olabilmektedir. Özellikle oblik uygulanan dış yüklenmeler tendonda kopmalara neden olmaktadır. Tendonun yapısal olarak sahip olduğu özellikler nedeni ile kasın kendi içinde olan kopmalar ya da tendon kemik avülsiyonları daha sık gözlenmektedir [83].

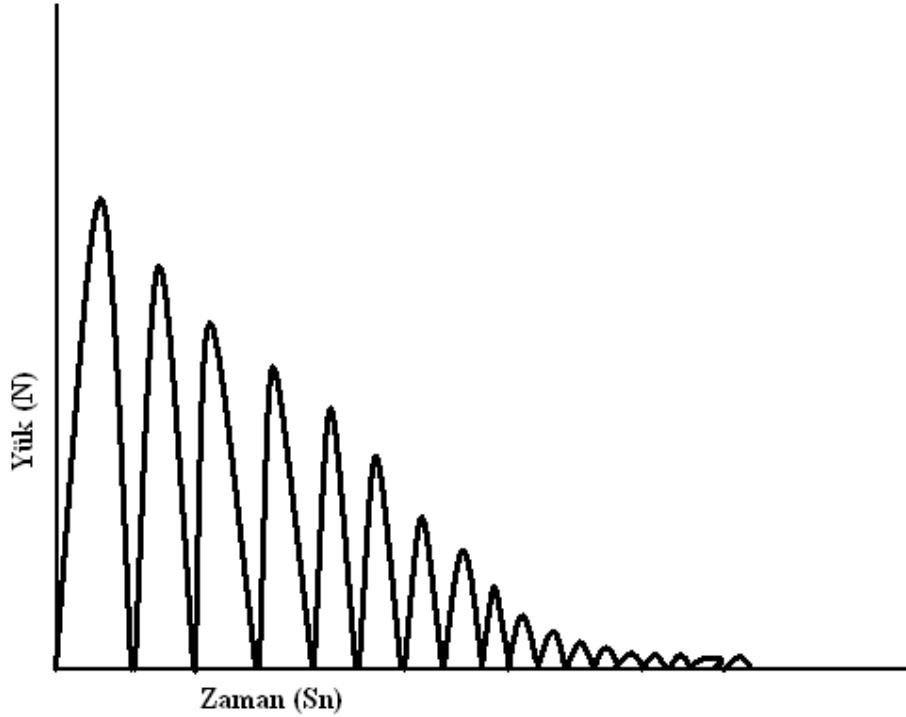


Şekil 14: Tendonda yük uzama eğrisi

Tendonun maddesel özellikleri gerginlik-uzama eğrisi ile incelenmektedir. Bu özellikler tendonun kesit alanı ile uzunluğuna bağlıdır. Gerginlik birim alandaki kuvvet olarak açıklanabilir. Uzama ise tendonun uzama miktarı ile normal boyu arasındaki oranıdır. Gerginlik-uzama eğrisi yük-uzama eğrisine benzemektedir. Kesit alana göre oranlanarak çizilmektedir [57].

Tendonların viskoelastik özelliği zamana ve koşullara bağlıdır. Tendonun elastik özellikleri yüklenme şekli, yönü, sıcaklık ve sıvı miktarı gibi

çevresel koşullara bağımlılık göstermektedir. Bu özellik, yük-gevşeme grafiği ile incelenmektedir. Tendona sabit bir yük verildiğinde zamanla taşınan yük miktarında çizgisel olmayan bir azalma görülmektedir. Tendona sabit ama tekrarlayan yük verildiğinde ise tendon uzunluğunda azalma ve artışlar gözlenmektedir. Uygulamanın süresi arttıkça tendonun stabil noktaya ulaştığı görülmektedir. Düşük yük miktarı uygulandığında ise zamanla tendon uzunluğunda hafif bir artış tespit edilmektedir. Tekrarlayan düşük yük uygulandığında ise tendon boyu stabil artış ve azalmalar göstermektedir[57] (Şekil 15,16,17).



Şekil 15: Tendona tekrarlayan artan yük verildiğinde oluşan yük grafiği.



Şekil 16: Tendona sabit bir yük verildiğinde oluşan uzama grafiği.



Şekil 17: Tendona tekrarlayan sabit yük verildiğinde oluşan uzama grafiği.

Tendonun, gerilim oranına duyarlılığı vardır. Yüksek gerilim kuvvetleri uygulandığında, kemiğe oranla daha yüksek enerji emilimi olmaktadır. Tendona aynı kuvvetin yavaş ya da aniden uygulanması durumunda, tendon ani uygulamada daha fazla enerji emebilmektedir. Bu özellik kemik-tendon bileşkesinde bulunmadığı için bu bölgede avülsiyonlar daha sık gözlenmektedir [83].

Tendonun bağlantı noktasına olan uzaklığı etki ettiği gücü etkilemektedir. Tendonun uzunluğu moment kolu olarak düşünülecek olursa, tendonun uzunluğu arttıkça hareketi sağlayacak gerim kuvveti azalmaktadır. Birden çok eklemi geçen tendonlarda moment kolu her eklem için değişiklik göstermektedir. FDP için moment kolu el bileği için 1,25 cm, MKP eklem için 1,0 cm, PİP ve DİP eklemlerde ise sırası ile 0,75 ve 0,5 cm'dir [84].

2.7. Tendon İyileşmesi

Tendonlarda çoğu bağ dokularında olduğu gibi küçük uyarlamalarla birlikte skar oluşumu ile sonuçlanan bir süreç ile iyileşir. Biyolojik ve biyomekanik olarak eski tendona birebir olmasa da fonksiyonel olarak benzer özelliklerde iyileşme sağlanmaktadır. Tendon iyileşmesi Paratenon kaplı tendonlar ve sinovyal tendonlar olmak üzere özelliklerine göre incelenebilir.

2.7.1. Paratenon Kaplı Tendonlarda İyileşme:

Genel iyileşme süreci üç ayrı ancak birbiri içine geçen fazdan oluşmaktadır:

1. İnflamatuvar faz: İlk 24-48 saatte tendon hasarını takiben oluşan boşluk hematoma ile dolar ve bu boşlukta inflamatuvar hücreler, bu hücrelerin ürünleri, kan hücreleri, fibrin ve debris oluşumu vardır. Oluşan kan pıhtısı resorbe olur, zarar görmüş dokunun yıkımı ve yeniden yapılandırılması başlar. Bu sırada paratenon oluşan dokuya uzamaya başlar ve bölgeye fibroblast göçü ve kapiller çıkıntılar oluşmaya başlar. Bu oluşan yeni dokunun yapısal bütünlüğü ve uğrayacağı gerim kuvveti sınırlıdır. Bu dönemde onarımın gücü direkt olarak onarım tekniğinin biyomekanik özellikleri ile ilişkilidir.
2. Proliferasyon fazı: Bu faz skar dokusunun oluşum fazıdır. Yaralanmadan 3-4 gün sonra başlayıp 3-6 haftaya kadar sürmektedir. Hipertrofik fibroblast hücreleri yırtık kenarlar etrafında köprüleşmeyi sağlayacak yoğun, hücresel, kollajen bağ doku içeriği üretirler. Kollajen sentezi yaralanmadan üç gün sonrasında gözlenmeye başlar. Oluşan bu yapı histolojik olarak normal tendon yapısından farklıdır. İkinci haftanın sonunda tendon devamlılık gösteren fibröz bir köprü şeklinde görülmektedir. Yine de histolojik olarak tendonun eksenine paralel düzensiz kollajen lifi yapımı ve depolanması devam etmektedir. Kollajen yapım ve depolanması sürdükçe tendondaki boşluk köprüleşen kollajen

lifleri ve fibroblastlarla dolmaktadır. Çevre dokulardan oluşan proliferasyon dokusu azalmakta ve epitenon, tendon kallusu oluşturmaya başlamaktadır. Kullanılan dikiş tekniğinin bu dönem içinde harekete izin vermesi gerekmektedir. Çünkü bu dönemde yapılacak hareket kollajen lifinin dizilimini etkilemektedir.

3. Yeniden yapılandırma fazı: Üçüncü ve dördüncü haftalarda onarım bölgesinde oluşan gerim kuvvetleri ile birlikte fibroblastlar ve kollajen lifleri tendonun uzun aksı boyunca düzenli bir şekilde yerleşmeye başlar. Bu yeniden yapılandırma süreci zaman içinde skar dokusunun azaltılması, hücre dışı maddenin yoğunlaşması ve mekanik özelliklerin artırılması şeklinde devam eder. Yaklaşık 20. haftada oluşan bu yeni tendon histolojik olarak normal tendondan ayırt edilememekle birlikte tendonun kollajen içeriği ve yapısı gibi biyokimyasal özellikleri ile birlikte kollajen liflerin dizilimi, çapı, ultra yapısında ve biyomekanik özelliklerinde farklılıklar olmaya devam etmektedir. Çoğu tendon özellikleri normale dönse ve aylar hatta yıllar geçse de tendonun ultrayapısındaki bazı özellikleri hiçbir zaman normale dönmemektedir [57].

2.7.2. Sinovyal Tendonlarda İyileşme

Tendonun kılıfı olması durumunda tendon iyileşmesi süreci etkilenmektedir. Paratenonu olan tendonlarda olduğu gibi hasarın ilk olduğu anda devamlılığı sağlamak üzere skar oluşumu gözlenmektedir. Abartılmış bir

cevap olması nedeni ile tendon onarımı sonrası yapışıklık oluşmakta, tendonun kayması engellenmekte ve el tendonlarının normal fonksiyonları kısıtlanmaktadır.

Paratenon kaplı tendonlarda olduğu gibi fleksör tendonlar da üç fazı da geçirmektedir. İnflamatuar fazda çevre dokulardan nekrotik dokuları fagositoz etmek üzere yoğun inflamatuvar hücre göçü olmaktadır. Proliferatif fazda ise fibroblastların çevrede yoğunlaşması ve kollajen sentezi olması dikkati çekmektedir. Yeniden yapılandırma fazında sentezlenen kollajenin düzenlenmesi ve uygun pozisyona yerleştirilmesi sağlanmaktadır.

Kılıfı olan tendonlarda iyileşmenin kaynağı tartışma konusudur. İntrinsik ve ekstrinsik olmak üzere iki ayrı yol tartışılmaktadır. Ekstrinsik yolda, inflamatuvar hücrelerin ve fibroblastların göçü tendon kılıfından kaynaklanmaktadır. İlk oluşan skar dokusunun kılıftan kaynaklanan granülasyon dokusu olduğu düşünülmektedir. İntrinsik yolda ise bütün oluşumların tendon hücrelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Aslında bu iki iyileşme süreci de aynı zamanda devam etmektedir. Ekstrinsik yol önce başlamakta ilerleyen evrelerde ise intrinsik yol başlamaktadır. Ekstrinsik yolun baskın olması durumunda tendonun kollajen içeriği ve hücre dışı materyal oranı azalmakta buna karşın oluşacak yapışıklık oranı artmaktadır. Bu nedenle ekstrinsik yolu baskılayacak yöntemler, tendonun normal mikromimarisine dönmesini ve normal fonksiyon görmesini sağlamaktadır [57].

2.8. Tendon Onarım Teknikleri

Başarılı bir tendon onarımı, onarımın stabilitesi ile mobilizasyon arasındaki dengeye bağlıdır. Aktif ekstansiyon ve pasif fleksiyon sırasında tendona 2-9 N arası kuvvet binmektedir. Aktif fleksiyonda 2-19 N arasında bir kuvvet oluşmaktadır [85]. Ameliyat sonrası tendonda oluşan kuvvet yaklaşık olarak % 50 oranında artmaktadır [79]. Normal bir tendonun kayma direnci yaklaşık olarak 0,27 N'dur [86]. Dikiş ile birlikte tendonun genişlemesi, dikiş kalınlığı, dikişlerdeki düğüm sayısı, hasar sonrası oluşan ödem kayma direncini arttırmaktadır. Bu nedenle tendon hasarı sonrası ilk beş gün hareketin önerilmediği yayınlar da bulunmaktadır [87].

Başarılı bir tendon onarımı için dikişin stabilitesi optimum düzeyde olmalıdır. İmmobilizasyon gibi stabiliteyi arttıran faktörler skar ve yapışıklık oluşumuna neden olmaktadır. Erken hareket ise, boşluk oluşumu ve yeniden kopmalara neden olabilmektedir. İdeal bir tendon onarımı; kolay uygulanabilir, şişkinlik yaratmayan, düşük sürtünmeli, tendon beslenmesini bozmayacak, tendon-tendon iyileşmesini sağlarken tendonun çevreye yapışmasını önleyecek, kopmayacak ve pasif hareketin yapılmasına izin verecek kadar kuvvetli olması gerekmektedir.

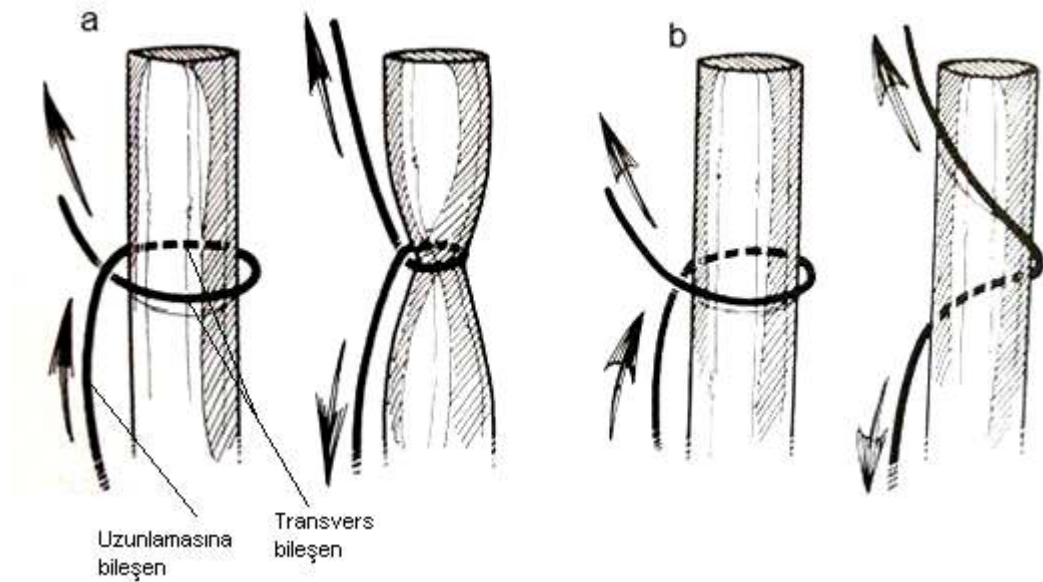
Birçok çalışmada çekirdek ve çevre dikişlerinin dizilimi, yeri ile kullanılacak dikişin çapı ve ana maddesi tartışılmıştır. Bu çalışmalarda dikiş ne kadar kuvvetli olursa, ameliyat sonrası dönemde koruma ihtiyacının o kadar azalacağı savunulmuştur. Böylece yapışıklık oluşmasının engelleneceği ve oluşan yeni tendonun daha güçlü olacağı savunulmuştur.

Çekirdek ile çevre dikiş kombinasyonu arada boşluk oluşmasını engelleyen en güçlü dikiş formasyonu olmaktadır [88, 89]. Tendon dikişinin sağlamlığı, onarım bölgesini geçen dikişlerin ölçüsü ve sayısı ile doğru orantılıdır [90-92]. Emilmeyen dikişler çekirdek dikişi için optimal olarak kabul edilmektedir. Dikişin dorsalde olması tendonun sağlamlığını arttırsa da damarlara zarar verebileceği için beslenmeyi bozacaktır. Onarım bölgesinde gerilim olması tendonda kollajen depolanmasını arttıracak, matriks düzenlenmesini sağlayacak ve onarımın gücünü arttıracaktır.

Tendon onarım tekniklerinin karşılaştırılmaya başlanması ile dikişin yeri hakkında tartışmalar da başlamıştır. FDP tendonunun vinkular sisteminin zarar görmemesi için dikişin volara atılması gerektiği savunulmuş [93, 94], takip eden çalışmalarda tendonun iyileşme sürecince en önemli besin kaynağının difüzyon olduğu gösterilmiş ve dorsal yerleşim tekrar gündeme gelmiştir. Dorsal yerleşimli dikişlerin biyomekanik avantajı özellikle parmağın fleksiyonu sırasında ortaya çıkmaktadır. Ek olarak dorsal dikişler tendon kılıfı ve makara sistemi arasındaki sürtünmeyi de azaltmaktadır [95-97].

Tendon onarım tekniğinin kavrayıcı ya da kilitleyici tarzda olması da sağlamlığı etkilemektedir (Şekil 18). Teorik olarak kilitleyici dikişler tendon liflerini daha iyi kavramakta, gerim ve sıkışma kuvvetlerine daha iyi cevap vermektedir [98]. Yapılan çalışmalarda kilitleyici dikişlerin özellikle volare koyulmasının avantajlı olduğunu gösterilmiştir. Mashadi ve Amis kilitleyici dikişlerin çökmeye neden olduğunu ve tendon uçları arasında boşluk oluşumunu arttırdıklarını [99], birden fazla geçiş ile birlikte kilitleyici dikiş kullanılmasının

eşit olmayan yük dağılımına neden olacağını ve erken dönemde boşluk oluşumuna sebep olabileceğini göstermişlerdir. Buna karşın iki geçişli modellerde kilitleyici dikişlerin kavrayıcı dikişlere oranla daha iyi güç dağılımı sağladığı gösterilmiştir [100-102]. Kilitleyici dikişlerle yapılan geçiş sayısının arttırılmasının gerim kuvvetine ya da boşluk oluşumuna engel olmadığı gösterilmiş ancak kavrayıcı dikiş kullanılması durumunda iki geçişin yetmediği savunulmuştur. Kilitleyici dikişin kavradığı tendon miktarının % 10'dan % 50'ye çıkarılmasının ise gerim kuvvetini arttırdığı gösterilmiştir [103]. Bir başka çalışmada birden çok kavrayıcı dikiş geçişinin kilitleyici dikişe oranla daha fazla gerim kuvveti sağladığı gösterilmiştir [104]. Kavrayıcı dikişlerin ancak 3-0 ya da daha kalın dikişlerde işe yaradığı görülmüştür. 4-0 dikişin tendonu yakalamada yetersiz kaldığı bildirilmektedir [92, 100].

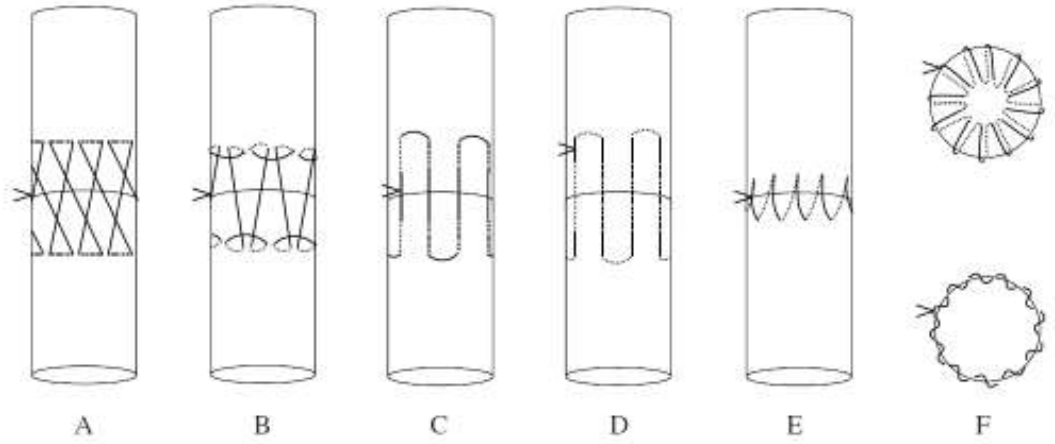


Şekil 18: a: Kilitleyici dikişler. b: Kavrayıcı dikişler[100]

Dikilen tendonun yarıçapının da onarım tekniğine etkisi bulunmaktadır. Onarılacak tendonun kesit alanı arttıkça kullanılan çekirdek ve çevre dikişlerinin gerim kuvveti oranının yükseldiği gözlenmiştir. Aynı zamanda çevre dikişlerinin derinleşmesinin onarımın gücünü arttırdığı gösterilmiştir [103, 105].

Diao ve arkadaşları çalışmalarında çevre dikişinin üstlendiği yükü arttırabilmek için dikişlerin daha derin atılması gerektiğini ve böylece çekirdek dikişteki yük oranının azalacağını bildirmişlerdir [103, 105]. Yük dağılımı kuralına göre, eğer gerim kuvveti çevre dikişinin taşıyabileceği oranı geçerse dikişte ayrılma gerçekleşir ve bütün güç çekirdek dikişe kayar [88, 105, 106]. Bu noktadan sonra yük, çekirdek dikişin taşıyamayacağı kadar artarsa çekirdek dikişte de kopma olur. Gerim kuvveti çekirdek dikişin tutma gücünden fazla ancak dikişin materyal kuvvetinden az olursa dikiş tendondan sıyrılacaktır.

Çevre dikişlerinin boşluk oluşumu ile ilişkisi de birçok çalışmada araştırılmıştır. Çoğu çalışmada çevre dikişlerinin birbirine üstünlüğü olmadığı görüşü sunulmakta ancak çevre dikişinin daha derine atılması durumunda gücünün daha fazla olacağı belirtilmektedir [107] (Şekil 19). Bu nedenle çevre dikişinin önce atılmasının daha derin dikiş atmaya olanak sağlayacağı için öncelikle tercih edilmesi önerilmektedir. Tek geçişli çevresel dikiş en sık kullanılan yöntem olmakla birlikte birçok çevre dikişi yöntemi bulunmaktadır [105].



Şekil 19: Çevre dikiş teknikleri. A: Çapraz Dikiş. B. Lin. C. Halsted. D. Horizontal intrafiber. E. Basit devamlı. F. Basit devamlı dikişin yüzeyel ve derin kesitsel görünümü [108].

Tendon uçları arasında boşluk oluşması da tendon iyileşmesini olumsuz etkileyen faktörlerdendir. İlk dikişin kavrama gücünün ve materyal gücünün az olması boşluk oluşumuna sebep olmaktadır. Aynı zamanda boşluk oluşması tendon iyileşmesi sürecinde yapışıklık oluşumunu da arttırmaktadır [48]. Gelberman ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, 3 mm'den fazla boşluğun, tendonun gerim kuvvetini azalttığını göstermişlerdir [109]. Seradge ve arkadaşları ise, 2 mm'den fazla boşluk oluşmasının yapışıklık oluşmasını arttırdığını göstermişlerdir [110].

Tendonun gerim kuvvetini arttırmanın bir başka yolunun da onarım bölgesinden geçiş sayısını arttırmak olduğu görüşü de mevcuttur. Bunun için çift iplikli dikişler kullanılabilmektedir. Altı ya da sekiz geçişli dikişlerin iki ya da dört geçişli dikişlere daha üstün olduğu gösterilmiştir. Aynı zamanda dikişin

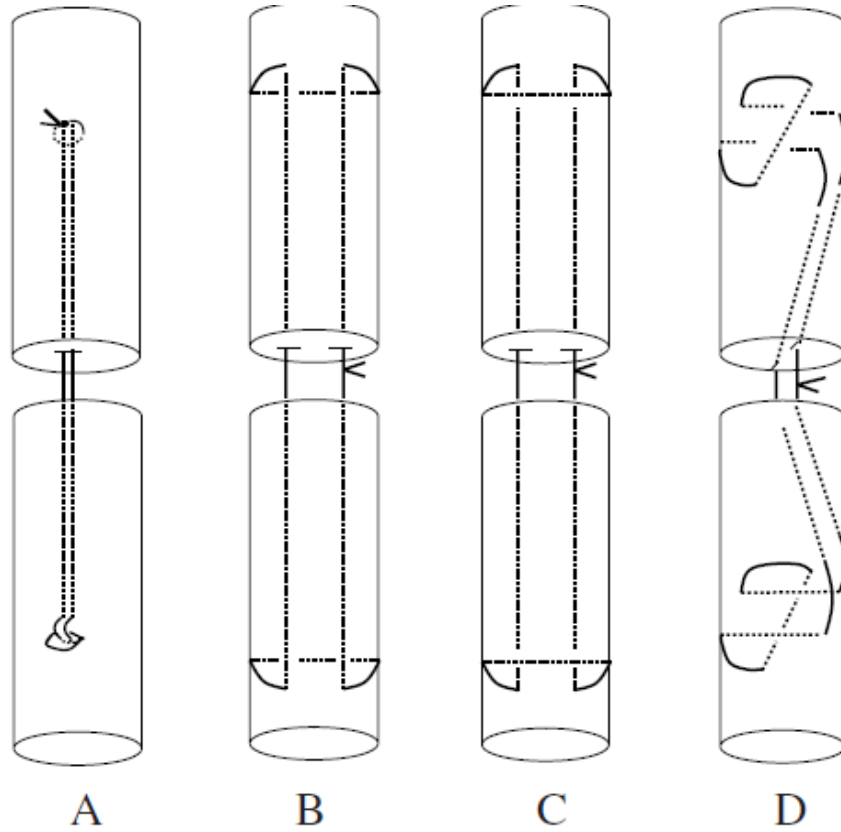
gerim kuvvetini arttırmanın her zaman boşluk oluşumunu engellemediği de gösterilmiştir. Bunun yanında daha kompleks dikişlerin atılması tendonun daha çok zorlanmasını gerektireceğinden yapışıklık oranını da arttırmaktadır. Bunun dışında yoğun bir dikiş olması sürtünmeyi arttırarak olumsuz sonuçlara neden olmaktadır [104, 111].

Tendonda düğümlerin yeri de önem taşımaktadır. Teorik olarak düğümün onarım bölgesinin dışında olması tendonun kaymasını azaltmakta ve yapışıklığa neden olmakta, içinde olması ise tendon iyileşmesini bozmaktadır. Aoki ve arkadaşları in vitro çalışmalarında, tendon düğüm sayısının mümkün olduğunca az olması ve bu düğümlerinde mümkün olduğunca onarım bölgesi dışında kalması gerektiğini savunmuşlardır [112]. Pruitt ve arkadaşları ise köpek tendonunda yaptıkları in vivo çalışmada, dışarıda kalan düğümlerin gerim kuvvetinin daha fazla olduğunu, ancak altıncı haftadan itibaren düğümü içeride kalan onarımın gerim kuvvetinin ciddi bir şekilde arttığını ve düğümün içeride kalmasının gerim kuvvetini azaltmadığını, aksine tendon iyileşmesini uyardığını göstermişlerdir [113].

Ketchum ve arkadaşları yaptıkları çalışmada çeşitli suture materyallerini test etmişler ve örgü polyester ve polypropylene'in yeterli gerim kuvvetini sağladığını göstermişlerdir [114]. Suture boyutunun da gerim kuvvetini etkilediği ve kayma oranını azaltabildiği gösterilmiştir. Aoki suture çapının arttırılmasının sürtünmeyi arttıracaklarını savunurken, Hatanaka ve Manske 2-0 ve 3-0 suturelerin daha yüksek gerim kuvveti sağladığını savunmuştur [101, 112]. Özellikle aktif harekete başlanacak hastalarda 3-0 dikişlerin kullanılması önerilmiştir çünkü daha

ince dikişlerin rehabilitasyonun gerim kuvvetine dayanamayacağı savunulmuştur [100].

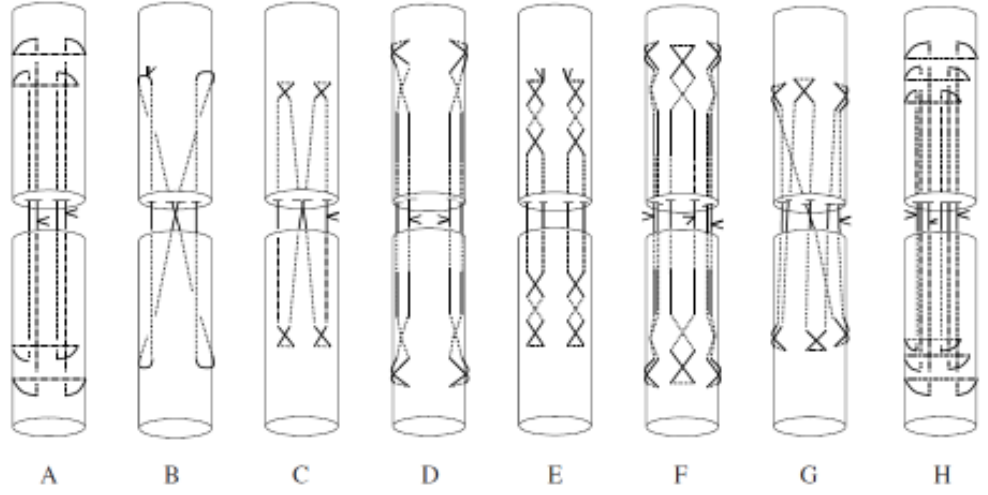
Modifiye Kessler dikişinin gerim kuvveti pasif harekete izin vermekte ancak aktif hareketi karşılayamamaktadır. Kessler dikişinin Pennington modifikasyonu Hatanaka ve Manske tarafından bulunmuş ve gerim kuvvetini arttırdığı gösterilmiştir [100, 103, 115] (Şekil 20).



Şekil 20: İki geçişli tendon dikiş teknikleri. A. Tsuge. B. Modifiye yakalayıcı Kessler. C. Modifiye kilitleyici Kessler. D. Modifiye Pennington [108].

İlk birden çok geçişli tendon onarım tekniği Savage tarafından gösterilmiştir. Savage bu teknikle artmış gerim kuvveti ve boşluk oluşma oranında

azalma göstermiştir. Daha sonra birçok dikiş tekniği gösterilmiştir. Modifiye Kessler, Savage, Tsuge dikişlerinin dört ya da altı geçişli olması durumunda gerim kuvvetlerinin arttığı gösterilmiştir. Aslında tüm dikiş teknikleri Tsuge dikişinin değişik uyarlamalarıdır [90, 91, 116] (Şekil 21).



Şekil 21: Çok geçişli çekirdek dikiş teknikleri. A. Modifiye Kessler. B. Kilitli Çapraz. C. Çapraz dikişli kilitli çapraz. D. 4 geçişli Savage. E. Destekli Becker. F. 6 geçişli Savage. G. Modifiye Savage. H. Üçlü Modifiye Kessler [108].

Atılan dikişin hasar noktasına olan uzaklığı da boşluk oluşumunu etkilemektedir. Dikişlerin başlangıç noktasının 0,4 ile 1 cm arasında değişmesi gerekmektedir. Daha kısa mesafede yeterli destek sağlanamamaktadır. Mesafenin uzun olması durum ise onarım noktasına herhangi ek bir destek sağlamamaktadır [117].

2.9. Cerrahi Yaklaşım

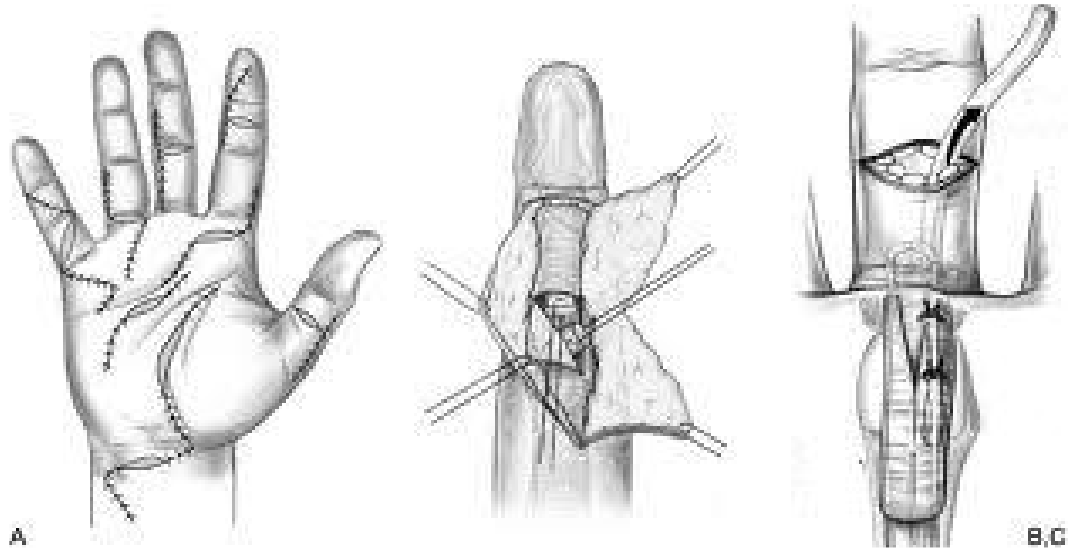
Tendon yaralanmaları genel olarak ciltte parçalanmalar ve kesilmeler nedeni ile oluştuğu için cerrahi kesi yaranın doğasını bozmadan ve parmağtaki fleksiyon çizgilerini dik açılarla geçmemeye özen gösterilerek yapılmalıdır. Aksi durumda yara skarları fleksiyon kontraktürlerine neden olur. Oblik Bruner kesileri özellikle Bölge I ve II’de fleksör kılıfın daha iyi görülmesini sağlamaktadır [108]. Avuç içinde de fleksiyon kıvrımlarını dik açılar ile geçmemeye özen gösterilmelidir. Aynı zamanda, ayrılan fleplerin de çok dar olması nekroza neden olmaktadır (Şekil 22a).

Bölge III yaralanmalarında benzer bir yaklaşım kullanılabilir. Bölge IV’te ise karpal tünel açılması ile kesik tendon uçlarına rahatlıkla ulaşılabilir. Bölge V’te tendon kas-tendon bileşimine yakın olacağı için fazla retraksiyon beklenmez.

Yaralanmanın fleksiyonda veya ekstansiyonda olması da cerrahi kesinin boyutlarını etkilemektedir. Fleksiyon yaralanmaları daha geniş cerrahi kesiler gerektirmektedir [66]. Cilt kesisi sonrasında tendonun distal ucu bulunmalıdır. Genel olarak parmak fleksiyonu ile bu sağlanabilir. Başarılı olunmazsa cerrahi kesi genişletilmelidir. Distal uç bulunduktan sonra, proksimal uç bulunmalıdır. Genel olarak bunun için el bileği fleksiyonu yeterli olmaktadır. Başarılı olunmadığı durumlarda hemostaz pensi, mosquito, klemp benzeri bir aletle fleksör kılıfın altından tendon yakalanmaya çalışılabilir. Bu da olmazsa daha kolay ve hızlı bir yöntem denenebilir. A1 makarası üzerinden transvers bir

kesi yapılır ve tendon bulunur. Tendon dışsöz bir penset ile yaraya doğru itilir ve tendon uçları bulunur. Tendona hasar vermemek için bir adet ince tüp yardımı ile tendon proksimali bağlanır ve tendon çekilir [118]. Tendonlar bir iğne ucu ile tutturularak onarıma başlanır (Şekil 22b).

Tendona ulaşmak için fleksör kılıfın yara dışında başka bölgeden kesilmesi gerekli olabilmektedir. Bu durumda tendon kılıfı L- şekilli olarak kesilmelidir. Böylece kılıfın daha kolay onarımı sağlanabilmektedir [119] (Şekil 22c).



Şekil 22: a. Bruner kesisi. b. Fleksör kılıfın kesisi c. Tendonun yara proksimaline açılan insizyonla fleksör tünelde ilerletilmesi [118].

2.10. Rehabilitasyon

Tarihi süreç içinde fleksör tendon onarımı sonrası rehabilitasyon konusu ilk kez Dr. Bunnell ile başlamış ve ameliyat sonrası immobilizasyon, takiben erken dönemde pasif ve aktif hareket başlanması önerilmiştir [120]. Günümüzde ise her üç yöntemin de rehabilitasyon sürecinde önemli olduğuna karar verilmiştir. Kanıta dayalı tıp ve tendon anatomisi göz önünde bulundurulduğunda optimum parmak fonksiyonları için rehabilitasyonun cerrah ile birlikte yapılması gerektiği konusu vurgulanmaktadır.

Cerrahi sonrası süreçte tamamen immobilizasyon uygulaması halen en konservatif yöntem olarak yerini korumaktadır. Özellikle kompleks rehabilitasyon sürecine uyumundan kuşku edilen çocuk ya da erişkinler, eşlik eden kırık, damar, sinir yaralanması ve doku iyileşmesinin zor olacağı romatoid artrit gibi ek patolojileri olan hastalarda immobilizasyon hala önerilmektedir.

2.10.1. Immobilizasyon Programı

Collins ve Schwarze erken pasif hareket protokolü geliştirmişlerdir. Bu programda 3-4 haftalık süreç içinde el bileği ve metakarpofalangeal eklemin fleksiyonda, interfalangeal eklemlerin ise tam ekstansiyonda olduğu dorsal atel uygulaması ile başlanır. Takiben, dorsal hareketi kısıtlayıcı bir splinte geçilir, yaklaşık 10 derecelik pasif hareket ve kayma egzersizlerine başlanır. Bu aşamada total aktif ve pasif hareket arasındaki farka dikkat etmek gerekmektedir. 50 derece üstünde fark olması yapışıklık oluşumunun habercisi olarak düşünülür ve artan dirençli egzersizler önerilmektedir. 4-5 haftada yapışıklıkların devam etmesi

durumunda sıkıştırma hareketleri önerilir. 4-6. Haftadan itibaren splinte gündüz ara verilir. Splint sadece gece ve açık havada kullanılmaya başlanır. 6-8. haftadan itibaren ciddi dirençli egzersizlere başlanır ve duruma göre geceleri tam ekstansiyon sağlayan bir splintle devam edilmektedir [121].

Yeni dikiş teknikleri ile birlikte erken kontrollü hareket uygulamaları başlamaktadır. Böylece gerim kuvvetlerinde artış, azalmış yapışıklıklar, tendon iyileşmesinde hızlanma sağlanmaktadır. Bu protokoller özellikle Bölge II yaralanmalarda önerilse de basit uyarlamalarla diğer bölgelerde de kullanılabilir. Kontrollü hareket için iki ayrı program bulunmaktadır:

2.10.2. Kleinert Programı

1960'lı yıllarda Kleinert ve arkadaşlarının geliştirdiği bu programda el bileği 30 derece fleksiyonda metakarpofalangeal eklemden 0-40 derece fleksiyonda dorsal koruma splinti ve yaralı parmakları tırnak yatağı ile fleksiyonda tutan elastik bantlar kullanılmaktadır. Elastik bantlar sayesinde pasif fleksiyon sağlanmaktadır. Splint ise parmakların hiperekstansiyonunu önlemektedir [122] (Şekil 23).



Şekil 23: Kleinert splinti

2.10.3. Duran Programı

1970’li yıllarda Duran ve arkadaşlarının geliştirdiği bu yöntemde yine dorsal splint bulunmakta ancak elastik bantlar bulunmamaktadır. Yaptıkları ölçümlerde 3-5 mm’lik bir kayma hareketinin yapışıklıkları engellediğini, pasif DIP ekstansiyonunun, PIP ve MKP eklemlerde fleksiyonun yeterli olduğunu görmüşlerdir [123].

2.10.4. Erken Aktif Hareket Programları

1980 sonları ve 1990 başlarında erken aktif hareketin ciddi kazanımları olduğu fark edilmiştir. Erken hareketlere ilk 24 saatte başlanabilir ancak bunun için güçlü dikiş teknikleri gerekmektedir [108, 124, 125]. El bileği ekstansiyonu

ile birlikte MKP fleksiyonunun onarım bölgesinde en az gerim kuvvetine neden olduğu görülmüştür. Indiana El Cerrahisi Merkezi geliştirdikleri yöntemde 30 derece el bileği ekstansiyonuna izin veren eklemli bir splint önermiştir [126]. Bu yöntemde bilinçli hasta, minimal ödem ve minimum yara yeri komplikasyonu gerekmektedir [127].

Evans tekniğine göre 30 derece el bileği ekstansiyonu, 45 derece MKP fleksiyonu olan bir splint ve gündüzleri elastik bantlarla fleksiyon geceleri ise full ekstansiyon önerilmektedir. İlk üç hafta aktif hareketler fizyoterapist eşliğinde yapılmakta, sonrasında hastaya bırakılmaktadır [79].

Silfverskiöld ise el bileği nötralde, MKP eklemden 50-70 derece fleksiyonda ve İP eklemler full ekstansiyonda splint önermektedir. Bütün parmakların elastik bant ile pasif fleksiyonu ve ilk dört hafta saat başı 10 kez aktif hareket önermektedir. 4. haftada splint çıkarılır, aktif fleksiyon ve ekstansiyona izin verilir. 6. haftada hafif dirençli egzersizler ve 8. haftada artan dirençli egzersizlere başlanmaktadır [128].

Groth'un "Artan Kuvvet Uygulama Piramidi" ise diğer bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu piramitte sekiz ayrı parça bulunmaktadır. Alt üç parçada el bileği sabit tutulmakta üst üç parçada ise el bileği serbest bırakılmaktadır. Program boyunca pasif ekstansiyon korunur, parmak fleksiyonda tutulur ve zorlanır, aktif el bileği hareketleri, el bileği ve elde çengel hareketi, her eklemin ayrı hareketi, dirençli el bileği hareketi, dirençli çengel hareketi, dirençli olarak her eklemin hareketi olarak sonlandırılır. Her basamakta aktif ve pasif

hareketleri arasında 5 derece düzelme beklenmektedir. Düzelme %10'dan fazla olduğunda bir basamak ilerlenir [129].

3. MATERYAL-METOD

Çalışma Gazi Üniversitesi Deney Hayvanları Araştırma Merkezi (GÜDAM) 'da gerçekleştirilmiştir. Çalışma için Gazi Üniversitesi Rektörlüğü Hayvan Deneyleri Etik Kurulundan G.Ü.ET-10.061 kod numarası ile onam alınmıştır.

3.1. Denek Seçimi

24 adet 6 aylık, ağırlıkları $4,500 \pm 500$ gr olan Yeni Zelanda türü dişi tavşan kullanılmıştır. Deneye başlamadan tavşanlar 1 hafta süre ile karantinada tutulmuştur. Tavşanlar ikişerli gruplar halinde 1 m²'lik kafeslerde barındırılmış ve deneklerin tümü günlük temizlikleri yapılarak standard laboratuvar yemi ve suyu kullanılarak beslenmişlerdir.

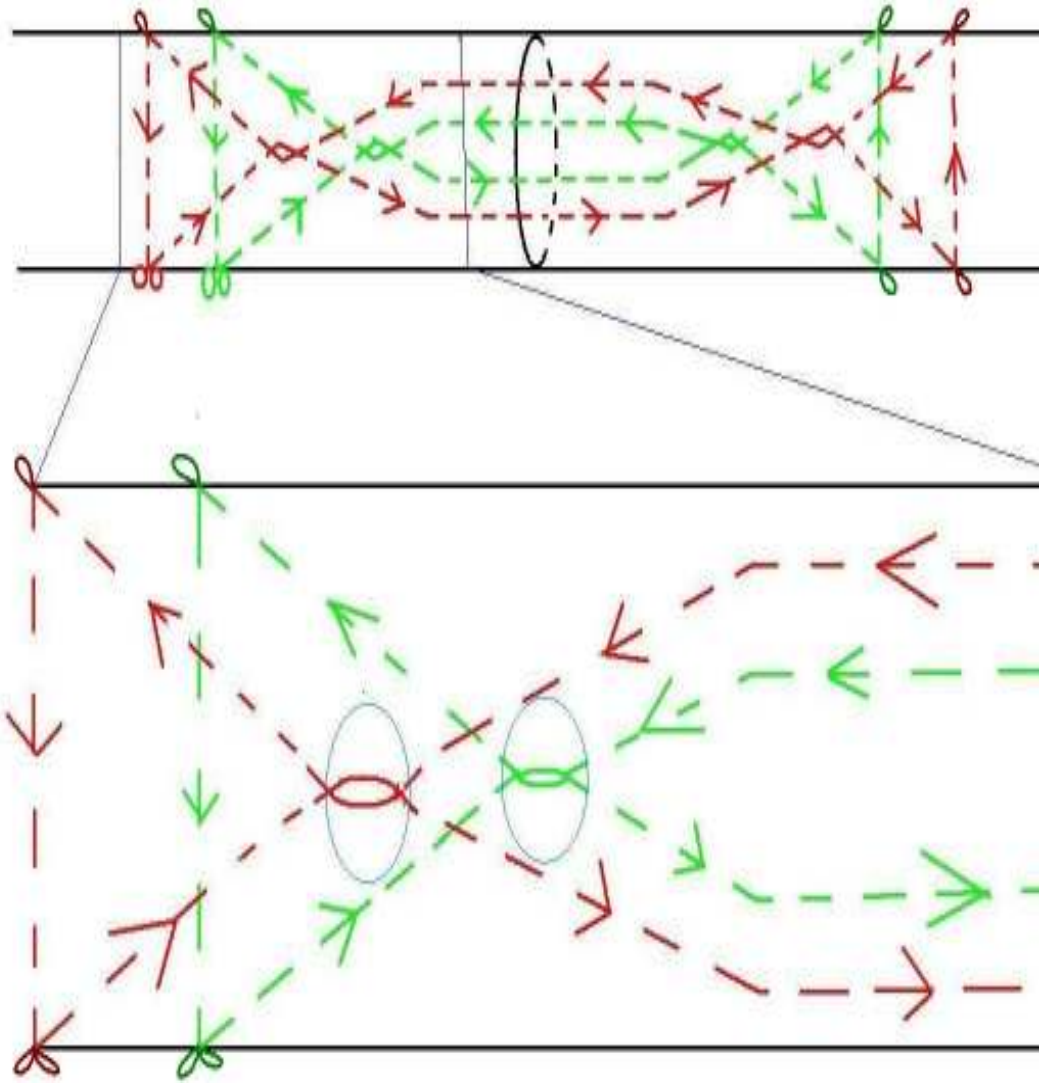
24 adet Yeni Zelanda türü tavşan 4 gruba bölünmüştür. Çalışma sırasında herhangi bir denek kaybı olmamıştır.

3.2. Cerrahi Teknik

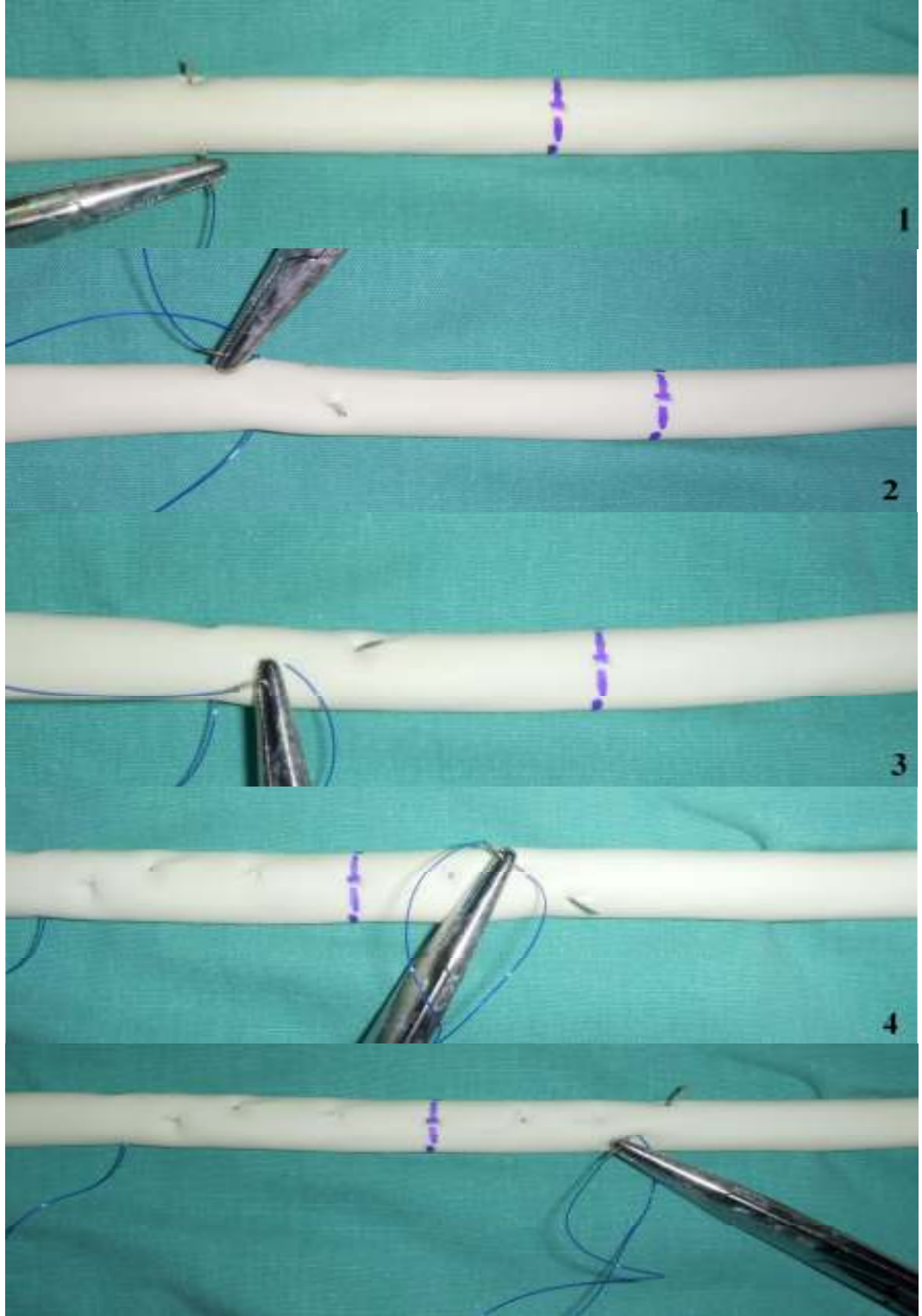
Literatür taraması ile daha önce geliştirilen tendon onarım teknikleri incelenmiş ve eksiklikleri tespit edilmiştir. Sonuç olarak iki adet yeni tendon onarım tekniği geliştirilmiştir. Bu tekniklerden “Öztürk File Dikişi”nde kavrama esası kullanılmıştır ve tendonun içinde birbiri üzerinden geçen sütürler ile tendonun beslenmesini bozmayacak bir teknik geliştirilmeye çalışılmıştır (Şekil 24a, 24b, 24c). Bu teknikte sütür materyalinin tendon içinde kendi üzerinde

 aprazlaşması ve böylece file şeklinde kavrama ilekilitlenme olmadan tendonun tutulması planlanmıştır.

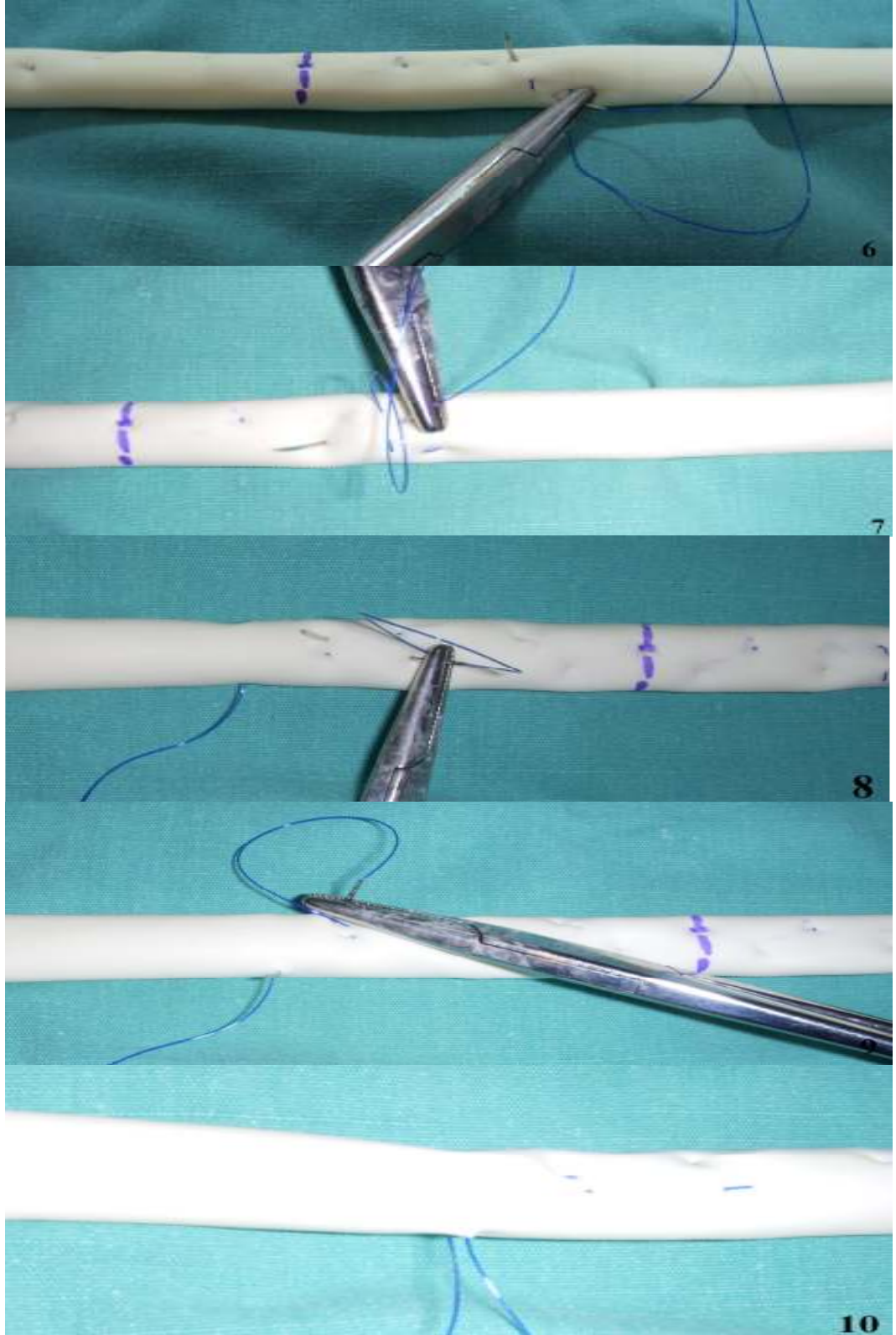
Tang  zg rol Modifikasyonu'nda ise tendonun çeşitli kenarlarına düğümler atılarak  evre dikişi ile sonlanan bir onarım tekniği geliştirilmiştir (şekil 25). Dikişte bir adet başlangıçta bir adet son noktada olmak üzere iki düğüm bulunmaktadır. Düğümün her köşesinde ikişer adet kilitleyici geçiş bulunmaktadır. İlk düğümler tendonun lateralinde, sonraki düğümlerde anterolateralde olması nedeni ile tendonun beslenmesini bozmayacağı ve tendonun değişik noktalarından kavrama yaptđđı için tendonda orantılı yük dağılımını sađladđđı düşünülmektedir (şekil 26).



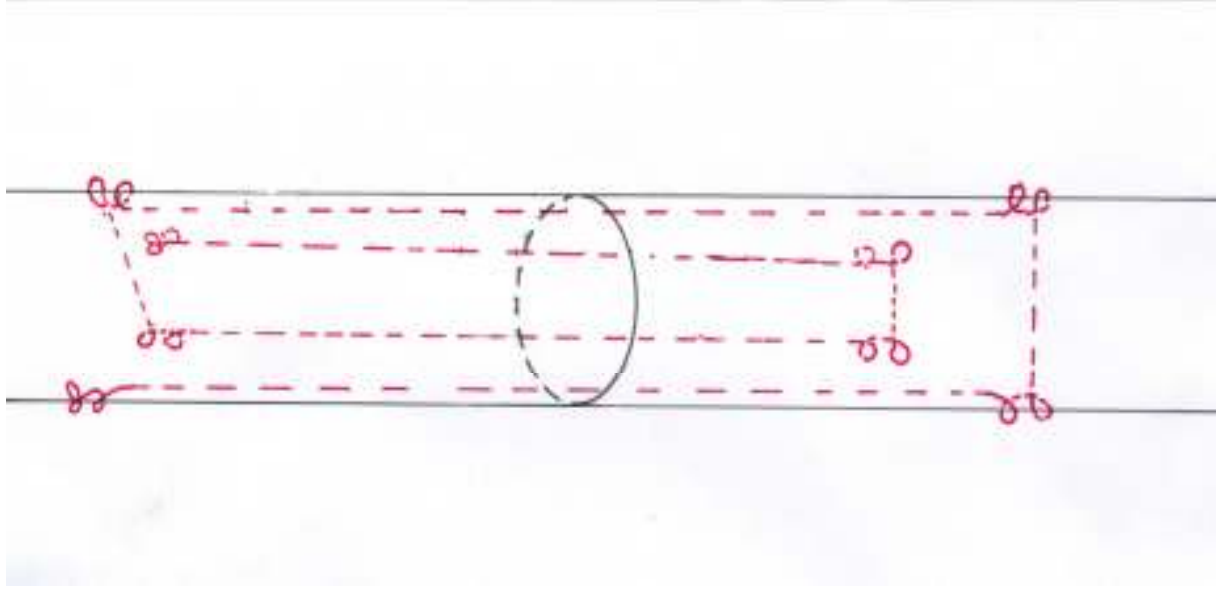
Şekil 24a: Yeni geliştirilen **Öztürk File Dikişi** tekniği. Yeşil ve kırmızı çizgiler sütür materyallerini oklar ise dikişin geçiş yönünü göstermektedir. Daire içinde kalan bölge ise farklı yönlerdeki sütür materyalinin birbiri üzerinde kayması prensibini temsil etmektedir.



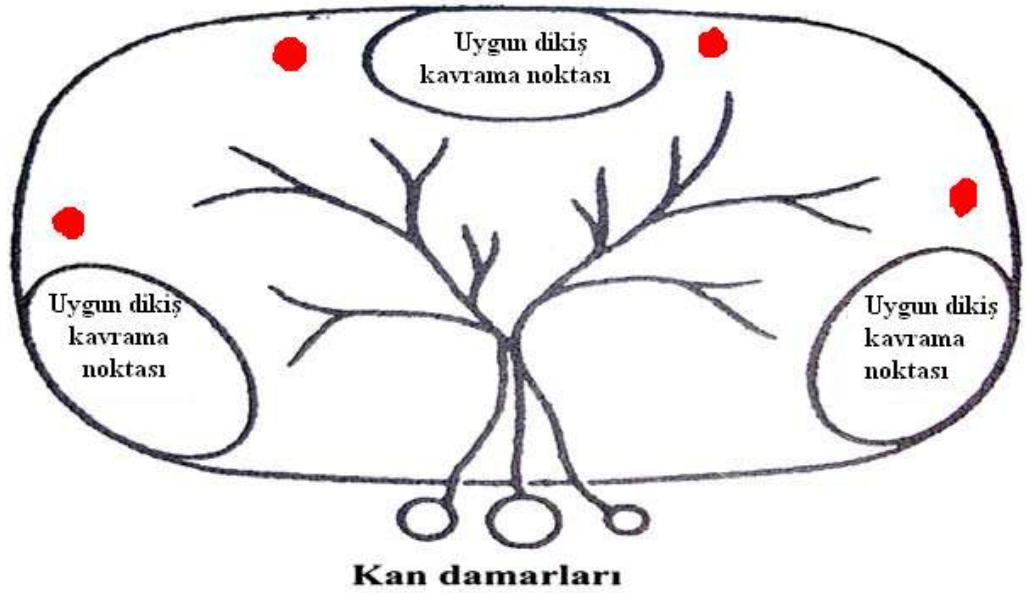
Şekil 24b: Öztürk File Dikişi'nin atılışı



Şekil 24c: Öztürk File Dikisi'nin atılışı (Devam).



Şekil 25: Yeni geliştirilen **Tang Özgürol Modifikasyonu** tekniği.



Şekil 26: Kırmızı noktalar yeni geliştirilen **Tang Özgürol Modifikasyonu** tekniğinde sütür materyalinin geçiş noktalarını göstermektedir.

GÜDAM laboratuvarlarında deneklere 50 mg/kg ketamin HCl + 5 mg/kg ksilazin HCl kombinasyonu ile intramusküler anestezi uygulandı. Uygulama sonrası denekler karanlık odada anestezinin tam olarak etkilemesi 15 dakika bekletilmiştir. Takiben deneklerin sağ ön ayakları traş edildi. Deneklerin ön ayakları cerrahi öncesi Klorheksidinli sabun ile yıkandı ve takiben povidon iyot çözeltisi tatbik edilerek dezenfeksiyon sağlandı(Şekil 27).



Şekil 27: Deneğin cerrahi öncesi hazırlanışı.

Uygun hazırlıkların tamamlanması sonrası tavşanın sağ ön ayağı arka tırnağı lateralinden 2. ve 3. parmaklar arasına uzanan tam kat cilt kesisi uygulandı (Şekil 28). Deneğin öncelikle 3. parmak FDS tendonu bulundu. Tendon iki adet enjektör ucu ile sabitlendi ve bir adet 15 numara bistüri ile kesildi (Şekil 29).



Şekil 28: Cilt insizyonu



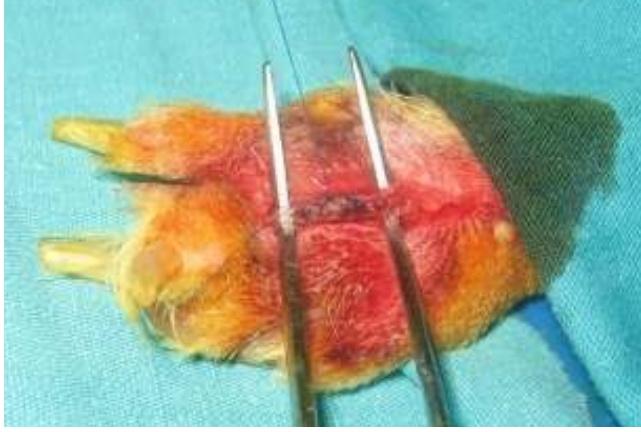
Şekil 29: Tendonun bulunması

Grup M: Tendon, basit devamlı çevre dikiş kullanılarak 6.0 poliprolen (Propilene ® Doğsan, Türkiye) dikiş ile yaklaştırıldı. Takiben 5.0 prolene (Propilene ® Doğsan, Türkiye) dikiş ile 4- geçişli Modifiye Kessler yöntemi ile primer olarak onarıldı.

Grup T: Tendon, basit devamlı çevre dikiş kullanılarak 6.0 poliprolen dikiş ile yaklaştırıldı. Takiben 5.0 prolene dikiş ile 4- geçişli Tang yöntemi ile primer olarak onarıldı.

Grup A: Tendon basit devamlı çevre dikiş kullanılarak 6.0 poliprolen dikiş ile yaklaştırıldı. Takiben 5.0 prolene dikiş ile 4- geçişli yeni geliştirilen Öztürk File Dikişi ile primer olarak onarıldı.

Grup B: Tendon 5.0 prolene kullanılarak basit devamlı çevre dikişi ile yaklaştırıldı. Dikiş düğümlenmeden devam edilerek daha önce şekli gösterilen şekilde Tang Özgürol Modifikasyonu tekniği kullanıldı (Şekil 30).



Şekil 30: Dikilen tendon.

Aynı cerrahi işlem 2. parmak FDS tendonuna da uygulanarak girişim sonlandırıldı. Cilt 5.0 ethicon ve devamlı dikiş tekniği ile dikildi. Cerrahi sonrası tekrar povidon iyot çözeltisi uygulanarak pansuman yapıldı ve deneğin ayılması beklendi. Cerrahi sonrası üç gün deneklerin yara yerine günde iki defa pansuman yapıldı ve deneklerin cerrahi uygulanan ayaklarına herhangi bir immobilizasyon tekniği uygulanmadı.

Her gruptan 3 denek 21. gün sonunda yüksek doz ketamin HCl verilerek feda edildi. 2. parmak FDS tendonları çevre yumuşak dokulardan sıyrılarak serum fizyolojik içinde saklanarak biyomekanik değerlendirme için ayrıldı. 3. parmak FDS tendonları çevre yumuşak dokudan ayrıldıktan sonra Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı'ndan çalışmaya katılan araştırmacı ile eksize edildi (Şekil 31). Kalan denekler yine her gruptan 3 denek olacak şekilde 6. haftada feda edilerek çalışma sonlandırıldı.



Şekil 31: Deneklerin sakrifikasyonu sonrası tendonun eksizyonu

3.3. Histolojik Değerlendirme

Alınan örnekler % 10' luk nötral formaline alınarak 72 saat süreyle tesbitleri sağlandı ve alışılan histolojik yöntemler kullanılarak parafin bloklar hazırlandı. Daha sonra hazırlanan bloklardan Leica SM 2000 marka mikrotomla (Leica SM 2000R, Wetzlar, Almanya) 4µm kalınlığında kesitler alınarak hematoksilin – eosin (HE) boyaması yapıldı. Örneklerin Masson Trikrom (MT) boyamaları için aniline mavisi içeren Bio-Optica kit kullanıldı.

Yukarıda belirtilen boyamaları yapılan örnekler bilgisayar donanımlı, kamera ekli foto-ışık mikroskopta (DM 4000B, Leica, Weetlar, Germany, DFC280 PLUS Camera, Leica, Weetlar, Almany) fotoğraflanarak değerlendirildi. Elde edilen kesitler fibroblast sayısı, kollajen oluşumu, vaskülogenez, kollajen dizilimi ve kollajen kalınlığı açısından değerlendirildi.

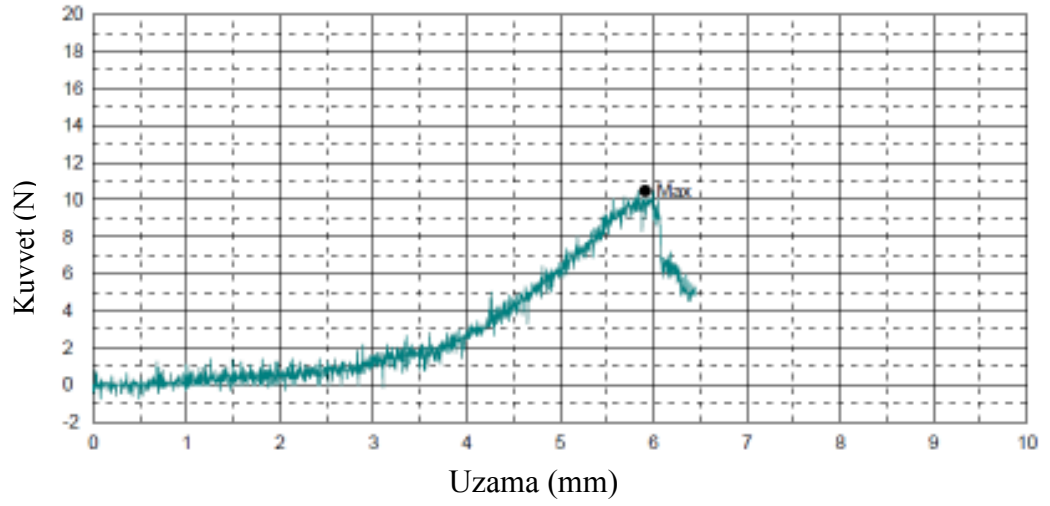
3.4. Biyomekanik Değerlendirme

Çalışmanın biyomekanik kısmı Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Laboratuvarında yapıldı. Çalışma için Shimadzu AG-I (AG-50kNG Shimadzu Autograph, Shimadzu Corp., Kyoto, Japonya) gerim makinesi kullanıldı (Şekil 32). Makine de total gerim kuvveti 500 N'luk yük hücresi kullanıldı. Çalışma sırasında makinenin mandalları arasına tendonun ezilmesini önlemek ve tendonun sıyrılmasının önüne geçmek üzere sargı bezi ile 8 kat geçildi. Tendonların tümü alt ve üst mandallar arasında 4 cm boşluk gelecek şekilde yerleştirildi. Mümkün olduğunca dikiş noktasının tam olarak mandal ortasında kalmasına özen gösterilmiştir. 1 N'luk ön yük ile tendon gerildi ve makinedeki boşluk alındı. Takiben 0,2 mm/sn olacak şekilde yük verilmeye başlanmıştır. Tendonun 2 mm boşluk olduğu andaki gerim kuvveti ve kopma anındaki gerim kuvveti ölçülmüştür. Elde edilen veriler grafikler şeklinde Trapezium 2.0 (Version 2.23 Shimadzu Corp) programına aktarılarak sonuçlar elde edildi (Şekil 33).

Elde edilen veriler ise SPSS v.17 programı kullanılarak Wilcoxon Sıralı Çiftler, Mann-Whitney U ve Kruskal Wallis Non-parametrik testleri kullanılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.



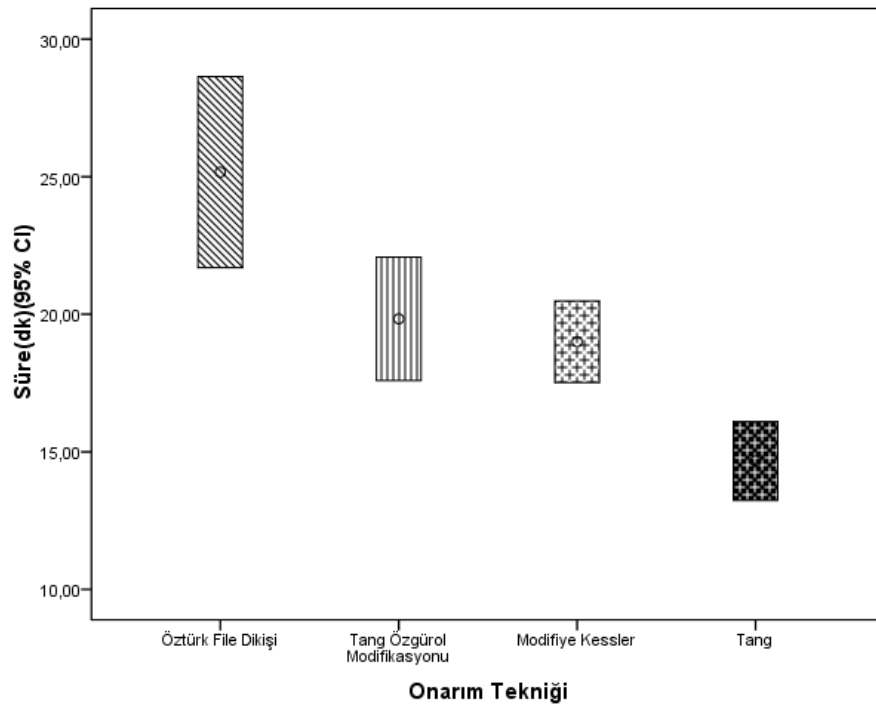
Şekil 32: Gerim cihazı



Şekil 33: Modifiye Kessler Grubu 6. hafta örnek gerim grafiği.

4. BULGULAR

Cerrahi süreleri karşılaştırıldığında A grubu için gereken cerrahi süre diğer üç gruba göre daha uzun olduğu gözlenmiştir. B Grubu ise süre açısından Modifiye Kessler grubundan daha kısa olmamakla beraber Tang grubundan daha uzundur ($p<0.01$) (Şekil 34).



Şekil 34: Cerrahi teknik ile süre karşılaştırılması.

4.1. Biyomekanik Sonuçlar

Yapılan biyomekanik değerlendirme sonucunda 3. haftada deneklerin tendonlarında 2 mm boşluk oluşumu için gerekli gerim kuvveti minimum 4,10 N, maksimum 14,80 N, ortalaması 9,30 N ve standard sapması 3,46 olarak izlenmiştir. Kopma için gereken maksimum gerim kuvveti minimum 6,50 N,

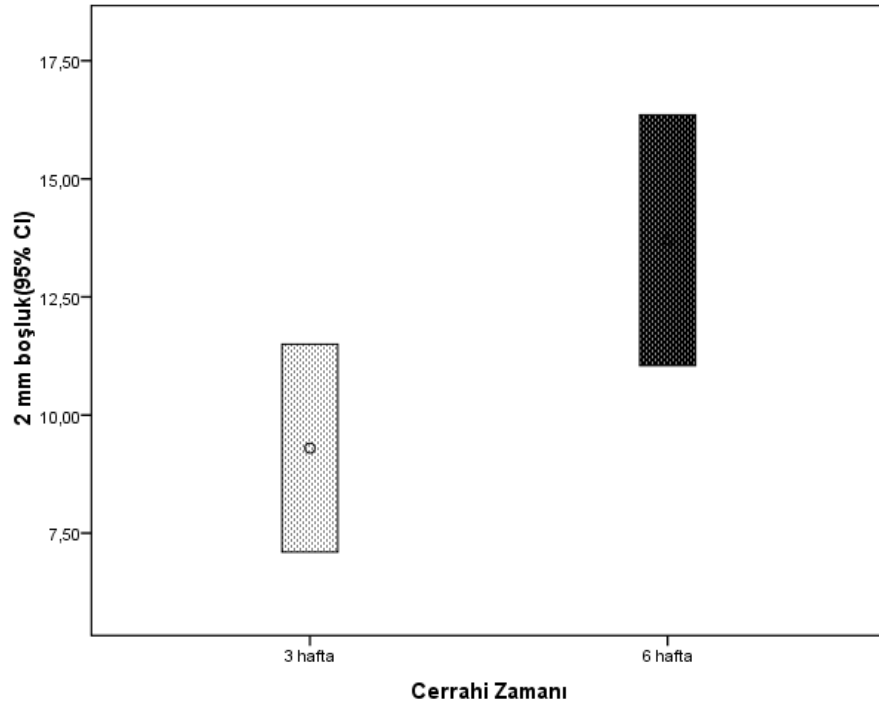
maksimum 19,10 N, ortalama 12,07 N ve Standard sapması 4,18 olarak izlenmiştir.

6. hafta da ise 2 mm boşluk oluşumu için gereken minimum gerim kuvveti 8,00 N, maksimum 20,10 N, ortalama 13,70 N ve standard sapması 4,17 olarak izlenmiştir. Kopma için gereken minimum gerim kuvveti 12,10 N, maksimum 26,50 N, ortalama 18,11 N ve Standard sapması 4,61 olarak izlenmiştir (Tablo 1).

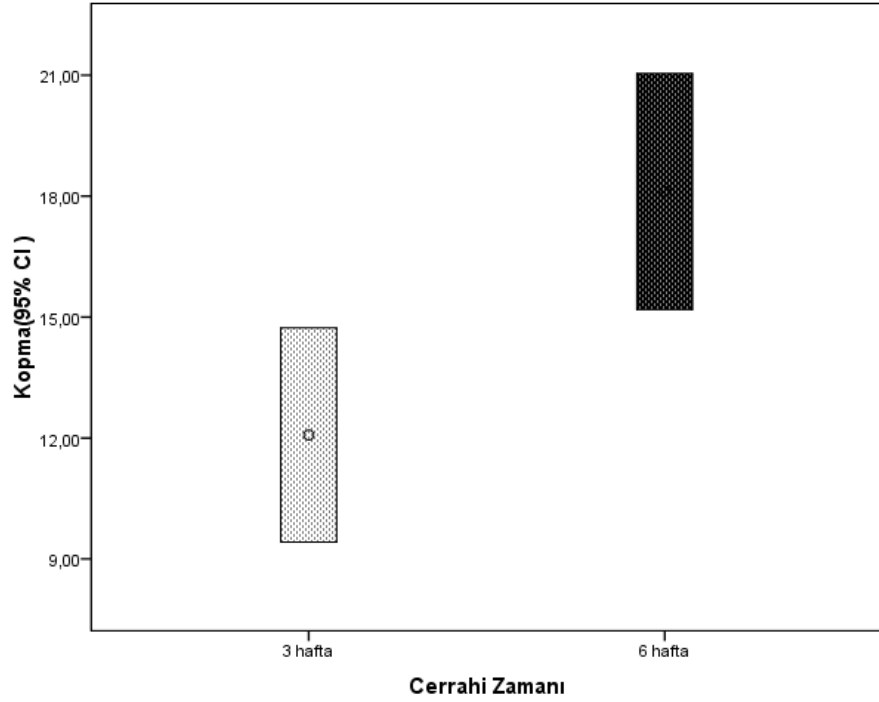
	Ortalama	Std sapma	Dağılım	p
2 mm boşluk oluşumu				0,00
3 hafta	9,30	4,18	4,10-14,80	
6 hafta	13,70	4,17	8,00-20,10	
Kopma				0,00
3 hafta	12,07	4,18	6,50-19,10	
6 hafta	18,11	4,61	12,10-25,50	

Tablo 1: 3. ve 6. haftalarda gerim kuvvetlerini karşılaştıran tablo.

Tendon onarımlarının gerim cihazın ile testi esnasında bütün örnekler dikişin kopması ile ayrılmıştır. Tendonların 2 mm boşluk olması ile dikişin kopması arasında anlamlı bir kuvvet artışı gerekmiştir ($p<0.01$). Aynı şekilde tendonların 3. hafta ve 6. hafta 2 mm boşluk oluşumu ($p<0.01$) ve kopma için gereken gerim kuvvetleri ($p<0.01$) arasında anlamlı bir artış saptanmıştır (Şekil 35-36).



Şekil 35: 2 mm boşluk oluşumu için gereken kuvvetin haftalara dağılımı.



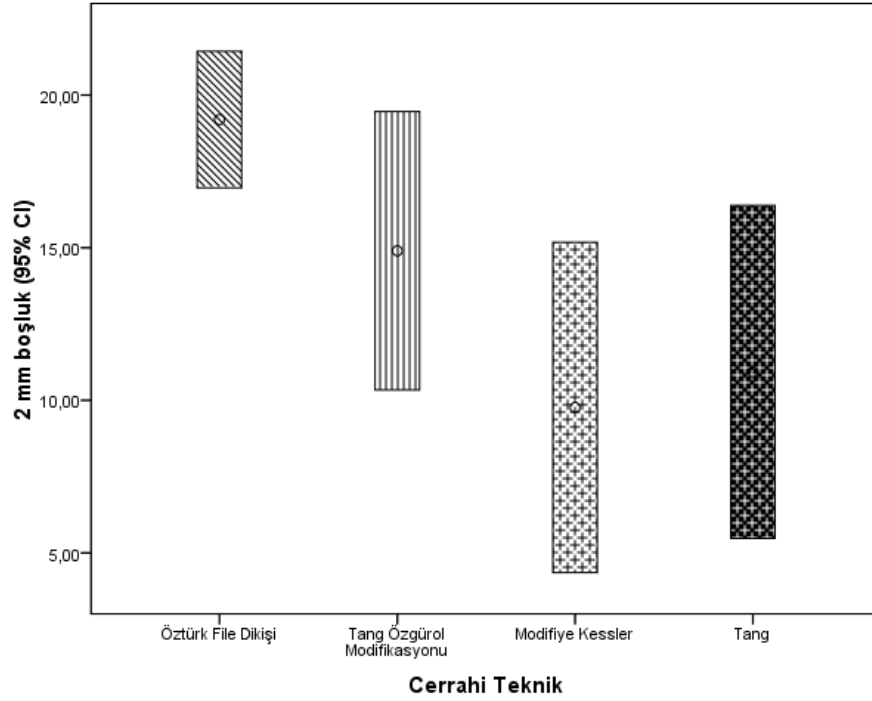
Şekil 36: Kopma için gereken gerim kuvvetinin haftalara göre dağılımı.

Örneklerin haftalara ve tekniklere göre elde edilen 2 mm boşluk oluşumu, kopma için gereken gerim kuvvetleri ve fibroblast sayıları Tablo 2’de görüldüğü gibidir.

	A Grubu	B Grubu	Modifiye Kessler	Tang	p
	Ort (SS) Dağılım	Ort (SS) Dağılım	Ort (SS) Dağılım	Ort (SS) Dağılım	
3. Hafta					
2 mm	12,43 (3,67)	11,63 (1,22)	5,93 (1,85)	7,20(0,98)	0,05
Boşluk	8,20-14,80	10,30-12,70	4,10-7,80	6,40-8,30	
Kopma	15,83 (4,98)	11,63 (0,55)	8,33 (1,99)	9,20 (1,99)	0,05
	10,10-14,80	11,30-12,70	6,50-10,40	8,70-10,00	
Fibroblast Sayısı	201 (43,57) 96-272	203 (31,66) 159-262	254 (45,01) 188-326	227 (32,32) 179-320	0,00
6. Hafta					
2 mm	19,20 (0,90)	14,90 (1,83)	9,76 (2,17)	10,93 (2,19)	0,02
Boşluk	18,30-20,10	12,80-16,20	8,00-12,20	8,40-12,30	
Kopma	24,73 (1,70)	18,40 (1,10)	13,96 (1,64)	15,36 (2,68)	0,02
	23,10-26,50	17,30-19,50	12,10-15,20	12,30-17-30	
Fibroblast Sayısı	182 (44,92) 107-262	174 (44,33) 102-242	237 (35,01) 188-296	184 (31,78) 126-241	0,00

Tablo 2: Onarım tekniklerine göre istatistiki veriler. (SS Standart Sapma)

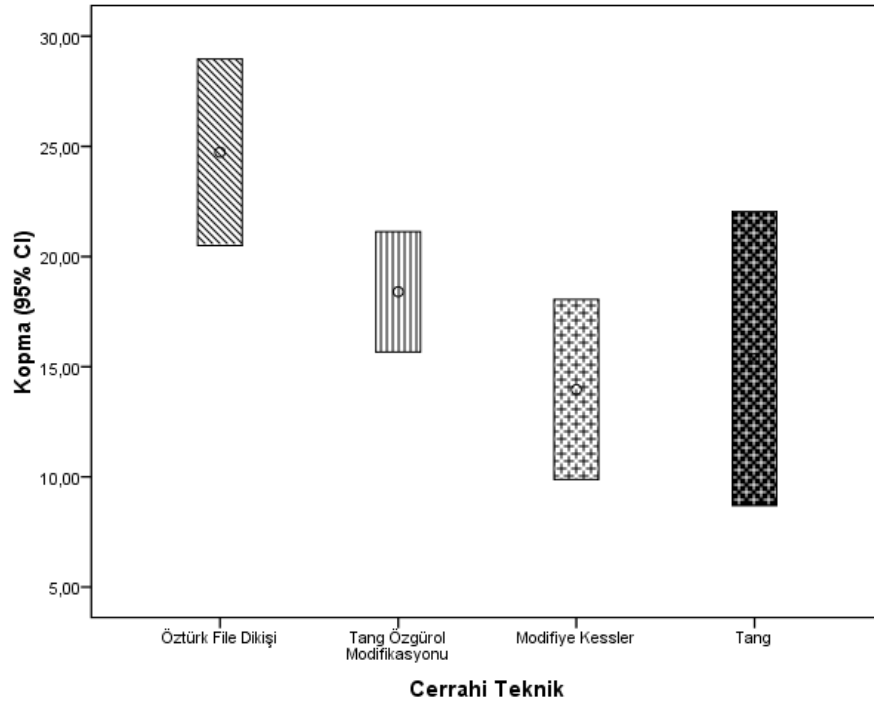
Örnekler tekniklere göre kıyaslandığında 3. hafta 2 mm boşluk oluşumu için gereken gerim kuvveti arasında anlamlı bir fark gözlenmemiş ($p=0.05$), 6. haftada ise A grubundaki deneklerin 2 mm boşluk oluşumu için gereken gerim kuvvetleri B Grubundan farklı olmamakla beraber diğer gruplardan anlamlı olarak yüksek çıkmıştır ($p<0.05$). B Grubu, Modifiye Kessler ve Tang grupları arasında ise anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p=0.05$) (Şekil 37).



Şekil 37: 6. Hafta 2 mm boşluk oluşumu için gerim kuvveti dağılımı.

3. haftada tekniklerin kopma için gereken gerim kuvvetlerine bakıldığında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p=0.05$). 6. Haftada ise kopma için gereken gerim kuvvetleri incelendiğinde A grubunun diğer gruplara göre anlamlı yüksek sonuçları olduğu ($p<0.05$), B grubunun Modifiye Kessler tekniğinden daha iyi gerim kuvveti sağladığı ($p<0.05$), Tang grubundan daha iyi sonuçlara sahip

olmadığı ($p=0.05$), Modifiye Kessler ile Tang gruplarının benzer gerim kuvvetlerine sahip olduğu izlenmiştir ($p=0.05$) (Şekil 38).



Şekil 38: 6. Hafta tendonların kopması için gereken gerim kuvvetlerinin dağılımı.

4.2. Histolojik Sonuçlar

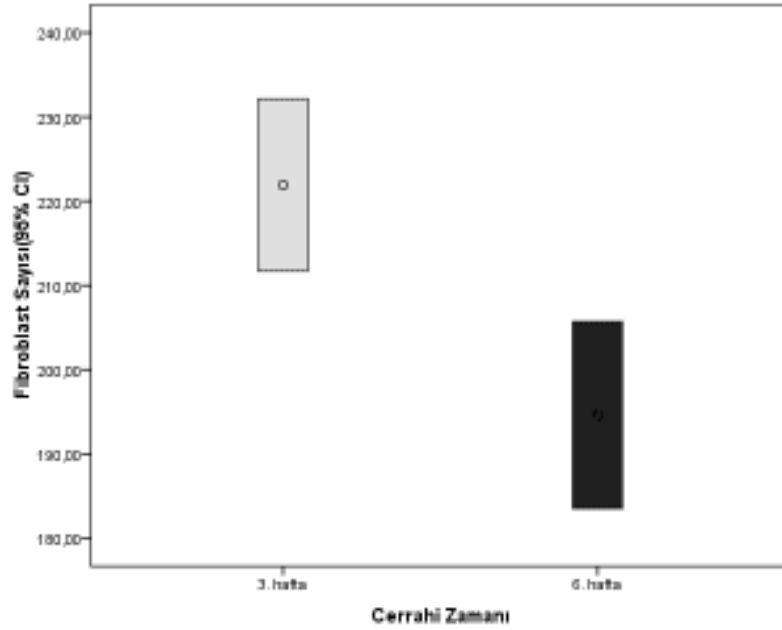
Alınan örneklerin fibroblast sayılarına bakıldığında 3. haftada bir artma ve 6. haftada düşme gözlenmiştir. 3. haftada minimum fibroblast sayısı 96, maksimum fibroblast sayısı 326, ortalama 221 ve Standard sapması 43,54 olarak dikkati çekmiştir. Altıncı haftada ise minimum sayı 102, maksimum 296, ortalama 194 ve Standard sapması 47,16 olarak izlenmiştir (Tablo 3-4). Fibroblast sayısının 3. ve 6. hafta örnekleri arasında anlamlı bir düşme gösterdiği gözlenmiştir ($p<0.01$) (Şekil 39).

Grup	Hafta	Örnek	Kesit 1	Kesit 2	Kesit 3	Kesit 4	Kesit 5	Kesit 6
A grubu	3. hafta	1	208	189	112	218	96	167
		2	219	231	272	224	233	207
		3	242	188	195	179	236	217
	6. hafta	4	164	221	262	220	194	254
		5	107	188	117	181	154	145
		6	164	229	202	129	148	201
B grubu	3. hafta	1	262	191	240	180	175	220
		2	245	159	218	196	168	211
		3	186	208	164	247	226	173
	6. hafta	4	131	172	237	226	242	223
		5	126	132	129	124	102	115
		6	211	224	153	216	157	221
Modifiye Kessler	3. hafta	1	190	202	208	232	241	196
		2	188	274	235	243	281	326
		3	286	291	289	305	297	302
	6. hafta	4	255	281	223	198	202	290
		5	249	193	221	268	201	188
		6	240	262	296	257	201	242
Tang	3. hafta	1	179	255	189	221	236	213
		2	248	219	206	192	237	320
		3	231	224	216	226	211	267
	6. hafta	4	156	229	216	196	241	236
		5	187	174	185	199	192	181
		6	137	164	172	174	126	159

Tablo 3: Fibroblastların örneklere göre dağılımı

	Ortalama	Std Sapma	Dağılım	p
Üçüncü hafta	221	43.54	96-326	0,00
Altıncı hafta	194	47.16	102-296	

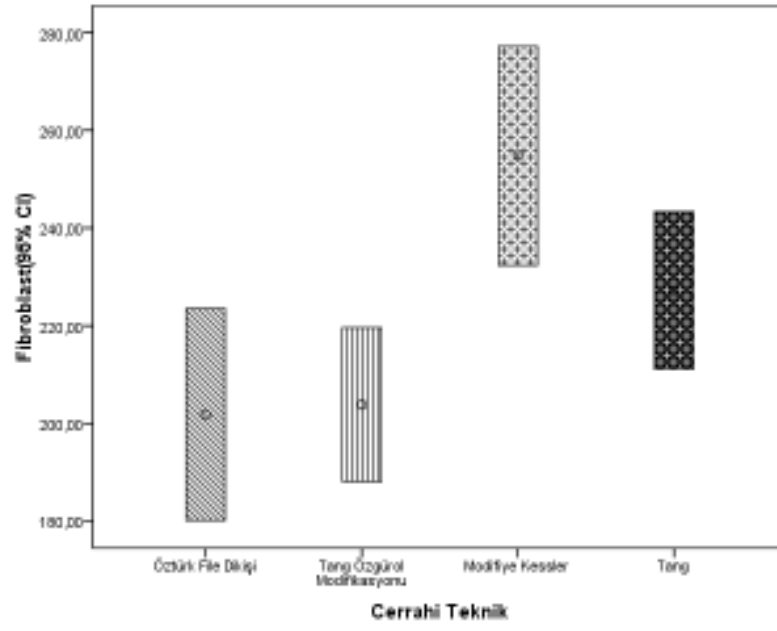
Tablo 4: Fibroblastlar için istatistiki veriler



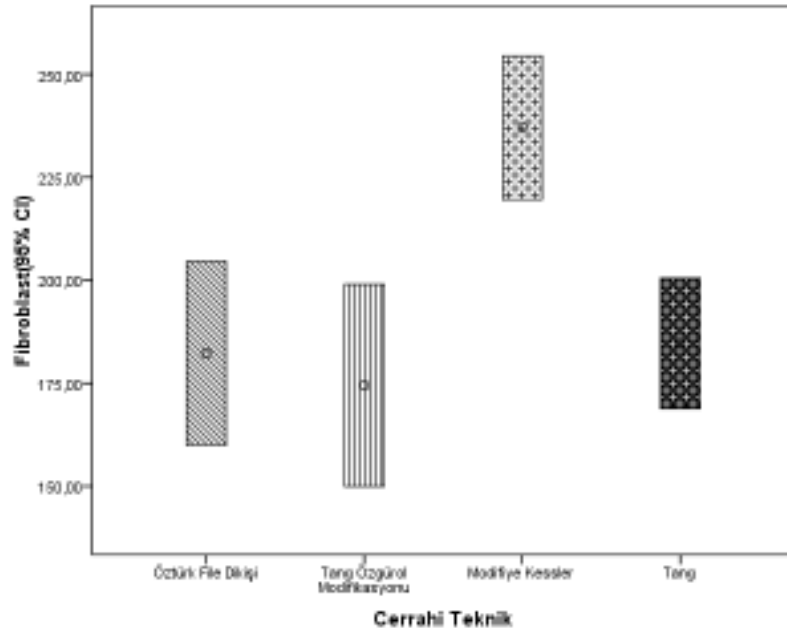
Şekil 39: Fibroblast sayısının haftalara göre dağılımı.

Fibroblast sayısının gruplara ve haftalara göre ayrımında 3. ve 6. haftalarda gruplar arasında anlamlı bir fark olduğu gözlenmiştir ($p<0.01$). Modifiye Kessler grubunun A ve B gruplarından fibroblast sayısının fazla olduğu ve Tang grubu ile 3. haftada fark yokken 6. haftada anlamlı olarak yüksek olduğu dikkati çekmiştir ($p<0.01$). A ve B gruplarının fibroblast sayıları arasında fark

gözlenmezken Tang grubunun A grubu ile aynı ancak fibroblast sayısının B grubundan fazla olduğu dikkati çekmiştir ($p<0.01$) (Şekil 40,41).



Şekil 40: 3. Haftada fibroblast sayısının gruplara göre dağılımı.



Şekil 41: Fibroblast sayısının 6. haftada gruplara göre dağılımı.

A grubunda 3. haftaya ait örnekler HE boyamada incelendiğinde doku genelinde inflamasyon dikkati çekmiştir. Yeni oluşan kollajen liflerinin fazlalığı ve bu liflerin ince demetler halinde olduğu gözlenmiştir. Yeni oluşan lif bölgelerinde yer yer damarlanma dikkat çekmektedir. MT boyamada ise kollajen liflerin inceliği ve fibroblast yoğunluğu dikkati çekmektedir.

Altıncı haftaya ait örneklerde ise HE boyamada kollajen liflerinin daha düzenli olduğu ve kalın demetler halinde birbirine paralel uzandıkları dikkati çekmiştir. Bu grupta fibroblastların tenosit yapısı kazandıkları ve liflere paralel uzanımda oldukları görülmüştür. MT boyamada da aynı özellikler gözlenmiştir.

B grubunda ise 3. haftaya ait örneklerde, A grubu ile kıyaslandığında tendon oluşumunun başladığı dikkati çekerken tenositlerin kollajen liflerine

paralel olarak dizildiği gözlenmiştir. Altıncı haftada bakılan örneklerde ise doku genelinin 3. haftadakine benzer özellikler gösterdiği saptanmıştır.

Modifiye Kessler grubunda ise 3. haftada fibroblast artışı ve yeni kollajen oluşumunun belirgin olduğu izlenmiş, yeni oluşan liflerin oldukça ince olduğu gözlenmiştir. Altıncı haftada ise tendon oluşumunun tam olmadığı izlenmekte, genel yapı itibari ile 3. haftadaki örneklerden çok farklı olmadığı dikkati çekmektedir.

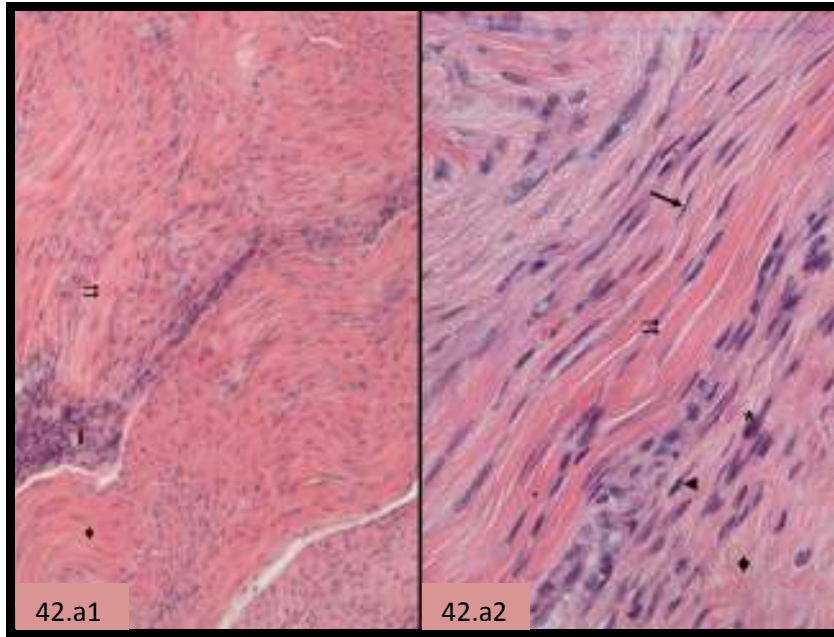
Tang grubunda ise 3. haftaya ait örneklerde yapılan değerlendirmelerde yeni oluşan kollajen liflerinin inceliği dikkati çekmiştir. Belirgin tendon oluşumu izlenmemiştir. Aktif kollajen ve fibroblast üretimi gözlenmemiştir. MT boyamada da belirgin olarak ayırt edilmemiştir.

Altıncı haftada ise tendon oluşumunun tam olmadığı ve genel yapısının 3. haftaya benzediği HE ve MT boyamalarda dikkati çekmiştir (Şekil 42-49).

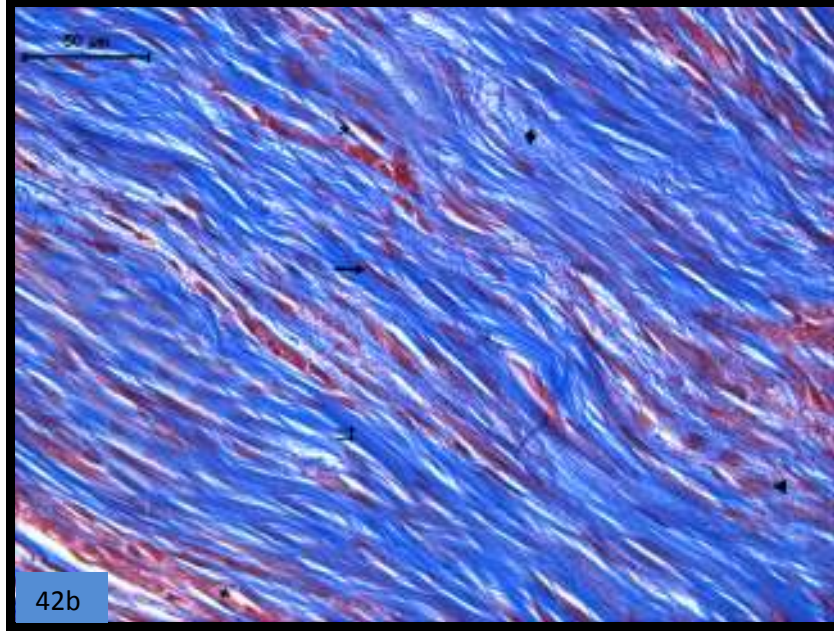
Vaskülogeneze bakıldığında Modifiye Kessler ve Tang gruplarında 3. haftada çok olduğu ve 6. haftada azaldığı dikkati çekmektedir. A ve B gruplarında ise 3. haftada orta düzeyde iken 6. haftada ise ciddi olarak azaldığı gözlenmiştir (Tablo 6).

	Üçüncü hafta	Altıncı hafta
A Grubu	++	+
B grubu	++	+
Modifiye Kessler	+++	++
Tang	+++	++

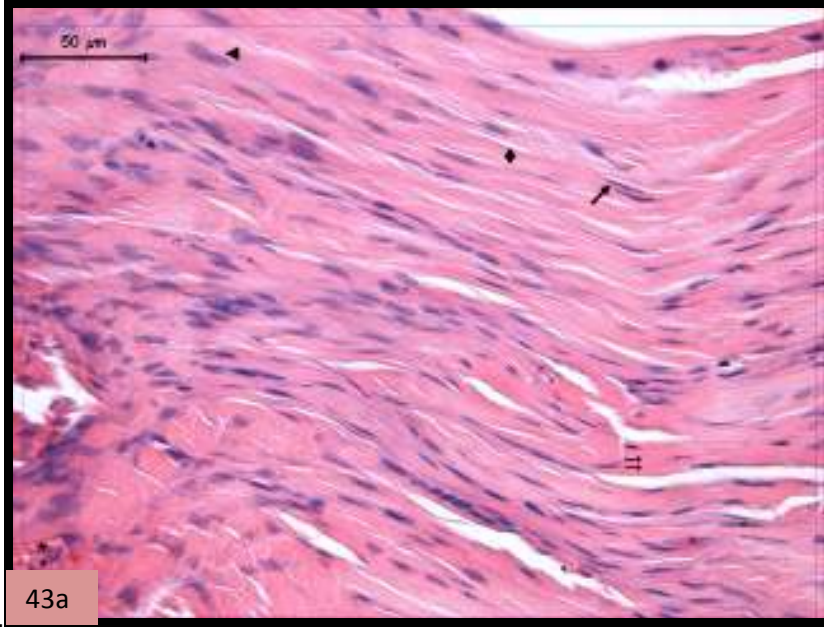
Tablo 6: Vaskülojenizin haftalara göre dağılımı



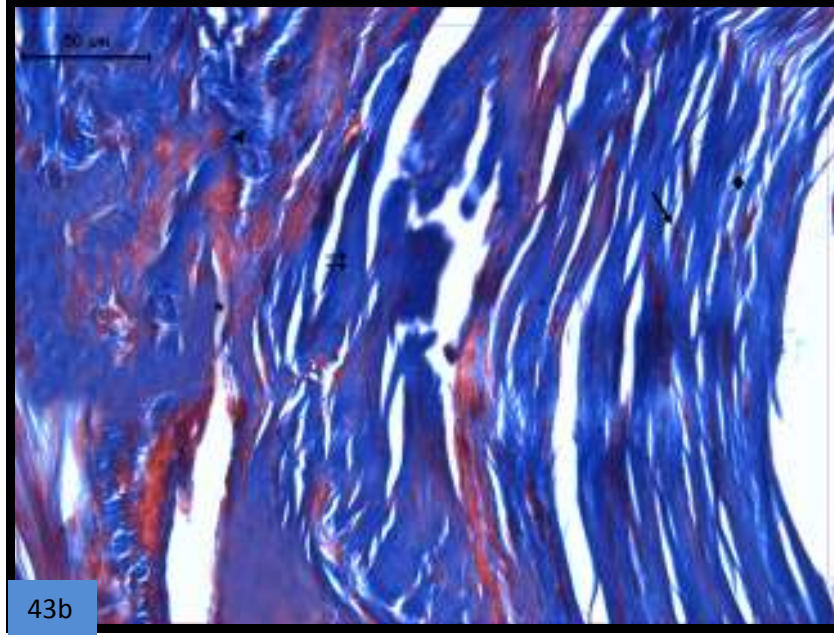
Şekil 42.a1, 42.a2: A grubunda 3. haftaya ait örneklerde, fibroblastların (◄) fazlalığı görülüyor. Yeni kollajen liflerin (◆) olduğu bölgelerde damarlanma (*) ilgiyi çekiyor. →: Tenosit, ⇨:Kollajen lif (HE-1.A1X100, 1.A2X400).



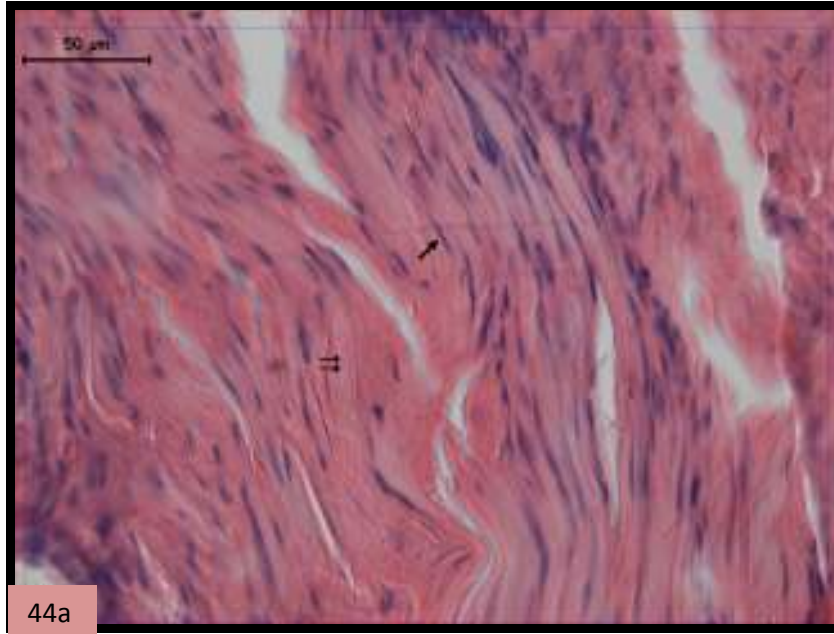
Şekil 42b: A grubunda 3.haftaya ait örneklerde, yeni oluşan kollajen liflerin ince (◆) ve fibroblast (◄) dağılımının belirgin olduğu ayırt ediliyor. *: Damar, →: Tenosit, ⇨: Kalın kollajen demetler (MT X400).



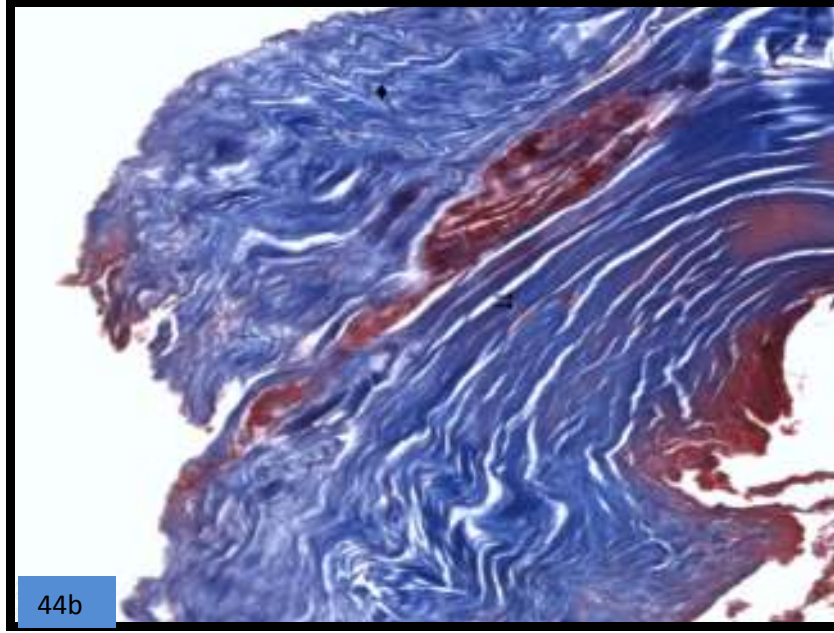
Şekil 43a: A grubunda 6.haftaya ait örneklerde, yeni oluşan kollajen liflerin daha organize (◆) olduğu görülüyor. *: Damar, →: Tenosit, ◄: Fibroblast, ⇨: Kalın kollajen demetler (HEX400).



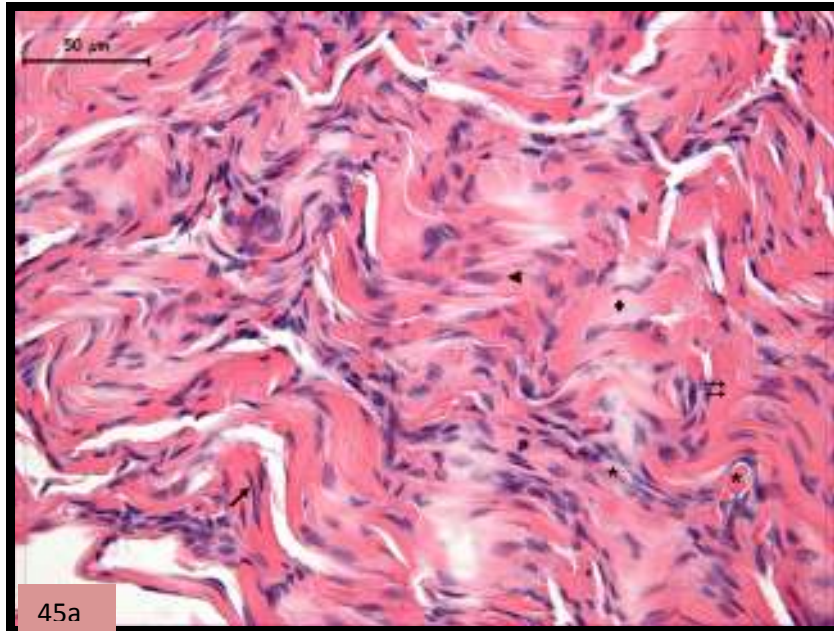
Şekil 43b: A grubunda 6.haftaya ait örneklerde MT boyamada tenosit (→) ve kollajen liflerinin (♦) organizasyonu izleniyor. *: Damar, ◀: Fibroblast, ⇌: Kalın demetler halinde kollajen lifler (MT X400).



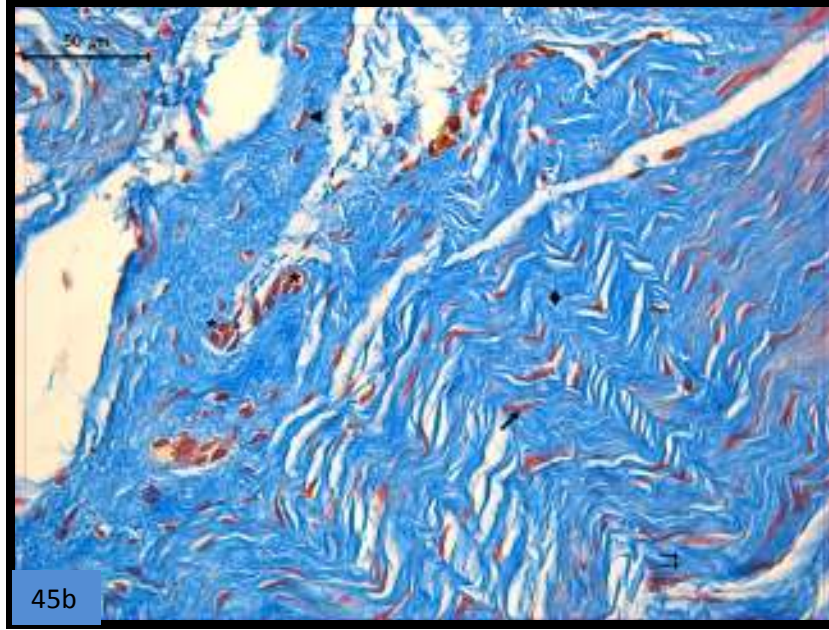
Şekil 44a: B grubunda 3. haftaya ait örneklerde yapılan değerlendirmelerde, kalın demetler halinde kollajen lifler (⇌) ve kollajen liflerine paralel yerleşen tenositler (→) ayırt ediliyor (HEX400).



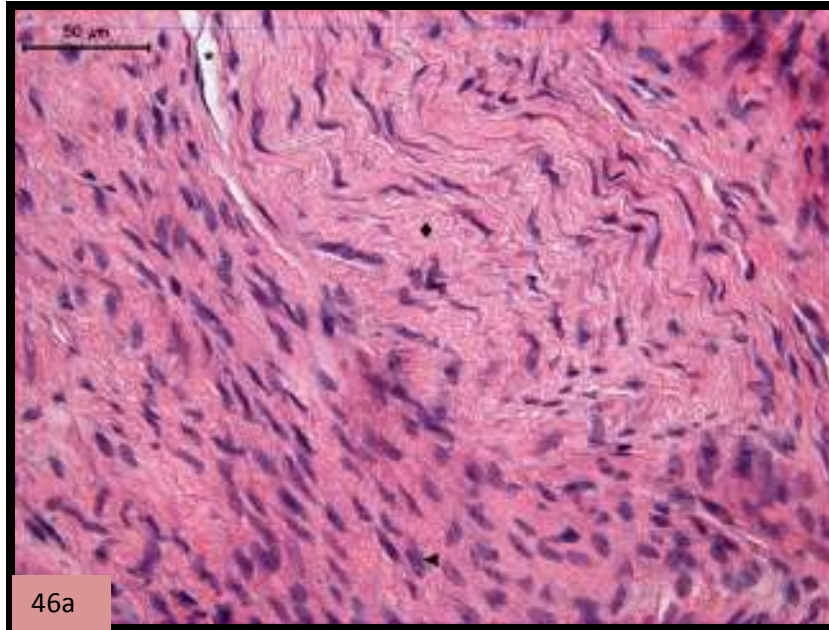
Şekil 44b: B grubunda 3. haftaya ait örneklerde, yeni oluşan kollajen liflerin (♦) demetler (⇒) oluşturduğu dikkati çekiyor (MTX100).



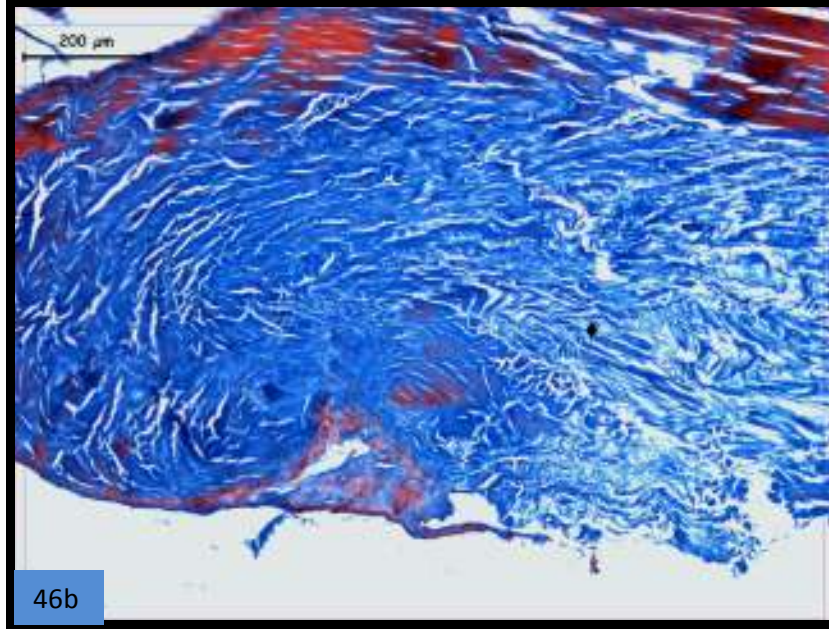
Şekil 45a: B grubunda 6. haftaya ait örneklerde yeni oluşan kollajen liflere (♦) paralel yerleşimli tenositler (→) görülüyor. *: Damar, ◀: Fibroblast, ⇒: Kalın demetler halinde kollajen lifler (HEX400).



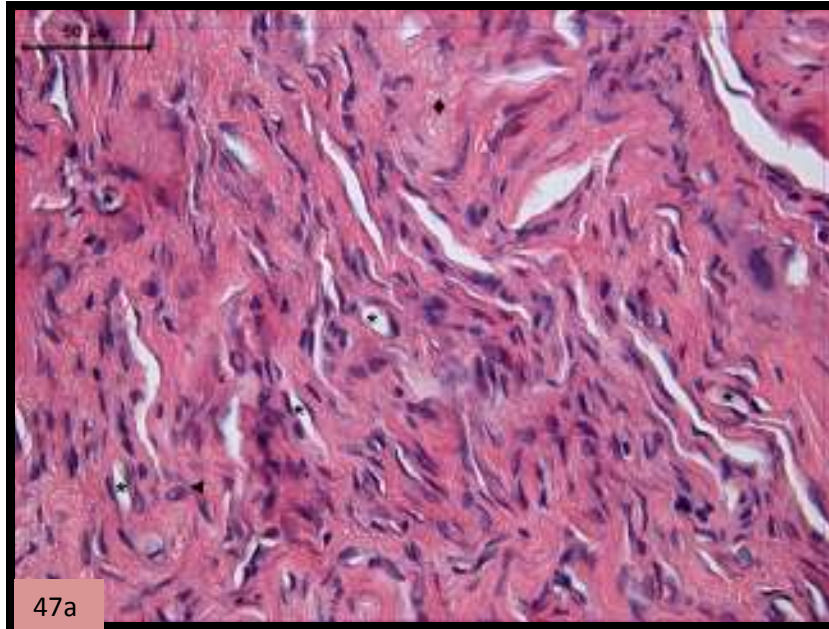
Şekil 45b: B grubunda 6. haftaya ait örneklerde MT boyamada yapılan incelemelerde, yeni oluşan kollajen lifler (♦) ve arada liflere paralel yerleşimli tenositler (→) izleniyor. *: Damar, ◀: Fibroblast, ⇨: Kalın demetler halinde kollajen lifler (MT X400).



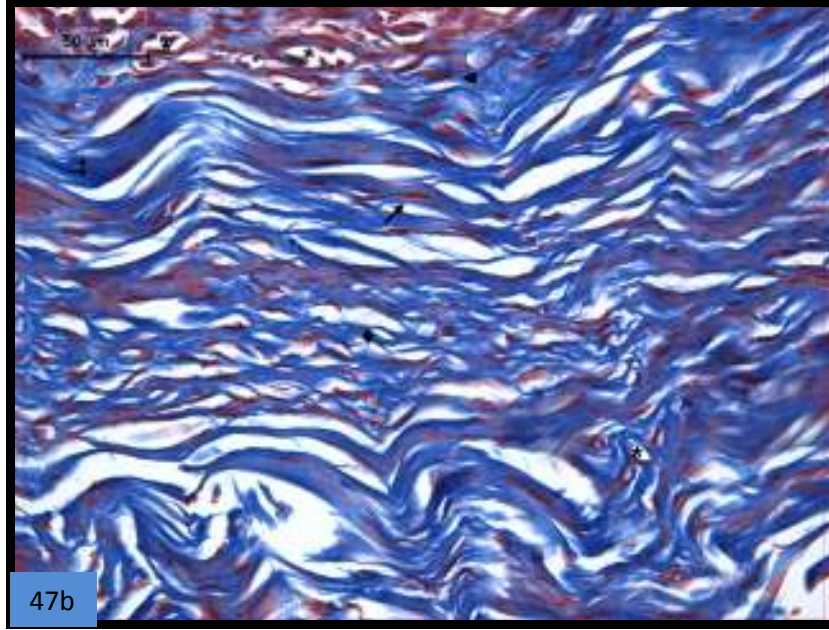
Şekil 46a: Tang grubunda 3. haftaya ait örneklerde doku genelinde fibroblast (◀) yoğunluğunun arttığı dikkati çekiyor. ♦: Yeni oluşan kollajen lifler, *: Damar (HEX400).



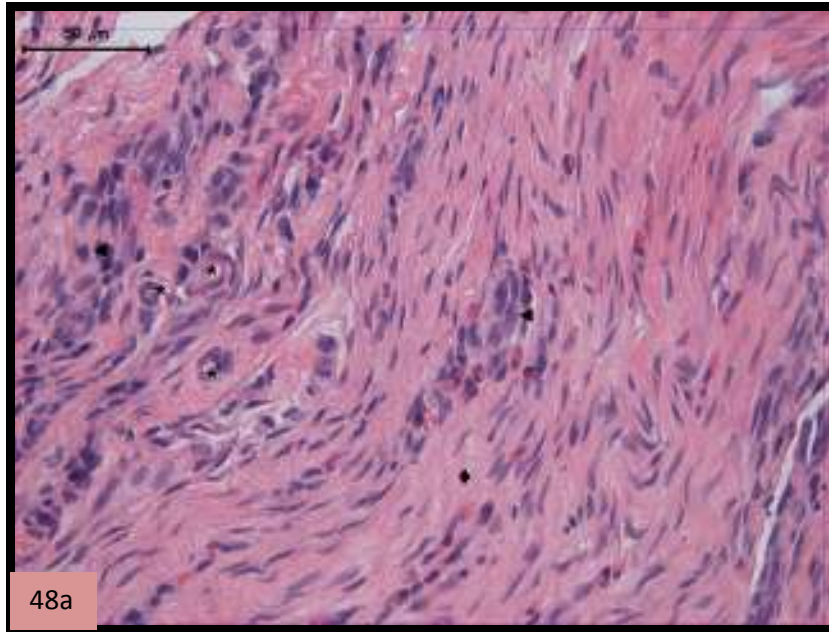
Şekil 46b: Tang grubunda 3.haftaya ait örneklerde doku genelinde yeni oluşan kollajen lifler (♦) ayırt ediliyor (MT X100).



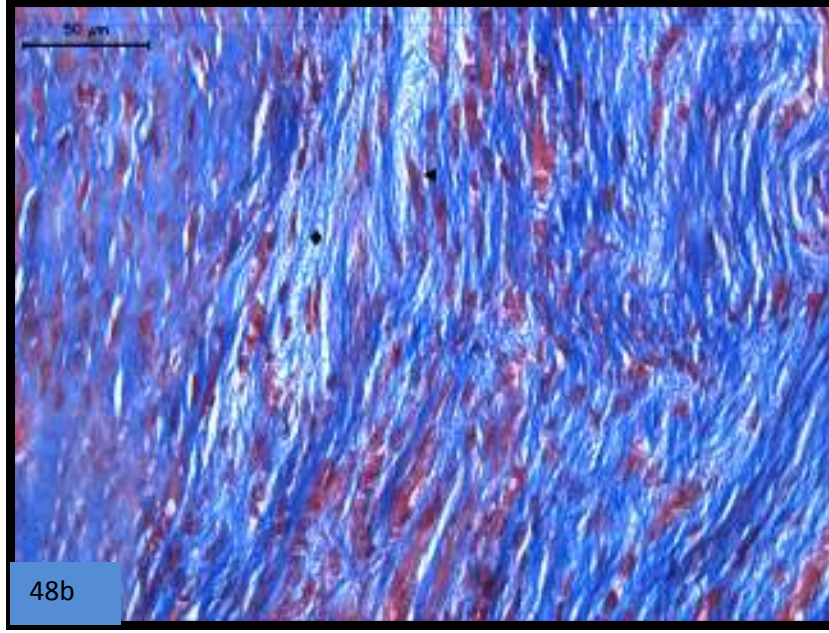
Şekil 47a: Tang grubunda 6. haftaya ait örneklerde ince kollajen liflerin daha da kalınlaştığı görülüyor. Bu grupta damarlanmanın (*) hala sürdüğü dikkati çekiyor.
◀: Fibroblast: ♦: Yeni oluşan kollajen lifler (HEX400).



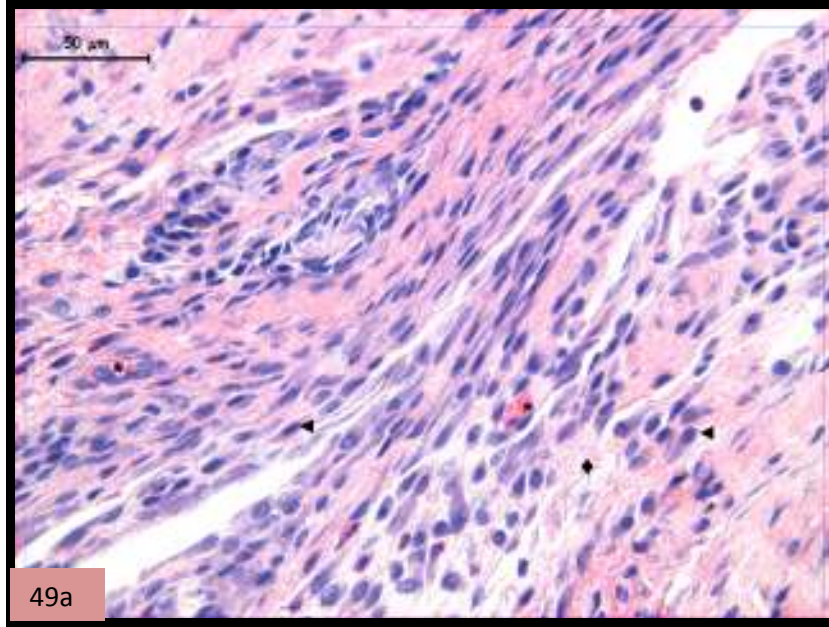
Şekil 47b: Tang grubunda 6.haftaya ait örneklerde yapılan MT boyamada kollajen liflerin birbirlerine paralel uzanımlar yerine değişik yönlerde dağılım gösterdiği izleniyor. ⇨: Kollajen lif demeti, ◀: Fibroblast. ♦: Yeni oluşan kollajen lifler, *: Damar, →: Tenosit (HEX400).



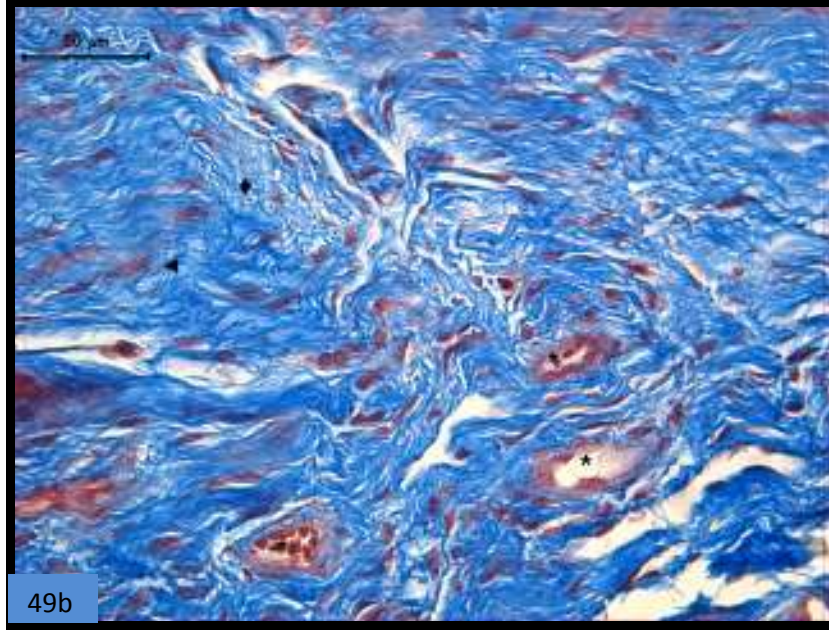
Şekil 48a: Modifiye Kessler grubunda 3. haftaya ait örneklerde belirgin fibroblast artışı (◀) ve yeni kollajen liflerinin (♦) oluşumu görülüyor. *: Damar (HEX400).



Şekil 48b: Modifiye Kessler grubunda 3. haftaya ait örneklerde özel boyamada yapılan değerlendirmelerde yeni oluşan kollajen liflerin (♦) oldukça ince oldukları dikkati çekiyor. ◄: Fibroblast (MT X400).



Şekil 49a: Modifiye Kessler grubunda 6. haftaya ait örneklerde kollajen lif (♦) dağılımı ve fibroblastların (◄) aynı gruba ait 3. haftadaki örneklere benzer olduğu fark ediliyor. *: Damar (HEX400).



Şekil 49b: Modifiye Kessler grubunda 6.haftaya ait örneklerde özel boyamada yapılan değerlendirmede ince kollajen lifler arasında yerleşim gösteren fibroblastlar (◄) izleniyor. ◆: Yeni oluşan kollajen lifler, *: Damar (MT X400).

5. TARTIŞMA

Fleksör tendon yaralanmaları el cerrahisi pratiğinde en sık karşılaşılan sorunlardandır. Bu konudaki çalışmalar özellikle tendon onarım teknikleri ve erken mobilizasyon için geliştirilen teknikler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Çalışmada yeni geliştirilen iki tendon onarım tekniği günlük klinik uygulamalarda sıklıkla tercih edilen Modifiye Kessler ve Tang düğüm teknikleri ile karşılaştırılmıştır. Hem biyomekanik açıdan hem de histolojik açıdan Öztürk File Dikişi'nin kullanılmakta olan diğer tekniklere daha üstün performans sergilediği gösterilmiştir. Son zamanlarda moleküler biyolojinin ilerlemesi ve yeni çıkan implant teknikleri ile tendon onarımı sırasında implant kullanımı üzerinde çalışmalar yapılmaya başlamıştır [130-132].

Yapılan çalışmalarda merkez dikişlerin 6 ya da 8 geçişli olması durumunda onarımın daha kuvvetli olduğu gösterilmiştir. Buna karşın geçiş sayısının artmasının dikiş bölgesinde hacim artışına, sürtünme artışına ve yapışıklık artışına sebep olduğu gösterilmiştir. Çalışmamızda özellikle tendon onarım bölgesinde hacim artışını engellemek amacıyla 4 geçişli teknik tercih edilmiştir. B grubundaki deneklerin düğüm sayısının fazla olması gerim kuvvetindeki artışı sağlamaktadır. A grubundaki deneklerde kullanılan teknikte sadece iki düğüm kullanılmıştır. Bu teknikte sütürler arası geçişler bulunmaktadır. Dolayısıyla çalışmada biyomekanik olarak kavrayıcı düğümlerin kilitleyici düğümlere üstün olduğu gözlenmektedir.

Kadavralarda yapılan bir çalışmada fleksör tendonlarda aktif rehabilitasyona başlamak için gereken maksimum kuvvetin yaklaşık olarak 73,5N ile 95 N arasında değiştiği söylenmiştir [133]. Tavşan fleksör tendonlarının insan tendonlarına göre daha ince olduğunu unutmamak gerekir. Tavşanların normal tendonlarının bile ortalama gerim kuvveti 42,9 N ile 67,2 N arasında değişmektedir. Tavşanlara ameliyat sonrası herhangi bir kısıtlayıcı girişimde bulunulmamış olması nedeni ile onarım tekniklerinin gerekli gerim kuvvetini sağladığı düşünülmüştür. Uygulanan onarım teknikleri özellikle de, A Grubundaki örnekler yeterli gerim kuvvetini sağlamaktadır.

Onarım bölgesinde yapışıklık oluşumunun en önemli nedenlerinden biri onarım esnasında veya sonrasında onarım bölgeleri arasında boşluk oluşmasıdır. Bu boşluğun özellikle 1 mm veya 2 mm olmasının iyileşmeyi etkilemediğine dair yayınlar mevcuttur [133-136]. Çalışmaların çoğunda 2 mm boşluk oluşumunun gerim kuvvetini değiştirmediği vurgulanmıştır. Çalışmamızda da 2 mm boşluk oluşumu için gereken gerim kuvveti ölçülmüş, 3. haftada anlamlı bir fark gözlenmezken 6. haftada Öztürk File Dikişi'nin, Tang Özgürol Modifikasyonu, Modifiye Kessler ve Tang dikişlerine göre üstün olduğu gösterilmiştir. Deneklerin 3. ve 6. haftalarda tendon onarım bölgelerinde yapışıklıklarla karşılaşılma-mış olması da tendonun aktif rehabilitasyonunun yapışıklığı engellediğini düşündürmüştür. Deneklerin feda edilmesi sırasında 3. ve 6. haftalarda herhangi bir boşluk oluşumu gözlenmemiştir. Tendonlar devamlılık göstermektedir. Bu da onarım sırasında kullanılan tendon dikiş yöntemlerinin gerekli kavramayı sağladığını düşündürmüştür.

Çeşitli çalışmalarda farklı tendon onarım tekniklerinin biyomekanik özellikleri değerlendirilmiş ve tümünde değişik sonuçlar elde edilmiştir. Genel olarak onarım bölgesinden geçiş sayısının arttırılmasının ve atılan düğüm sayısının artmasının gerim kuvveti üzerinde olumlu etkisi olduğu söylenmektedir. Onarım bölgesinden çapraz geçişlerin gerim kuvvetini arttırmadığı da belirtilmektedir. Tendonun kilitleyici ya da kavrayıcı bir teknikle dikilmesi arasında değişik sonuçlar elde edilmiştir. Benzer olarak bu konuda yapılan çok sayıda çalışmada değişik tendon teknikleri karşılaştırılmıştır. En çok kullanılan yöntemler arasında Modifiye Kessler ve Tang yöntemleri gelmektedir. Bütün bu çalışmalarda birbiri ile çelişen sonuçlar alınmaktadır [10, 101, 102, 104, 111, 134, 137-148]. Çalışmamızda Tang yönteminin biyomekanik olarak Modifiye Kessler yönteminden üstün olduğu gözlenmektedir. A grubundaki dikiş tekniği kendi üzerinde kavramalı birbiri üzerinden kayan geçişlere sahiptir ve biyomekanik olarak gerim kuvveti diğer gruplardan üstün olarak gözlenmektedir. B grubundaki tekniğin ise düğüm sayısının fazla olması tekniğin gerim kuvvetini arttırmaktadır.

Diğer çalışmalarda iyileşmenin tendon gerim kuvvetine olan etkisi gözardı edilmiştir. Sadece cerrahi sonrası ilk an kuvvetlerine bakılmıştır. Yapılan çalışmanın 3. ve 6. hafta olmak üzere iki ayrı zaman diliminde değerlendirilmesi tekniğin hem mekanik kuvvetini hem de iyileşme üzerine olan etkilerini göstermektedir. Çalışmamıza bakıldığında A grubundaki örneklerin 3. haftada 2 mm boşluk oluşumu ve kopma için gereken gerim kuvvetleri arasında anlamlı bir fark gözlenmezken, 6. haftada ise A grubunda ölçülen gerim kuvvetleri bütün gruplara göre daha yüksek çıkmıştır. B grubundaki örnekler için

ise kopma gerim kuvvetleri Modifiye Kessler grubuna göre daha yüksek bulunmuştur.

Fleksör tendonların in vivo gerim kuvvetinin ölçüldüğü bir çalışmada parmakların pasif fleksiyonu için 1 N ile 8,8 N, aktif fleksiyon da ise 1N ile 28,4 N arasında değişen gerim kuvvetleri gerektiği gösterilmiştir[149]. Çalışmada A ve B gruplarında 3. haftada sırasıyla ortalama 12,43 N ve 11,63 N kuvvetler, 6. haftada ise sırasıyla 19,20 ile 14,90 N kuvvetler elde edilmiştir. Tavşan tendonunda elde edilen bu veriler insan tendonunda aktif ve pasif hareketlere izin verecek değerlere yakındır [149].

Aktif mobilizasyon üzerine yapılan en kapsamlı çalışmalardan birinde değişik geçiş sayısına sahip değişik dikiş teknikleri karşılaştırılmış ve en zayıf onarım tekniği Modifiye Kessler yöntemi olarak izlenmiştir. Bu çalışmada geçiş sayısı en az yöntem olarak Modifiye Kessler yöntemi kullanılırken Tang yöntemi geçiş sayısı fazla olması nedeni ile en yüksek gerim kuvvetlerine sahip olduğu gözlenmektedir[150]. Çalışmamızda en düşük gerim kuvveti yine Modifiye Kessler yöntemi ile elde edilmiştir. Lakin geçiş sayısının standard olması nedeni ile bu çalışmanın değerlendirmeyi daha objektif olarak yaptığı söylenebilir.

Tavşan tendonlarının boyut olarak insan tendonundan çok farklı olduğu kesindir. Çalışmamızda tendonlara sadece çizgisel kuvvetler uygulanmıştır. Onarım sonrası rehabilitasyonda çizgisel olduğu kadar sarmal kuvvetlerin de uygulandığı gerçektir. Bunun yanında cerrahi sonrası rehabilitasyon sırasında yumuşak doku ödemi, hematoma, makara sistemi, dikişlerin oluşturduğu hacim

artışı ve oluşan yapışıklıklar tendonun hareketi için gereken gerim kuvvetini arttırmaktadır[151, 152]. Bu durum özellikle aktif rehabilitasyona başlanması durumunda tendonun yapacağı aktif işi arttırmaktadır. Tendonun yapacağı işi azaltmak üzere tendon onarım bölgesinden tendon eksizyonu yapılmasını savunan bir çalışmada tendonun orta kısmından üçgen bir parça çıkarılmasının tendon kopma kuvvetini azaltmayacağını ama ilk üç günde tendonun yapması gereken işi azaltacağı savunulmuştur [153]. Tendonların biyomekanik testinde sarmal kuvvetler uygulanmamıştır. Ancak bu sarmal kuvvetler tendonun serbest bırakılması durumunda aktif hareketler ile sağlanmaktadır. Üçüncü ve altıncı haftada herhangi bir denekte tendon kopması olmaması onarım tekniklerinin dairesel kuvvetlere de dayanabileceğini düşündürmektedir.

Aktif rehabilitasyonun tendon iyileşmesi üzerine etkilerini karşılaştıran çalışmalarda tendon iyileşmesini olumlu etkilediği, hücresel düzeyde yapışıklıkların daha az olduğu, tendon diziliminin daha düzenli olduğu ve kollajen liflerinin daha organize olduğu söylenmiştir[154]. Diğer iki çalışmada ise aktif rehabilitasyon için uygun zamanların 3. ve 5. günler olduğu savunulmuştur[87, 155]. Buna karşın, ilk günden rehabilitasyona başlamanın tendonlarda tekrar kopmalara neden olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda tendon onarım tekniklerinin hiçbirinde kopma olmaması aktif rehabilitasyonu kısıtlamanın gerekmediğini göstermektedir.

Yapılan diğer çalışmalarda McDowell, Marqueen ve arkadaşları dikiş sonrası tendonun zayıfladığını, Silva ve arkadaşları ise köpeklerde yaptıkları çalışmada onarım sonrası tendonun zayıfladığını, gerim kuvvetinin % 45 oranında

azaldığını savunmuşlardır[133, 156, 157]. Çalışmamızda 6 haftalık süre sonrasında herhangi bir tendonda kopma olmaması deneğin gündelik aktivitelerine rağmen dayandığını düşündürmüştür.

Wong ve arkadaşları yaptıkları çalışmada tendonun onarım sonrası 6. saatte tendonda asellüler bölge geliştiğini görmüşlerdir. Çalışmada Modifiye Kessler dikişi kullanılmış ve bütün dikiş materyali boyunca asellüler bir bölge görüldüğünü özellikle dikişin kavrayıcı bölgesinde asellülaritenin arttığını vurgulamışlardır. Dikiş dışındaki dokularda ise 24 saatten itibaren hücre sayısında artış fark etmişlerdir. Bu hücre artışının 21. günde en yüksek düzeye ulaştığı ve sonra yavaş yavaş azaldığını bildirmişlerdir. Bu azalmanın 84. güne kadar devam ettiğini bulmuşlardır. Tendon onarımı sonrasında 3. haftada tendonun orjinalinde olan kollajenin tamamen yıkıldığı ve yeni yapılan kollajenin dikkati çekmeye başladığı bilinmektedir. Bu dönemde hücre sayısının arttığı ve tendon içinde hücrelerin uzunlamasına sıralandığı, hücre çekirdeklerinin büyüdüğü ve yuvarlaklaştığı belirtilmiştir. Altıncı haftada ise tendonun kopma noktasının ayırt edilemeyeceği söylenmektedir. Bu süreçte tendon içinde kollajen liflerin olgunlaşacağı, fibroblastların ise sayı olarak azalacağı ve daha oval çekirdekli bir hal alacağı söylenmektedir [158]. Fibroblastların aktif olarak sentez yaptığı dönemde hücre çekirdeklerinin daha belirgin ve yuvarlak bir hal aldığı söylenmiştir. Bu hücrelerin 4. haftaya kadar sayılarının hızla arttığı ve sonrasında yavaş yavaş azaldığı belirtilmiştir.

3. haftada elde edilen örneklerin hücre sayımı 6. haftada düşme göstermiş ancak Modifiye Kessler grubunda 3. hafta hücre sayımı ile 6. hafta hücre

sayımları arasında anlamlı farklar olmaması bu teknik ile tendon iyileşmesinin diğer üç yöntemle göre daha yavaş olduğunu düşündürmektedir. Tendon iyileşmesinde ilk dönemde bölgedeki fibroblast sayısı hızlı bir şekilde artmakta ve sonrasında iyileşme periodunda bu hücrelerin sayısı azalmakta ve tenosit olarak izlenmektedirler. Modifiye Kessler yönteminde kavrayıcı dikişler tendon iyileşmesini geciktirmektedir. Çalışmamıza göre histolojik olarak tendonların özellikle kollajen diziliminin düzenli olması benzer verileri desteklemektedir. Özellikle B Grubunda onarımdan sonra 6. haftada düzenli kollajen diziliminin oluşması geçiş bölgelerinde beslenmeyi bozmadığını göstermektedir. 3. haftadan itibaren tendonda yeniden düzenleme olmasını sağlamaktadır. A Grubunda kullanılan dikiş tekniği tendon beslenmesini bozmakta, ancak özellikle iyileşme döneminde tendon beslenmesinde sinovyal beslenme ön plana çıktığından 6. haftada daha iyi sonuçlar alınabilmektedir.

İyileşme sürecinde fibroblastların kaynağını konusunda değişik görüşler bulunmaktadır. Bu hücrelerin iyileşme esnasında tendon kılıfı ve çevre dokulardan göç ettiği [33], kılıfın iyileşme sürecinde çok etkili olmadığı asıl önemli olanın tendon içi bağ dokunun olduğu [33, 47, 48], perivasküler mezenkimal hücrelerin katkısının en çok olduğu [159] ve boşluk olması durumunda fibroblastların epitenon kaynaklı olduğu gibi görüşler mevcuttur [160]. Çalışmamızda tendon onarımı esnasında boşluk olmamasına özen gösterilmiş ancak deneğin serbest bırakıldığı dönemde arada boşluk oluşumunun olup olmadığı değerlendirilmemiştir. Dolayısıyla hücre artışının kaynağının neresi olduğu kesin olarak tahmin edilememektedir. 6. haftada tendon onarımı yapıldığı

ancak düğümün bulunması ile fark edilebilmekte idi. Örneklerde hem 3. haftada hem de 6. haftada tam olarak yapısal devamlılık vardı.

Matthews ve arkadaşları tavşanlar üzerinde yaptıkları çalışmada 3. haftada tendon onarım bölgesinin yapışkan bir madde ile kaplı olduğunu 6. haftada bu maddenin gözle görülemeyecek kadar azaldığını ve 12. haftada tendonun normal tendondan ayırt edilmediğini söylemişlerdir [44]. Oshiro fareler üzerinde yaptığı çalışmada 3. haftada bu maddenin en yüksek düzeyde olduğunu ve sonrasında azaldığını söylemiştir[161]. Makroskopik olarak aynı zaman dilimlerinde benzer görüntülerle karşılaşmıştır.

Çeşitli çalışmalarda çevre dikişlerinin epitenonun yanı sıra tendon liflerine de tutunmasının ve geçiş sayısı artmasının boşluk oluşumunun azaldığı ve tendon onarım bölgesinde gerim kuvvetlerine dayanıklılığı arttığı gösterilmiştir [135, 162]. Bu veriler göz önünde bulundurularak tendon onarım tekniklerinin hepsinde çevre dikişinin etkilerini minimize etmek üzere aynı çevre dikiş tekniği basit çevre dikişi 8 geçişli olarak kullanılmıştır. Atılan çevre düğümünün tendon gerimi üzerindeki etkilerini değerlendirilmek üzere çevre dikişlerinin yalnız başına denenmemiş olması ve tendon onarım tekniklerinin ilk an gerim kuvvetlerinin ölçülmemiş olması çalışmanın eksik yönleri olarak kabul edilebilir.

6. SONUÇLAR

Çalışmamızda yeni geliştirilen iki tendon onarım tekniği Modifiye Kessler ve Tang yöntemleri ile karşılaştırıldı ve biyomekanik olarak özellikle A Grubunda uygulanan onarım tekniği ile daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Histolojik veriler karşılaştırıldığında altıncı haftada daha olgun ve daha düzenli kollajen oluşumu dikkati çekmektedir. Modifiye Kessler onarımı uygulanan deneklerde histolojik olarak çok olumlu sonuçlar elde edilememiştir.

Tendon onarım cerrahisi sonrası aktif rehabilitasyon, kollajen oluşumunu olumlu etkilemektedir. Tendon onarım tekniğinin biyomekaniği ön plana çıkmaktadır. Çalışmamızda hiçbir denekte tekrar kopma olmaması aktif rehabilitasyonun engellenmesinin yanlış olduğu sonucunu doğurmuştur.

Yeni bir cerrahi tekniğin değerlendirilmesinde tekniğin kolay uygulanabilir olması kilit noktalardan birini oluşturmaktadır. Yeni geliştirilen tendon onarım tekniklerinde cerrahi süre diğer yöntemlere göre biraz daha uzun olmakta ancak yinede değerlendirme için daha uygun şartların sağlanması gerektiğine inanmaktayız.

Yeni tanımlanan ve günlük kullanımda sıkça tercih edilen tendon onarım tekniklerine göre üstünlükleri ortaya konulmuş olan tekniklerin daha büyük denekler üzerinde denenmesi klinik kullanım öncesi güvenilirliklerini arttıracaktır.

7. ÖZET

Fleksör Tendon Onarımında Erken Aktif Rehabilitasyona Başlamak İçin Geliştirilen Yeni Dikiş Tekniklerinin Modifiye Kessler ve Tang Yöntemleri ile Kıyaslanması

Bu çalışmada fleksör tendon onarımı sonrasında erken dönemde rehabilitasyon programına başlanmasına izin vermek üzere geliştirilen iki yeni tendon onarım tekniği halihazırda günlük kullanımda sıkça tercih edilen Modifiye Kessler ve Tang yöntemleri ile histolojik ve biyomekanik yöntemler kullanılarak karşılaştırılmıştır.

24 adet Yeni Zelanda türü dişi tavşan altışarlı gruplar halinde dörde bölünmüştür. Tüm tavşanların sağ ön ayaklarındaki 2. ve 3. parmak fleksör tendonları kesilmiş, iki gruba yeni geliştirilen onarım teknikleri ile, diğer iki gruba da Modifiye Kessler ve Tang yöntemleri ile onarım uygulanmıştır. Denekler 3. ve 6. haftalarda feda edilerek tendonları eksize edildi. 3. parmak fleksör tendonları histolojik olarak fibroblast sayısı, kollajen dizilimi, vaskülojenez ve kollajen miktarı açısından değerlendirildi. 2. parmak fleksör tendonları ise biyomekanik olarak 2 mm boşluk oluşumu ve kopma için gereken gerim kuvvetleri açısından değerlendirildi.

Histolojik olarak A ve B gruplarındaki kollajen miktarı, kollajen dizilimi ve tendon oluşumunun M ve T gruplarına göre daha oluştuğu gözlemlenmiştir. Fibroblast sayısının ise 3 ve 6. haftalarda anlamlı olarak düşük olduğu görülmüştür. Biyomekanik olarak A Grubundaki deneklerde 6. haftada 2 mm

boşluk oluşumu ve kopma için gereken gerim kuvvetlerinin B, M ve T gruplarından anlamlı ölçüde yüksek olduğu gözlenmiştir. Çalışma sonucunda yeni geliştirilen Öztürk File Dikişinin diğer yöntemlere göre erken rehabilitasyona daha uygun olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: **Fleksör tendon onarımı, tendon iyileşmesi, rehabilitasyon**

8. SUMMARY

Comparison of Two Recently Developed Flexor Tendon Techniques With Modified Kessler and Tang Techniques to Start Early Active Rehabilitation

In this study we compared two newly developed tendon suture methods with widely accepted Modified Kessler and Tang techniques based on histological and biomechanical evaluation results.

24 New Zealand rabbits assigned into four different study groups. There were six rabbits in each group. Second and third flexor digitorum superficialis tendon of right front leg of all rabbits were incised surgically and later tendons were repaired in accordance with the group protocol. In groups A and B newly designed sutures were tested, while in groups M and T Modified Kessler and Tang techniques were used for comparison purposes. Half of the rabbits in each group were sacrificed in third week of treatment, remaining half of the rabbits were sacrificed at the sixth weeks of treatment. Third finger flexor tendons were inspected histologically for fibroblast number, collagen ratio, vasculogenesis, collagen orientation. Second finger flexor tendons were used for biomechanical evaluations, namely 2 mm Gap formation and rupture forces.

Histologically the tendons in group A and B resulted in better collagen formation and orientation compared to group M and T. Fibroblast numbers were lower than the other groups. Biomechanically tendons in group A has better 2 mm gap formation and rupture forces in 6th week.

As a conclusion; group A performed as a more durable repair method and is more suitable for early rehabilitation than all other three techniques.

Keywords: Flexor tendon repair, tendon healing, rehabilitation.

9. KAYNAKÇA

1. Hyman, J. and S.A. Rodeo, *Injury and repair of tendons and ligaments*. Phys Med Rehabil Clin N Am, 2000. **11**(2): p. 267-88, v.
2. Frank, C., et al., *Medial collateral ligament healing. A multidisciplinary assessment in rabbits*. Am J Sports Med, 1983. **11**(6): p. 379-89.
3. Frank, C., et al., *Collagen fibril diameters in the healing adult rabbit medial collateral ligament*. Connect Tissue Res, 1992. **27**(4): p. 251-63.
4. Murrell, G.A., et al., *Effects of immobilization on Achilles tendon healing in a rat model*. J Orthop Res, 1994. **12**(4): p. 582-91.
5. Palmes, D., et al., *Achilles tendon healing: long-term biomechanical effects of postoperative mobilization and immobilization in a new mouse model*. J Orthop Res, 2002. **20**(5): p. 939-46.
6. Potenza, A.D., *Prevention of Adhesions to Healing Digital Flexor Tendons*. JAMA, 1964. **187**: p. 187-91.
7. Taylor, D.C., et al., *Experimental muscle strain injury. Early functional and structural deficits and the increased risk for reinjury*. Am J Sports Med, 1993. **21**(2): p. 190-4.
8. Woo, S.L., et al., *The importance of controlled passive mobilization on flexor tendon healing. A biomechanical study*. Acta Orthop Scand, 1981. **52**(6): p. 615-22.
9. Woo, S.L., et al., *Injury and repair of ligaments and tendons*. Annu Rev Biomed Eng, 2000. **2**: p. 83-118.
10. Thurman, R.T., et al., *Two-, four-, and six-strand zone II flexor tendon repairs: an in situ biomechanical comparison using a cadaver model*. J Hand Surg Am, 1998. **23**(2): p. 261-5.
11. Peck, F.H., et al., *A comparative study of two methods of controlled mobilization of flexor tendon repairs in zone 2*. J Hand Surg Br, 1998. **23**(1): p. 41-5.
12. Chow, J.A., et al., *Controlled motion rehabilitation after flexor tendon repair and grafting. A multi-centre study*. J Bone Joint Surg Br, 1988. **70**(4): p. 591-5.
13. Kayali, C., et al., *[The results of primary repair and early passive rehabilitation in zone II flexor tendon injuries in children]*. Acta Orthop Traumatol Turc, 2003. **37**(3): p. 249-53.
14. Gelberman, R.H., et al., *Effects of early intermittent passive mobilization on healing canine flexor tendons*. J Hand Surg Am, 1982. **7**(2): p. 170-5.
15. Aoki, M., et al., *Biomechanical and histologic characteristics of canine flexor tendon repair using early postoperative mobilization*. J Hand Surg Am, 1997. **22**(1): p. 107-14.
16. Hitchcock, T.F., et al., *The effect of immediate constrained digital motion on the strength of flexor tendon repairs in chickens*. J Hand Surg Am, 1987. **12**(4): p. 590-5.
17. Jarvik, J.G., M.K. Dalinka, and J.B. Kneeland, *Hand injuries in adults*. Semin Roentgenol, 1991. **26**(4): p. 282-99.

18. Smith, M.E., J.M. Auchincloss, and M.S. Ali, *Causes and consequences of hand injury*. J Hand Surg Br, 1985. **10**(3): p. 288-92.
19. Sorock, G.S., et al., *Acute traumatic occupational hand injuries: type, location, and severity*. J Occup Environ Med, 2002. **44**(4): p. 345-51.
20. Dinçer F, Ç.A., Çeliker R, Çetin M, *Causes and consequences of hand injuries requiring hand rehabilitation*. Eur J Phys Med Rehabil, 1998. **8**: p. 113-5.
21. Ergüner H, İ.M., Dursun N, Dursun E, *Travmatik el yaralanmalı hastalarımızın klinik özellikleri*. Romatol Tıp Rehab, 2002. **13**: p. 243-51.
22. Jackson, L.L., *Non-fatal occupational injuries and illnesses treated in hospital emergency departments in the United States*. Inj Prev, 2001. **7 Suppl 1**: p. i21-6.
23. Şahin F, Y.S., Yılmaz F, Erçalık C, Eşit N, Kuran B, *El rehabilitasyon ünitesinde izlenen el yaralanmalı pediatrik hastaların özellikleri*. Ulusal Travma Acil Cerrahi Dergisi, 2008. **14**(2): p. 139-44.
24. Adamson, J.E. and J.N. Wilson, *The history of flexor-tendon grafting*. J Bone Joint Surg Am, 1961. **43-A**: p. 709-16.
25. Schneider, J.H., *The history of flexor tendon suture*. Flexor tendon injuries 1985: Little Brown co.
26. Kleinert, H.E., S. Spokevicius, and N.H. Papas, *History of flexor tendon repair*. J Hand Surg Am, 1995. **20**(3 Pt 2): p. S46-52.
27. Manske, P.R., *History of flexor tendon repair*. Hand Clin, 2005. **21**(2): p. 123-7.
28. bunnell, s., *Repair of tendons in the fingers and description of two new enstruments*. Surg Gynecol Obstet, 1922. **35**: p. 88-97.
29. Garlock, J.H., *Repair of Wounds of the Flexor Tendons of the Hand*. Ann Surg, 1926. **83**(1): p. 111-22.
30. Mason, M.L., *Primary and secondary tendon suture. A discussion of the significance of technique in tendon surgery*. Surg Gyn Obstet, 1940. **70**: p. 392-402.
31. Boyes, J.H., *Immediate vs delayed repair of the digital flexor tendons*. Ann West Med Surg, 1947. **1**(4): p. 145-52.
32. AD, P., *Effects of associated trauma on healing of divided tendons*. J Trauma, 1962. **2**: p. 175-84.
33. Potenza, A.D., *Tendon healing within the flexor digital sheath in the dog*. J Bone Joint Surg Am, 1962. **44-A**: p. 49-64.
34. Potenza, A.D., *Critical Evaluation of Flexor-Tendon Healing and Adhesion Formation within Artificial Digital Sheaths*. J Bone Joint Surg Am, 1963. **45**: p. 1217-33.
35. Potenza Ade, S., *Mechanisms of healing of digital flexor tendons*. Hand, 1969. **1**: p. 40-1.
36. Potenza Ade, S., *Concepts of tendon healing and repair*, in *American Academy OF Orthopaedic Surgeons: symposium on tendon surgery in the hand* 1975, CV Mosby: St Louis. p. 18-47.

37. peacock, e.e., *Fundemental aspects of wound healing relating to the restoration of gliding adter tendon repair*. Surg Gynecol Obstet, 1964. **119**: p. 241-50.
38. Peacock, E.E., Jr., *Biological Principles in the Healing of Long Tendons*. Surg Clin North Am, 1965. **45**: p. 461-76.
39. Peacock, E.E., *Repair of tendons and restoration of gliding function*, in *Surgery and Biology of Wound repair* 1970, WB Saunders.
40. Siler, V.E., *Primary tenorrhaphy of the flexor tendons in the hand*. J Bone Joint Surg Am, 1950. **32A**(1): p. 218-25.
41. Posch, J.E., *Primary tenorrhaphies and tendon grating procedures in the hand*. AMA Arch Surg, 1973. **73**: p. 609-24.
42. Kleinert, H.E., *Primary repair of lacerated flexor tendons in "No Man's Land"*. J Bone Joint Surg Am, 1967. **49**(A): p. 577.
43. Matthews, P., *The fate of isolated segments of flexor tendons within the digital sheath--a study in synovial nutrition*. Br J Plast Surg, 1976. **29**(3): p. 216-24.
44. Matthews, P. and H. Richards, *The repair potential of digital flexor tendons. An experimental study*. J Bone Joint Surg Br, 1974. **56-B**(4): p. 618-25.
45. Matthews, P., *The repair reaction of flexor tendon within the digital sheath*. Hand, 1975. **7**: p. 27-9.
46. Matthews, P. and H. Richards, *Factors in the adherence of flexor tendon after repair: an experimental study in the rabbit*. J Bone Joint Surg Br, 1976. **58**(2): p. 230-6.
47. Lindsay, W.K. and E.P. McDougall, *Digital flexor tendons: an experimental study. III. The fate of autogenous digital flexor tendon grafts*. Br J Plast Surg, 1961. **13**: p. 293-304.
48. Lindsay, W.K., H.G. Thomson, and F.G. Walker, *Digital flexor tendons: an experimental study. Part II. The significance of a gap occurring at the line of suture*. Br J Plast Surg, 1960. **3**: p. 1-9.
49. Lundborg, G., *Experimental flexor tendon healing without adhesion formation--a new concept of tendon nutrition and intrinsic healing mechanisms. A preliminary report*. Hand, 1976. **8**(3): p. 235-8.
50. Katsumi, M., Tajima, T. , *Experimental investigation of healing process of tendons with or without sinovial coverage in or outside of sinovial cavity*. J Niigata Med Assoc, 1981. **95**: p. 532-67.
51. Potenza, A.D. and M.C. Herte, *The synovial cavity as a "tissue culture in situ"--science or nonsense?* J Hand Surg Am, 1982. **7**(2): p. 196-9.
52. Chow, S.P., G. Hooper, and C.W. Chan, *The healing of freeze-dried rabbit flexor tendon in a synovial fluid environment*. Hand, 1983. **15**(2): p. 136-42.
53. Buckwalter, J.A., *Musculoskeletal Tissues and musculoskeletal System*, in *Turek' s Orthopaedics: Principles and Their Applications*, J.A. Stuart L.Weinstein, Buckwalter. J.B, Editor 2009, Lipincott Co: New York. p. 203-232.

54. Dykxj, D. and K.T. Jules, *The clinical anatomy of tendons*. J Am Podiatr Med Assoc, 1991. **81**(7): p. 358-65.
55. Lin, T.W., L. Cardenas, and L.J. Soslowsky, *Biomechanics of tendon injury and repair*. J Biomech, 2004. **37**(6): p. 865-77.
56. Liu, S.H., et al., *Collagen in tendon, ligament, and bone healing. A current review*. Clin Orthop Relat Res, 1995(318): p. 265-78.
57. Cyril, B.F., Nigel, G.S., Ian, K.Y.L., David, A.H., *Form And Function of Tendon and Ligament*, in *Orthopaedic Basic Science: Foundation of Clinical Practice*, A.A.o.O. Surgeons, Editor 2002: Rosemont. p. 191-223.
58. Goodman, H.J. and J. Choueka, *Biomechanics of the flexor tendons*. Hand Clin, 2005. **21**(2): p. 129-49.
59. O'Brien, M., *Functional anatomy and physiology of tendons*. Clin Sports Med, 1992. **11**(3): p. 505-20.
60. Bidder, M., et al., *Expression of mRNA for vascular endothelial growth factor at the repair site of healing canine flexor tendon*. J Orthop Res, 2000. **18**(2): p. 247-52.
61. Garner, W.L., et al., *Identification of the collagen-producing cells in healing flexor tendons*. Plast Reconstr Surg, 1989. **83**(5): p. 875-9.
62. Gelberman, R.H., D. Amiel, and F. Harwood, *Genetic expression for type I procollagen in the early stages of flexor tendon healing*. J Hand Surg Am, 1992. **17**(3): p. 551-8.
63. Goldfarb, C.A., et al., *The effect of variations in applied rehabilitation force on collagen concentration and maturation at the intrasynovial flexor tendon repair site*. J Hand Surg Am, 2001. **26**(5): p. 841-6.
64. Amiel, D., et al., *Fibronectin in healing flexor tendons subjected to immobilization or early controlled passive motion*. Matrix, 1991. **11**(3): p. 184-9.
65. Moore, K.L., Dalley, A.F., *Upper Limb*, in *Clinically Oriented Anatomy* 1999, Lippincott Williams & Wilkins
66. Allan, C.H., *Flexor tendons: anatomy and surgical approaches*. Hand Clin, 2005. **21**(2): p. 151-7.
67. Amadio, P.C., et al., *The effect of vincular injury on the results of flexor tendon surgery in zone 2*. J Hand Surg Am, 1985. **10**(5): p. 626-32.
68. Strickland, J.W., *Flexor Tendon Injuries: I. Foundations of Treatment*. J Am Acad Orthop Surg, 1995. **3**(1): p. 44-54.
69. Doyle, J.R., *Anatomy of the finger flexor tendon sheath and pulley system*. J Hand Surg Am, 1988. **13**(4): p. 473-84.
70. Doyle, J.R., *Anatomy of the flexor tendon sheath and pulley system: a current review*. J Hand Surg Am, 1989. **14**(2 Pt 2): p. 349-51.
71. Strickland, J.W., *Flexor tendon injuries. Part I. Anatomy, physiology, biomechanics, healing, and adhesion formation around a repaired tendon*. Orthop Rev, 1986. **15**(10): p. 632-45.
72. Hunter, J.M., Cook, J.F., Ochiai, N., Konikoff, J.J., Merklin, R.J., Mackin, K.A., *The pulley system*. Orthop Trans, 1980. **4**: p. 4.
73. Hume, E.L., et al., *Biomechanics of pulley reconstruction*. J Hand Surg Am, 1991. **16**(4): p. 722-30.

74. Doyle, J.R., *Anatomy and function of the palmar aponeurosis pulley*. The Journal of hand surgery, 1990. **15**(1): p. 78-82.
75. Sherman, P.J. and L.B. Lane, *The palmar aponeurosis pulley as a cause of trigger finger. A report of two cases*. The Journal of bone and joint surgery. American volume, 1996. **78**(11): p. 1753-4.
76. Rispler, D., et al., *Efficiency of the flexor tendon pulley system in human cadaver hands*. J Hand Surg Am, 1996. **21**(3): p. 444-50.
77. Lin, G.T., et al., *Functional anatomy of the human digital flexor pulley system*. J Hand Surg Am, 1989. **14**(6): p. 949-56.
78. Clark, T.A., K. Skeete, and P.C. Amadio, *Flexor tendon pulley reconstruction*. J Hand Surg Am, 2010. **35**(10): p. 1685-9.
79. Green, P.D., Hotchkiss, R.N., Pederson, W.C., Wolfe, S.W., *Flexor Tendon Injuries*, in *Green's Operative Hand Surgery* 2005, Elsevier Co. p. 219-277.
80. de la Garza, O., et al., *The arterial blood supply for the synovial tendon sheaths of the hand*. Rev Invest Clin, 2008. **60**(1): p. 31-6.
81. Lundborg, G., R. Myrhage, and B. Rydevik, *The vascularization of human flexor tendons within the digital synovial sheath region--structural and functional aspects*. J Hand Surg Am, 1977. **2**(6): p. 417-27.
82. Kannus, P., et al., *Effects of training, immobilization and remobilization on tendons*. Scand J Med Sci Sports, 1997. **7**(2): p. 67-71.
83. Thomopoulos, S., et al., *Variation of biomechanical, structural, and compositional properties along the tendon to bone insertion site*. J Orthop Res, 2003. **21**(3): p. 413-9.
84. Wehbe, M.A. and J.M. Hunter, *Flexor tendon gliding in the hand. Part I. In vivo excursions*. J Hand Surg Am, 1985. **10**(4): p. 570-4.
85. Kursal, K., et al., *In vivo flexor tendon forces increase with finger and wrist flexion during active finger flexion and extension*. J Orthop Res, 2006. **24**(4): p. 763-9.
86. Zhao, C., et al., *Gliding resistance after repair of partially lacerated human flexor digitorum profundus tendon in vitro*. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2001. **16**(8): p. 696-701.
87. Halikis, M.N., et al., *Effect of immobilization, immediate mobilization, and delayed mobilization on the resistance to digital flexion using a tendon injury model*. J Hand Surg Am, 1997. **22**(3): p. 464-72.
88. Lotz, J.C., J.S. Hariharan, and E. Diao, *Analytic model to predict the strength of tendon repairs*. J Orthop Res, 1998. **16**(4): p. 399-405.
89. Merrell, G.A., et al., *The effect of increased peripheral suture purchase on the strength of flexor tendon repairs*. J Hand Surg Am, 2003. **28**(3): p. 464-8.
90. Savage, R., *In vitro studies of a new method of flexor tendon repair*. J Hand Surg Br, 1985. **10**(2): p. 135-41.
91. Barrie, K.A., et al., *Effect of suture locking and suture caliber on fatigue strength of flexor tendon repairs*. J Hand Surg Am, 2001. **26**(2): p. 340-6.
92. Taras, J.S., et al., *Evaluation of suture caliber in flexor tendon repair*. J Hand Surg Am, 2001. **26**(6): p. 1100-4.

93. Kleinert, H.E., S. Schepel, and T. Gill, *Flexor tendon injuries*. Surg Clin North Am, 1981. **61**(2): p. 267-86.
94. Verdan, C.E., *Primary repair of flexor tendons*. J Bone Joint Surg Am, 1960. **42-A**: p. 647-57.
95. Komanduri, M., C.S. Phillips, and D.P. Mass, *Tensile strength of flexor tendon repairs in a dynamic cadaver model*. J Hand Surg Am, 1996. **21**(4): p. 605-11.
96. Soejima, O., et al., *Comparative mechanical analysis of dorsal versus palmar placement of core suture for flexor tendon repairs*. J Hand Surg Am, 1995. **20**(5): p. 801-7.
97. Stein, T., et al., *A randomized biomechanical study of zone II human flexor tendon repairs analyzed in a linear model*. J Hand Surg Am, 1998. **23**(6): p. 1043-5.
98. Stein, T., et al., *A randomized biomechanical study of zone II human flexor tendon repairs analyzed in an in vitro model*. J Hand Surg Am, 1998. **23**(6): p. 1046-51.
99. Mashadi, Z.B. and A.A. Amis, *The effect of locking loops on the strength of tendon repair*. J Hand Surg Br, 1991. **16**(1): p. 35-9.
100. Hatanaka, H. and P.R. Manske, *Effect of suture size on locking and grasping flexor tendon repair techniques*. Clin Orthop Relat Res, 2000(375): p. 267-74.
101. Hatanaka, H., J. Zhang, and P.R. Manske, *An in vivo study of locking and grasping techniques using a passive mobilization protocol in experimental animals*. J Hand Surg Am, 2000. **25**(2): p. 260-9.
102. Hotokezaka, S. and P.R. Manske, *Differences between locking loops and grasping loops: effects on 2-strand core suture*. J Hand Surg Am, 1997. **22**(6): p. 995-1003.
103. Hatanaka, H. and P.R. Manske, *Effect of the cross-sectional area of locking loops in flexor tendon repair*. J Hand Surg Am, 1999. **24**(4): p. 751-60.
104. Barrie, K.A., et al., *A biomechanical comparison of multistrand flexor tendon repairs using an in situ testing model*. J Hand Surg Am, 2000. **25**(3): p. 499-506.
105. Diao, E., et al., *Effect of peripheral suture depth on strength of tendon repairs*. J Hand Surg Am, 1996. **21**(2): p. 234-9.
106. Wade, P.J., I.F. Muir, and L.L. Hutcheon, *Primary flexor tendon repair: the mechanical limitations of the modified Kessler technique*. J Hand Surg Br, 1986. **11**(1): p. 71-6.
107. Strickland, J.W., *Development of flexor tendon surgery: twenty-five years of progress*. J Hand Surg Am, 2000. **25**(2): p. 214-35.
108. Strickland, J.W., *Flexor Tendon Injuries: II. Operative Technique*. J Am Acad Orthop Surg, 1995. **3**(1): p. 55-62.
109. Gelberman, R.H., et al., *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**(7): p. 975-82.

110. Seradge, H., *Elongation of the repair configuration following flexor tendon repair*. J Hand Surg Am, 1983. **8**(2): p. 182-5.
111. Savage, R. and G. Risitano, *Flexor tendon repair using a "six strand" method of repair and early active mobilisation*. J Hand Surg Br, 1989. **14**(4): p. 396-9.
112. Aoki, M., et al., *Work of flexion after flexor tendon repair according to the placement of sutures*. Clin Orthop Relat Res, 1995(320): p. 205-10.
113. Pruitt, D.L., M. Aoki, and P.R. Manske, *Effect of suture knot location on tensile strength after flexor tendon repair*. J Hand Surg Am, 1996. **21**(6): p. 969-73.
114. Ketchum, L.D., N.L. Martin, and D.A. Kappel, *Experimental evaluation of factors affecting the strength of tendon repairs*. Plast Reconstr Surg, 1977. **59**(5): p. 708-19.
115. Bainbridge, L.C., et al., *A comparison of post-operative mobilization of flexor tendon repairs with "passive flexion-active extension" and "controlled active motion" techniques*. J Hand Surg Br, 1994. **19**(4): p. 517-21.
116. Sanders, D.W., et al., *Cyclic testing of flexor tendon repairs: an in vitro biomechanical study*. J Hand Surg Am, 1997. **22**(6): p. 1004-10.
117. Tang, J.B., et al., *Core suture purchase affects strength of tendon repairs*. J Hand Surg Am, 2005. **30**(6): p. 1262-6.
118. Sourmelis, S.G. and D.A. McGrouther, *Retrieval of the retracted flexor tendon*. J Hand Surg Br, 1987. **12**(1): p. 109-11.
119. Lister, G., *Indications and techniques for repair of the flexor tendon sheath*. Hand Clin, 1985. **1**(1): p. 85-95.
120. Bunnell, S., *Repair of nerves and tendons of the hand*. J Bone Joint Surg Am, 1928. **10**: p. 1.
121. Collins, D.C., Schwarze, I., *Early progressive resistance following immobilization of flexor tendon repairs*. J Hand Ther, 1991. **1991**(4): p. 111-6.
122. Dovel, S. and P.K. Heeter, *The Washington Regimen: rehabilitation of the hand following flexor tendon injuries*. Phys Ther, 1989. **69**(12): p. 1034-40.
123. Duran, R.J., House, R.G., *Controlled passive motion following flexor tendon repairs in zones 2 and 3*, in *American Academy of Orthopaedic Surgeons: Symposium on Tendon Surgery in the Hand* 1975: St. Louis.
124. Iwuagwu, F.C. and D.A. McGrouther, *Early cellular response in tendon injury: the effect of loading*. Plast Reconstr Surg, 1998. **102**(6): p. 2064-71.
125. Evans, R.B. and D.E. Thompson, *The application of force to the healing tendon*. J Hand Ther, 1993. **6**(4): p. 266-84.
126. Strickland, J.W., Cannon, N.M., *Flexor tendon repair- Indiana method*, in *Indiana Hand Center Newsletter* 1993. p. 1-19.
127. Skirven, T.M., *Rehabilitation after tendon injuries in the hand*. Hand Surg, 2002. **7**(1): p. 47-59.

128. Silfverskiold, K.L. and E.J. May, *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): p. 53-60.
129. Groth, G.N., *Pyramid of progressive force exercises to the injured flexor tendon*. J Hand Ther, 2004. **17**(1): p. 31-42.
130. Curtis, A.S., et al., *An in vivo microfabricated scaffold for tendon repair*. European cells & materials, 2005. **9**: p. 50-7; discussion 57.
131. Hirpara, K.M., P.J. Sullivan, and M.E. O'Sullivan, *A new barbed device for repair of flexor tendons*. The Journal of bone and joint surgery. British volume, 2010. **92**(8): p. 1165-70.
132. Shaw, P.C., *A method of flexor tendon suture*. The Journal of bone and joint surgery. British volume, 1968. **50**(3): p. 578-87.
133. McLarney, E., H. Hoffman, and S.W. Wolfe, *Biomechanical analysis of the cruciate four-strand flexor tendon repair*. The Journal of hand surgery, 1999. **24**(2): p. 295-301.
134. Dona, E., et al., *Biomechanical properties of four circumferential flexor tendon suture techniques*. The Journal of hand surgery, 2003. **28**(5): p. 824-31.
135. Mashadi, Z.B. and A.A. Amis, *Strength of the suture in the epitendon and within the tendon fibres: development of stronger peripheral suture technique*. Journal of hand surgery, 1992. **17**(2): p. 172-5.
136. Turk, Y.C., et al., *Biomechanical properties of a new multilocking loop peripheral suture technique for the repair of flexor tendons: a comparative experimental study*. Annals of plastic surgery, 2010. **65**(4): p. 425-9.
137. Cao, Y. and J.B. Tang, *Biomechanical evaluation of a four-strand modification of the Tang method of tendon repair*. Journal of hand surgery, 2005. **30**(4): p. 374-8.
138. Dinopoulos, H.T., 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*. The Journal of hand surgery, 2000. **25**(3): p. 489-98.
139. Dogramaci, Y., et al., *Does strand configuration and number of purchase points affect the biomechanical behavior of a tendon repair? A biomechanical evaluation using different kessler methods of flexor tendon repair*. Hand, 2008. **3**(3): p. 266-70.
140. Dogramaci, Y., et al., *Single side locking on the opposite of the modified Kessler tendon repair prevents gap formation and suture pull-out: a biomechanical evaluation in sheep tendons*. Eklemler hastaliklari ve cerrahisi = Joint diseases & related surgery, 2009. **20**(2): p. 102-6.
141. Gill, R.S., et al., *A comparative analysis of the six-strand double-loop flexor tendon repair and three other techniques: a human cadaveric study*. The Journal of hand surgery, 1999. **24**(6): p. 1315-22.
142. Iwuagwu, F.C., H. Shaaban, and V.C. Lees, *A biomechanical study of reattachment versus distal multistrand repair in distal division of the flexor digitorum profundus*. Journal of hand surgery, 2003. **28**(4): p. 369-72.

143. Labana, N., et al., *A biomechanical analysis of the modified Tsuge suture technique for repair of flexor tendon lacerations*. Journal of hand surgery, 2001. **26**(4): p. 297-300.
144. Rees, L., et al., *Comparison of 1- and 2-knot, 4-strand, double-modified kessler tendon repairs in a porcine model*. The Journal of hand surgery, 2009. **34**(4): p. 705-9.
145. Viinikainen, A., et al., *A comparative analysis of the biomechanical behaviour of five flexor tendon core sutures*. Journal of hand surgery, 2004. **29**(6): p. 536-43.
146. Wang, B., R.G. Xie, and J.B. Tang, *Biomechanical analysis of a modification of Tang method of tendon repair*. Journal of hand surgery, 2003. **28**(4): p. 347-50.
147. Wu, Y.F., et al., *Biomechanical comparisons of four-strand tendon repairs with double-stranded sutures: effects of different locks and suture geometry*. The Journal of hand surgery, European volume, 2011. **36**(1): p. 34-9.
148. Yotsumoto, T., R. Mori, and Y. Uchio, *Optimum locations of the locking loop and knot in tendon sutures based on the locking Kessler method*. Journal of orthopaedic science : official journal of the Japanese Orthopaedic Association, 2005. **10**(5): p. 515-20.
149. Schuind, F., et al., *Flexor tendon forces: in vivo measurements*. The Journal of hand surgery, 1992. **17**(2): p. 291-8.
150. Tang, J.B., et al., *Evaluation of four methods of flexor tendon repair for postoperative active mobilization*. Plastic and reconstructive surgery, 2001. **107**(3): p. 742-9.
151. Cao, Y., et al., *Digital oedema, adhesion formation and resistance to digital motion after primary flexor tendon repair*. The Journal of hand surgery, European volume, 2008. **33**(6): p. 745-52.
152. Cao, Y. and J.B. Tang, *Strength of tendon repair decreases in the presence of an intact A2 pulley: biomechanical study in a chicken model*. The Journal of hand surgery, 2009. **34**(10): p. 1763-70.
153. Vigler, M., et al., *Biomechanical comparison of techniques to reduce the bulk of lacerated flexor tendon ends within digital sheaths of the porcine forelimb*. The Journal of hand surgery, 2009. **34**(9): p. 1653-8.
154. Wada, A., et al., *Comparison of postoperative early active mobilization and immobilization in vivo utilising a four-strand flexor tendon repair*. Journal of hand surgery, 2001. **26**(4): p. 301-6.
155. Zhao, C., et al., *Short-term assessment of optimal timing for postoperative rehabilitation after flexor digitorum profundus tendon repair in a canine model*. Journal of hand therapy : official journal of the American Society of Hand Therapists, 2005. **18**(3): p. 322-9; quiz 329.
156. McDowell, C.L., et al., *Characterization of the tensile properties and histologic/biochemical changes in normal chicken tendon at the site of suture insertion*. The Journal of hand surgery, 2002. **27**(4): p. 605-14.
157. Silva, M.J., et al., *The insertion site of the canine flexor digitorum profundus tendon heals slowly following injury and suture repair*. Journal

of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society, 2002. **20**(3): p. 447-53.

158. Wong, J.K., et al., *The cell biology of suturing tendons*. Matrix biology : journal of the International Society for Matrix Biology, 2010. **29**(6): p. 525-36.
159. HT, U., *An experimental study on the intrinsic healing mechanism of digital flexor tendons*. J Jpn Orthop Assoc, 1978. **52**: p. 917-929.
160. Gelberman, R.H., et al., *The early stages of flexor tendon healing: a morphologic study of the first fourteen days*. The Journal of hand surgery, 1985. **10**(6 Pt 1): p. 776-84.
161. Oshiro, W., et al., *Flexor tendon healing in the rat: a histologic and gene expression study*. The Journal of hand surgery, 2003. **28**(5): p. 814-23.
162. Kubota, H., et al., *Mechanical properties of various circumferential tendon suture techniques*. Journal of hand surgery, 1996. **21**(4): p. 474-80.

10. ÖZGEÇMİŞ

Adı : Barış

Soyadı : Özgürol

Dogum Yeri ve Tarihi: Ankara 02.02.1980

Egitimi :

15.5.2006-Halen Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi

Ortopedi ve Travmatoloji A.B.D. Araştırma Görevlisi

1998-2005 Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi (İngilizce)

1996-1998 Giresun Hamdi Bozbağ Anadolu Lisesi

1993-1996 Adıyaman Anadolu Lisesi

1991-1993 Hatay Osman Ötken Anadolu Lisesi

1989-1991 Antakya M. Fehmi Çankaya İlkokulu

1986-1989 Altınözü Atatürk İlkokulu

Yabancı Dili: Kasım 2009 ÜDS puanı 77

Bilimsel Etkinlikleri

Öztürk AM, Yetkin H, Özgürol B, Şener E, Esen E, Meral J., 2009, XXI. Milli Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi, Çeşme, İZMİR, Ortopedi ve Travmatoloji (Poster Sunumu)

Özgürol B, Yetkin H, Öztürk AM, Şener E, Esen E, Meral J, 2009, XXI. Milli Türk Ortopedi ve Travmatoloji Kongresi, Çeşme, İZMİR., Ortopedi ve Travmatoloji(Poster Sunumu)