



T.C.

BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI

**KRONİK ROTATOR MANŞET YIRTIKLARINDA TÜNEL İÇİ TAMİR VE ANATOMİK
PRİMER TAMİR SONUÇLARININ BİYOMEKANİK VE HİSTOLOJİK OLARAK
KARŞILAŞTIRILMASI - DENEYSEL HAYVAN MODELİ**

UZMANLIK TEZİ

Muzaffer AĞIR

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kerem BİLSEL

Nisan 2022



T.C.

BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI

**KRONİK ROTATOR MANŞET YIRTIKLARINDA TÜNEL İÇİ TAMİR VE ANATOMİK
PRİMER TAMİR SONUÇLARININ BİYOMEKANİK VE HİSTOLOJİK OLARAK
KARŞILAŞTIRILMASI - DENEYSEL HAYVAN MODELİ**

UZMANLIK TEZİ

Muzaffer AĞIR

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Kerem BİLSEL

Nisan 2022

TEZ ONAY SAYFASI



BEYAN

Bu tezin kendi çalışmam olduğunu, planlanmasından yazımına kadar hiçbir aşamasında etik dışı davranışımın olmadığını, tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları kaynaklar listesine aldığımı, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Dr.Muzaffer Ağır

Nisan 2022



TEŞEKKÜR

Kliniğe geldiğim ilk zamanlardan itibaren desteğini hissettiğim, eğitimim boyunca bir çok alanda kendimi geliştirmemde çok büyük emeği olan, bu tezin oluşmasında bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen, gerek akademik kişiliği ile gerekse klinik dışında her konuda yanımda olan, her konuda sohbet etmekten mutluluk duyduğum çok kıymetli ağabeyim anabilim dalı başkanımız Prof. Dr. Kerem Bilsel'e teşekkür ederim.

Bizlere sahip olduğu bilgi ve deneyimi aktarmak için her zaman çaba sarf eden, hastaya yaklaşımı, örnek hekimliği ve hocalığı ile bizlere yol gösteren saygıdeğer hocam Prof. Dr. İbrahim Tuncay'a teşekkür ederim.

Berber çalışmaktan keyif aldığım, poliklinikte dahi her boşlukta bir şeyler öğretme isteğiyle bizleri bu yolda motive eden kıymetli hocam Prof.Dr.Nurzat Elmalı'ya teşekkür ederim.

Ortopedik onkolojiyi hepimize sevdiren, bu konuda herkesi kendine güvenli hale getiren, hastaya yaklaşım, muayene ve tanı konusunda eşsiz bilgiler öğrendiğim, alanına hakim olma konusunda hepimize rol model olan değerli hocam Prof. Dr. Volkan Gürkan'a teşekkür ederim.

Kısıtlı sürelerle de olsa beraber çalışabilme fırsatı yakaladığım, kendilerinden muayene ve cerrahi nosyon olarak çok şey öğrendiğim sayın hocam Prof.Dr Hakan Şenaran'a teşekkür ederim.

Hastanenin yanında sosyal hayatta da desteğini, abiliğini her daim arkamda hissettiğim kıymetli ağabeyim Doç.Dr. Nuh Mehmet Elmadağ'a; ortopedik bir hastanın muayenesi nasıl yapılır, neye nasıl bakılır sorularının cevaplarını tek tek bana öğreten değerli abim Doç.Dr Gökçer Uzer'e; sterilizasyon kavramını, önemini ve uygulamasını cerrahinin her basamağında pratiklerle bana öğreten kıymetli abim Doç. Dr. Fatih Yıldız'a; teorik bilgisiyle benim için aklımdaki her sorunun cevabı olan değerli abim Doç. Dr. Mehmet Kapıcıoğlu'na teşekkür ederim.

Asistanlığım boyunca bilgileri ve yardımlarıyla her daim yanımda olan abilerim Op. Dr. Ahmet Can Erdem'e, Op.Dr.Vahdet Uçan'a, Op.Dr. Mehmet Anıl Pulatkan'a teşekkür ederim.

Çömez asistan olarak geldiğimde de en kıdemli asistanımız olan, birçok cerrahinin ilkini bana tecrübe ettiren, şu anda uzman doktor olarak hala desteğini benden esirgemeyen sevgili abim Op.Dr. Deniz Kara'ya teşekkür ederim.

Asistanlık hayatım boyunca gece gündüz beraber çalıştığım ikinci ailem olan, birlikte çalışmaktan keyif aldığım değerli arkadaşlarım Op. Dr. Orkhan Aliyev'e, Op. Dr. Huzeyfe Çetin'e, Dr. Kenan Mirizade'ye, Dr. Agamazahir Agazada'ye, Dr. Amrah Farhadov'a, Dr. Okan Tezgel'e, Dr. Volkan Ezici'ye, Dr. Said Orujov'a, Dr. Murat Sarıkaş'a, Dr. Cemil Burak Demirkıran'a , Dr. Hakan Batuhan Kaya'ya , Dr. Mustafa Şenyurt'a , Dr. Ahmet Durcan Yavuz'a, büyük bir özveri ile birlikte çalıştığımız bütün hemşire, sekreter ve sağlık personeli arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tezım deney aşamasındayken deneklerin hazırlıklarında, cerrahi sırasında ekartasyonda ve fotoğraf çekimlerinde bana yardım eden Dr.Okan Tezgel, Dr.Volkan Ezici ve Dr.Murat Sarıkaş'a ayrıca teşekkür ederim.

Tıp fakültesi öğrencilik hayatımdan itibaren asistanlık sürecimin tamamında her daim yanımda olan, tüm kötü günlerimde ayakta kalmamı sağlayan, desteği benim için çok önemli olan canımdan çok sevdiğim hayat arkadaşım Nimet Ağır'a sevgilerimi sunar, minnettar olduğumu belirtmek isterim.

Hayatım boyunca desteklerini ve sevgilerini hiç esirgemeyen, benim bu günlere gelmemde karşılığı mümkün olmayan emekler sarf eden çok sevdiğim babam Ercan Ağır'a, annem Canan Ağır'a, kardeşlerim Furkan Ağır ve Alperen Ağır'a en içten teşekkürlerimi sunarım. Sizlere minnettarım.

Dr.Muzaffer Ağır

Nisan 2022

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI.....	iii
BEYAN	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLolar.....	ix
ŞEKİLLER.....	x
KISALTMALAR	xiv
ÖZET	xv
ABSTRACT	xvi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Tarihçe	2
2.2. Rotator Manşet Anatomisi ve Histolojisi.....	3
2.2.1. Makroskopik anatomi.....	3
2.2.2. Mikroskopik anatomi.....	7
2.2.3. Rotator manşet histolojisi	8
2.3. Rotator Manşet Biyomekaniği.....	9
2.4. Rotator Manşet Yırtıklarının Etiyolojisi ve Patogenezi	12
2.4.1. Ekstrinsik teori	12
2.4.2. İntrinsik teori	14
2.4.3. Yırtık pato-mekanizması	16
2.4.4. Rotator manşet yırtıklarında doğal seyir	17
2.5. Rotator Manşet Yırtıklarının Sınıflandırılması	17
2.5.1. Parsiyel rotator manşet yırtıkları.....	18
2.5.2. Tam kat rotator manşet yırtıkları	19
2.6. Rotator Manşet Yırtıklarında Tanı	24
2.6.1. Anamnez.....	24
2.6.2. Fizik muayene	25
2.6.3. Ayırıcı tanı.....	27
2.6.4. Radyolojik değerlendirme	28
2.7. Rotator Manşet Yırtıklarında Tedavi	30
2.7.1. Konservatif tedavi.....	30
2.7.2. Cerrahi tedavi	31
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	33

3.1. Cerrahi Teknik.....	34
3.2. Biyomekanik Değerlendirme	41
3.3. Histolojik Değerlendirme.....	42
3.4. İstatistiksel Analiz	44
4. SONUÇLAR.....	45
4.1. Biyomekanik Bulgular	45
4.2. Histolojik Bulgular.....	47
5. TARTIŞMA.....	56
6.SONUÇ.....	60
7.KAYNAKLAR	61



TABLULAR

Tablo 2.1- Parsiyel rotator manşet yırtıklarında Ellman sınıflaması

Tablo 2.2- Harryman'ın yapmış olduğu sınıflandırma

Tablo 2.3- Goutallier'in yapmış olduğu yağlı dejenerasyon sınıflandırması

Tablo 4.1- Grup-I'deki biyomekanik sonuçların grup içi karşılaştırılması

Tablo 4.2- Grup-II'deki biyomekanik sonuçların grup içi karşılaştırılması

Tablo 4.3- Biyomekanik test sonuçlarının iki grup karşılaştırması

Tablo 4.4- Entezis rejenerasyonu ve tendon insersiyosunu değerlendirmede kullanılan Modifiye Watkins tendon matürite skoru

Tablo 4.5 Modifiye Watkins Tendon Matürite Skoru'nun Gruplar Arası Karşılaştırılması

Tablo 4.6- Grupların 4.haftadaki histolojik sonuçlarının karşılaştırılması

Tablo 4.7- Grupların 8.haftadaki histolojik sonuçlarının karşılaştırılması

Tablo 4.8- Grupların 12.haftadaki histolojik sonuçlarının karşılaştırılması

Tablo 4.9- Grup-I'deki histolojik parametrelerin farklı sakrifikasyon zamanları arasındaki karşılaştırması

Tablo 4.10- Grup-II'deki histolojik parametrelerin farklı sakrifikasyon zamanları arasındaki karşılaştırması

ŞEKİLLER

Şekil 2.1- Monro tarafından yapılan, rotator manşet yırtığının bilinen ilk çizimi

Şekil 2.2- Rotator manşet kasları

Şekil 2.3- Büyük tüberküle ait 3 adet yüzey (S: Süperior, M: Middle, I: Inferior)

Şekil 2.4- Rotator manşet kaslarının büyük tüberküldeki yapışma yerleri (SSC: Subskapularis, SSP: Supraspinatus, ISP: Infraspinatus, TM: Teres minor)

Şekil 2.5- Rotator manşetin ön kısmının vasküler beslenmesi

Şekil 2.6- Rotator manşetteki hipovasküler kritik zon. A:Abduksiyon, B:Adduksiyon. Adduksiyonda kompresif yükler nedeniyle artan basınç, kanlanmayı azaltmakta

Şekil 2.7- Rotator manşetin histolojik katmanları

Şekil 2.8- Rotator manşet kasları arasındaki denge, humerus başını glenoid kaviteye doğru komprese eder

Şekil 2.9- Rotator kablo ve yarım ayın, superiordan ve posteriordan görünüşü (B:Rotator yarım ayın genişliği, C:Rotator kablonun genişliği, S:Supraspinatus, I:Infraspinatus, TM:Teres minor, BT:Biceps tendonu)

Şekil 2.10- Rotator kablo ve yarım ayın koronal kesiti. Rotator kablonun, rotator yarım aya kıyasla daha kalın bir yapıda olduğu gözükmemekte (T:Rotator kablonun kalınlığı, t:Rotator yarım ayın kalınlığı)

Şekil 2.11- Rotator manşet yırtık oluşumundaki ekstrinsik ve intrinsik yolların özeti. (SOR:Serbest oksijen radikalleri, MMP-1:Matriks metalloproteinaz-1, ECM:Ekstraselüler matriks)

Şekil 2.12- Supraspinatus outlet direkt grafisine göre Bigliani'nin akromiyon tiplendirmesi

Şekil 2.13- Akromiyon morfolojisine ait bazı parametreler (A:Akromiyal slope, B:Akromiyal tilt, C:Lateral akromiyal açı, D:Akromiyal indeks)

Şekil 2.14- Dejeneratif yırtığın başlama noktası ve posteriora doğru ilerlemesi

Şekil 2.15- Artiküler taraf supraspinatus tendon yırtığının koronal planda longitudinal uzanımı. A: Tip-1: Kıkırdak-kemik geçiş zonunda bulunan küçük yırtık. B: Tip-2: Yırtık footprint merkezine doğru uzanır. C: Tip-3: Yırtık büyük tüberküle doğru uzanır.

Şekil 2.16- Artiküler taraf supraspinatus tendon yırtığının transvers planda sagittal uzanımı. A: Tip-A: Korakohumeral ligamanın supraspinatus medial sınırına doğru yırtılması. B: Tip-B: Hilal şeklindeki alanda bulunan izole yırtık. C: Tip-C: Pulleyin lateral sınırından başlayıp, supraspinatusun medial sınırını geçen yırtık.

Şekil 2.17- Ellman ve Gartsman'ın yaptıkları tam kat rotator manşet yırtık sınıflaması. A, Hilal tipi; B, Ters L; C, L tipi; D, trapezoidal; E, masif

Şekil 2.18- Patte sınıflamasına göre tendon retraksiyonunun evrelendirilmesi

Şekil 2.19- Collin ve arkadaşları tarafından yapılan sınıflandırma. Tip A: Supraspinatus + superior subskapularis yırtığı, Tip B: Supraspinatus + subskapularis yırtığı, Tip C: Supraspinatus+infraspinatus+superior subskapularis yırtığı, Tip D: Supraspinatus+infraspinatus yırtığı, TİP E: Supraspinatus+infraspinatus+teres minor yırtığı

Şekil 2.20- Zanetti'nin tanımladığı "tanjent çizgisi" ve supraspinatus kasının bu çizgiye göre iki farklı konumu

Şekil 2.21- Subakromiyal abrazyona neden olan durumlar. A-Bursal hipertrofi, B- Yapışıklıklar, C-Manşet kas bütünlüğünün bozulması, D-Tamir sonrası uzun kalan düğüm ipleri, E-Tüberküllerin çıplak kalması

Şekil 2.22- Omuzda kullanılan bazı direkt grafipler. A-Anteroposterior grafi, B-True AP (Grashey) grafisi, C-Aksiller grafi

Şekil 2.23- Masif kronik bir rotator manşet yırtığına ait MRG görüntüleri. A- Koronal kesitte görülen masif retrakte rotator manşet yırtığı, B- T1 ağırlıklı sagittal kesitte Goutallier evre IV yağlı atrofi.

Şekil 3.1- Deney planı

Şekil 3.2- Cilt ve cilt altı insizyonu sonrası görünüm

Şekil 3.3- Deltoid kası split olarak geçildikten sonra Sb tendon ve kasının görünümü

Şekil 3.4- Sb tendonunun küçük tüberkül yapışma yerinden kaldırılması

Şekil 3.5- Biceps tendonunun tenotomize edilmiş görünümü

Şekil 3.6- Sb tendonunun penröz dren ile sarılması

Şekil 3.7- Sb tendon güdüğünün bulunarak, gevşetmeler ile hareket kazandırılması

Şekil 3.8- Sb tendon güdüğünün Krakow tekniği ile suture edilmesi

Şekil 3.9- Tünel içi tamir tekniğinin aşamaları. A.Tendon ekskürsionunun değerlendirilmesi, B. Küçük tüberküle 11 numara bistüri ile tünel açılması, C. Yeşil uçlu iğne yardımıyla serbest iplerin karşı kortekse taşınması, D. Serbest iplerin tünele taşınması, E. Tendon güdüğü tünele sokulduktan sonra tamirin yapılması

Şekil 3.10- Primer anatomik tamir tekniğinin aşamaları. A.Tendon güdüğüne modifiye kessler yöntemi ile suture atılması, B. Küçük tüberküledeki Sb tendon insersiyosunun dekortike edilmesi, C. Pembe iğne ucu ile iplerin taşınması, D. Korteks üzerine düğümlenerek tamirin gerçekleştirilmesi

Şekil 3.11- Biyomekanik deney düzeneği. A. Çekme işlemi öncesi hazırlanan sistem, B. Maksimum kopma kuvvetine ulaşılması sonucu tendonun kopma anı

Şekil 3.12- Dekalsifikasyon öncesi tendon-kemik bileşkesinin makroskopik görünümü

Şekil 3.13- İki parçaya bölünmüş örneklerin makroskopik görünümü

Şekil 4.1- Grup-I'de 3 farklı zaman dilimindeki maksimum kopma kuvvetleri

Şekil 4.2- Grup-II'de 3 farklı zaman dilimindeki maksimum kopma kuvvetleri

Şekil 4.3- Her iki gruptan erken iyileşme dönemine ait mikroskopik görüntüler. (Kırmızı ok: Vasküler yapılar, Siyah ok: Enflamasyon alanı, Hematoksilen-eozin boyaması kullanıldı)

Şekil 4.4- Histolojik değerlendirmelerde gruplar arası anlamlı fark çıkan değişkenler

Şekil 4.5- A. Grup-I'e ait bir örnekteki kollajen paralelliği ve devamlılığı (Hematoksilen eozin boyası) B. Aynı örneğin Masson Trikrom boyama ile kollajen devamlılığının gösterilmesi C. Grup-II'ye ait bir örnekte tendon-kemik geçisindeki kollajen devamsızlığı D. Aynı örneğin Masson Trikrom boyama ile kollajen devamsızlığının gösterilmesi

Şekil 4.6- A. Hematoksilen-Eozin boyama ile fibrokartilaj doku oluşumunun gösterilmesi B. Masson Trikrom boyama (Siyah ok: Kemik, Kırmızı ok: Fibrokartilaj doku, Yıldız: Tidemark çizgisi)

Şekil 4.7- Grup-I'de farklı sakrifikasyon dönemlerinde anlamlı değişiklik gösteren histolojik parametreler

Şekil 4.8- Grup-II'de farklı sakrifikasyon dönemlerinde anlamlı değişiklik gösteren histolojik parametreler

Şekil 4.9- Grup-I ve Grup-II'de tendon matürite skorunun 3 farklı sakrifikasyon dönemdeki değerleri



KISALTMALAR

MMP- Matriksmetalloproteinaz

COX-2 – Siklooksijenaz-2

USG – Ultrasonografi

AP – Anteroposterior

MR – Magnetik Rezonan Görüntüleme

Sb – Subskapularis

EDL – Ekstansör Digitorum Longus



ÖZET

Amaç: Bu çalışmanın amacı kronik retrakte tam kat rotator manşet yırtıklarında tünel içi tamir ile anatomik primer tamiri biyomekanik ve histolojik olarak karşılaştırmaktır.

Materyal&Metod: 36 adet Yeni Zelanda tavşanının toplam 72 omuz eklemi kullanıldı. Omuz eklemi üzerinden yapılan bir kesi ile girildi. Deltoid kası split olarak geçirildi. Subskapularis tendonu kemik tutunma yerinden tamamen kaldırıldı. Tendon güdüğünün iyileşmesini ve çevre dokulara yapışmasını önlemek için tendon penröz dren ile sarılarak 2 ay beklendi. 2 ay sonra sol omuzlar primer olarak 2.0 PDS sütürlerle anatomik insersiyona onarıldı. Sağ omuzlarda, küçük tüberküle açılan kemik tünel içerisine 2.0 PDS suture kullanılarak tamir yapıldı. Onarım sonrası 4., 8. ve 12. haftalarda 12 tavşan (sol omuz: Grup I, sağ omuz: Grup II) sakrifiye edildi. Her sakrifikasyonda 6 tavşan biyomekanik, 6 tavşan histolojik deneyler için kullanıldı.

Bulgular: Biyomekanik deneylerde Grup-I'de maksimum kopma kuvveti 4.haftada 133N (95-142), 8.haftada 106N (91-122), 12.haftada 100N (64-130) olarak kaydedildi. Grup-II'de maksimum kopma kuvveti 4.haftada 123N (93-137), 8.haftada 98N (84-118), 12.haftada 112N (93-121) olarak kaydedildi. Grup-I'de sertlik 4.haftada 3.7N/mm (2.4-4), 8.haftada 4.2N/mm (3.4-4.9), 12.haftada 2.6N/mm (1.8-2.8) olarak kaydedildi. Grup-II'de sertlik 4.haftada 3.7N/mm (1.9-4.2), 8.haftada 4.4N/mm (3.5-5.2), 12.haftada 4.5N/mm (3.8-4.8) olarak kaydedildi. Grup-I ve Grup-II karşılaştırıldığında, sadece 12. haftada 2. grupta sertlik anlamlı olarak daha yüksek bulundu.($p=0.025$) Grup-I ve Grup-II grup içi karşılaştırıldığında, anlamlı fark sadece 1. grupta 8. ve 12. hafta sakrifikasyonlarında sertlik değerlerinde bulundu.($p=0.002$) Histolojik incelemede Grup-I'de tendon matürite skoru 4.haftada 17 (12-23), 8.haftada 19 (16-21), 12.haftada 25 (24-27) olarak kaydedildi. Grup-II'de ise 4.haftada 18 (18-21), 8.haftada 18 (17-20), 12.haftada 21 (16-22) olarak kaydedildi. 12.hafta sakrifikasyon grubunda Grup-I'deki tendon matürite skoru, Grup-II'ye göre anlamlı olarak yüksek bulundu ($p=0.004$).

Sonuç: Tünel içi tamir ve primer anatomik tamir rotator manşet cerrahisinde tercih edilebilecek iki başarılı tekniktir. Çalışmamızın biyomekanik sonuçlarına göre primer anatomik onarım ile tünel içi onarım arasında tendonun sağlamlığı ve dayanıklılığı açısından fark yoktur. Tendon matüritesi değerlendirildiğinde ise primer anatomik onarım grubu histolojik olarak üstündür.

ABSTRACT

Purpose: The aim of study is to compare intra-tunnel repair and anatomical primary repair biomechanically and histologically in chronic retracted full-thickness rotator cuff tears.

Material & Methods: Total of 72 shoulder joints of 36 New Zealand rabbits were used. It was entered through an incision over the shoulder joint. The deltoid muscle was passed as a split. The subscapularis tendon was cut completely from the bone attachment site. It was waited for 2 months by wrapping the tendon with a penrose drain in order to prevent the tendon stump from healing and sticking to the surrounding tissues. After 2 months, left shoulders were primarily repaired to anatomic insertion with 2.0 PDS sutures. Right shoulders was repaired with 2.0 PDS sutures inside the bone tunnel to the tuberculum minus. After repair, 12 rabbits (left shoulders: Group I, right shoulders: Group II) were sacrificed in each group at 4., 8. and 12. weeks. 6 rabbits had used for biomechanically and 6 rabbits had used for histologically at every sacrifice.

Results: As a result of the biomechanical tests, Failure Load (Newton) was 133(95-142) in Group-I, 123(93-137) in Group-II at 4 weeks, 106(91-122) in Group-I, 98(84-118) in Group-II at 8 weeks, 100(64-130) in Group-I, 112(93-121) in Group-II at 12th week. Stiffness (Newton/mm) was at 3.7(2.4-4) in Group-I, 3.7(1.9-4.2) in Group-II 4 weeks; 4.2(3.4-4.9) in Group-I, 4.4(3.5-5.2) in Group-II at 8 weeks; 2.6 (1.8-2.8) in Group-I and 4.5 (3.8-4.8) in Group-II at 12 weeks. When Group-I and Group-II were compared with each other, stiffness was found to be significantly higher in the 2nd group only in the 12th week.($p=0.025$) When Group-I and Group-II were compared among themselves, significant difference was found in the stiffness values in the sacrifices of the 8th and 12th weeks only in the 1st group.($p=0.002$) As a result of the histological test, Modified Watson tendon maturity score was 17 (12-23) in Group-I, 18 (18-21) in Group-II at 4 weeks; 19 (16-21) in Group-I, 18 (17-20) in Group-II at 8 weeks and 25 (24-27) in Group-I, 21 (16-22) in Group-II at 12 weeks. When Group-I and Group-II were compared with each other, tendon maturity score was found to be significantly higher in the Group-I only in the 12th week.($p=0.004$)

Conclusion: Intra- tunnel repair and primary anatomic repair are two successful techniques that can be preferred in rotator cuff surgery. According to biomechanical results of our study, there was no difference between the primary anatomic repair and intra-tunnel repair in terms of strength and durability of the tendon. When the tendon maturity is evaluated, the primary anatomic repair group is histologically superior.

1. GİRİŞ

Omuz ağrısı ile doktora başvurunun en sık sebebi rotator manşet problemleridir [1]. Ancak son 20 yıldaki gelişmelere rağmen tekrar yırtılma oranı halen daha kabul edilemez bir şekilde çok yüksektir. Bu oran küçük yırtıklarda %15'ten büyük yırtıklarda %90'a kadar değişmektedir [2]. Bu başarısızlığın sebebi net olarak ortaya konulamamakla beraber muhtemelen multifaktöryeldir. Tamirin kalitesi ve uygulanan teknik, yırtığın tekrarlamasındaki en önemli kriterlerdir. Hasta yaşı arttıkça iyileşme potansiyeli de azalmaktadır. 65 yaş üstü hastalarda, tendon iyileşme şansının 43%'e düştüğü gösterilmiştir. Vastamaki ve arkadaşlarının yaptıkları, bu konuda en uzun takibe ve en düşük yaş ortalamasına sahip çalışmada, MRI görüntülemeleri ile 94% re-rüptür saptanmıştır [3].

Re-rüptürlerin büyük çoğunluğu tendon-kemik bileşkesinde meydana gelmektedir [4]. Fiksasyon tekniğinden bağımsız olarak tendon ile kemik arasındaki fakir iyileşme potansiyeli re-rüptürlerdeki primer sebeptir. Tendon ve kemik arasındaki primer integrasyon, entezis adı verilen özel bir doku ile meydana gelir. Bu yapı tendon, non-mineralize fibrokartilaj, mineralize fibrokartilaj ve kemik olmak üzere 4 farklı bölümden oluşur [5]. Rotator manşet tamiri sonrası iyileşme dokusu, fibrokartilajınöz bileşke rejenerasyonundan ziyade daha çok fibrovasküler skar dokusu ile olur. Böylece entezis rejenerasyonundaki eksiklik yüksek re-rüptür oranlarıyla sonuçlanır.

Sonuç olarak güncel literatür bu hastalığın tedavisinde, rutin tamir tekniklerinin orta-uzun dönemli takiplerde yetersiz olduğunu ve yeni protokollere ihtiyaç olduğunu göstermekte ve foot-print yüzeyinde gerçekleşmesi beklenen biyolojik iyileşmenin yeterli olmadığını bildirmektedir [6, 7]. Bu çalışmada, literatürde başka modellerde gösterilmiş olan tünel içi tamir metodu, rotator manşete uygulanarak doğal entezis dokusunun histolojik olarak gösterilmesi amaçlanmıştır . Bununla beraber biyolojik açıdan daha iyi bir iyileşme sağlayacağı düşünüldükçe, biyomekanik üstünlük sağlayacağı da varsayılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Tarihçe

Rotator manşet kavramının tarihte ilk olarak kim tarafından kullanıldığı bilinmemekle beraber, literatüre bakıldığında ilk olarak 1788 yılında Alexander Monro tarafından tanımlanmış ve çizime aktarılmıştır [8]. (Şekil 2.1) 1834 yılında John Smith, 7 vakalık kadavra serisi yayınlamıştır. Bu seride rotator manşet ve biceps tendonu uzun başı ile alakalı farklı derecedeki patolojileri tanımlamıştır [9].



Şekil 2.1- Monro tarafından yapılan, rotator manşet yırtığının bilinen ilk çizimi [8]

Cerrahi olarak rotator manşetin tamirine ait ilk uygulama 1870 yılında Karl Hüter tarafından yapılmıştır [10]. Kronik dislokasyon olan bir vakada, humerus başını rezeke etmiş; rotator manşeti de humerus diafizine tespit etmiştir. 1898’de Wilhelm Müller omuz stabilizasyonu cerrahisi sırasında, rotator manşeti humerus başına tamir etmiştir [10]. Perthes’in 1906’da yayınladığı 3 vakalık serisinde, ilk kez rotator manşet tamirinde ‘anchor’ kullanılmıştır [11]. Takibinde Codman’ın 1911 yılında, supraspinatus tendon tamir tekniği ile alakalı yaptığı tanımlama ise, bu konuda bir dönüm noktası olmuştur [12]. Takip eden yıllarda görüntüleme tekniklerinin gelişmesi ile beraber sınıflandırmalar artmış, yeni teknikler tanımlanmıştır. Ancak 21.yüzyıla kadar açık trans-osseoz tamir, altın standart olarak kalmıştır. 1972’de Neer [13], subakromiyal sıkışmanın önlenmesi amacıyla akromiyoplastiyi tanımlamıştır. Cofield [14] ve Gerber [15] ise, tendon transferini ilk kez rotator manşet yırtıklarında kullanarak, farklı bir tekniğin ilk adımlarını atmışlardır.

Günümüzde rotator manşet cerrahisinin artık bir rutini olan artroskopinin keşfi ise, bu alanda ‘oyun değiştirici’ olarak tabir edilebilir. İnsan vücudundaki bir eklemin bilinen ilk görüntülemesini, 1912 yılında Danimarka’lı cerrah Severin Nordentoft, diz eklemine laparoskop yardımıyla inceleyerek yapmıştır [16]. Tanısal olarak omuz eklemine artroskopik incelenmesini ise ilk olarak 1931 yılında Burman [17] yapmıştır. 25 tanesi omuz eklemi olmak üzere, farklı kadavralarda 90 farklı eklemi artroskopik olarak incelemiştir.

Omuz artroskopisinin tedavi amaçlı ilk kullanımı ise 1980’li yıllarda olmuştur. Ellman, 50 ardışık hastaya artroskopik olarak subakromiyal dekompresyon uygulamıştır [18]. Yine aynı dönemde James Andrews, supraspinatus yırtığı olan 36 hastaya artroskopik olarak debridman işlemi uygulamıştır [19]. Rotator manşet tamirinin artroskopik uygulamaları ise daha sonrasında gerçekleşmiştir. 1993 yılında Raymond Thal, artroskopik olarak matris dikişlerinin yerleştirilmesiyle ilgili bir teknik yayımlamıştır [20]. Bu teknik, günümüzde hala devam eden farklı cerrahi teknikler arasındaki tartışmalara giden yolda bir ön ayak olmuştur.

2.2. Rotator Manşet Anatomisi ve Histolojisi

Omuz eklemi, vücutta 3 boyutlu düzlemde en fazla hareket açıklığına sahip olan eklemdir. Yüksek mobilizasyon yeteneğinin getirmiş olduğu dezavantaj olarak da vücutta çıkıkla en fazla karşılaştığımız eklemdir. Stabilizasyonun birçok değişkene sahip olduğu bu eklemden, rotator manşet de stabilizasyon ve fonksiyonlara önemli katkı sağlayan bir elemandır. Klinik olarak farklı problemlerle karşımıza gelebilen rotator manşetin, tedavisini yönetmek için de öncelikle bu anatomiye doğru anlamak önemlidir. Diğer yandan rotator manşeti izole olarak değerlendirmek yanlış olacaktır. Korakoakromiyal ark, nörovasküler yapılar ve bursalar gibi çevredeki anatomik yapıları da beraber incelemek doğru yaklaşımda yardımcı olacaktır.

2.2.1. Makroskopik anatomi

Rotator manşet; supraspinatus, infraspinatus, teres minor ve subskapularis kaslarından oluşan bir komplekstir. (**Şekil 2.2**) Bu kaslar her ne kadar yüzeysel olarak ayrı ayrı gözükselerde, derin tabakada eklem kapsülü ve biceps kasının uzun başı ile beraber bir bütün olarak devam ederler [21].

M.supraspinatus

Supraspinatus kası, posteriorda skapular çıkıntının superiorundaki supraskapular fossadan orjin alarak, büyük tüberküle yapışır. İnsersiyosundaki tendinöz kısmı ön tarafta korakohumeral ligaman ile, arka tarafta infraspinatus ile beraberdir [22]. Yüzeysel lifler longitudinal olarak uzanır, tendona ayrı bir yapı görünümü kazandırır. Derin lifler oblik olarak

uzanır, böylece dikiş materyalini daha kuvvetli tutarlar. Yüzeysel liflere ait damarlar, derin kısma göre daha büyüktür. Sagittal olarak bakıldığında, kasın ön tarafı, arka tarafına göre daha güçlü ve geniştir [23]. Anterior parçanın intra-musküler fuziform şekilli bir tendonu mevcutken, posterior parçada böyle bir oluşum yoktur.

Omzun elevasyonu içeren her hareketinde fonksiyonu vardır [24]. Maksimum uzunluk-gerginlik derecesine 30 derece abduksiyonda ulaşır, bu dereceden sonrasında büyük tüberkul kaldıraç kolunu arttırır [25, 26]. Çünkü insersiyoda, kas lifleri humerus başını çevreleyerek glenoide doğru yönelirler. Bu aynı zamanda glenohumeral eklem stabilizasyonunun artmasını da sağlar. Hareket arki boyunca kasın hareket ettiği boşluk, eksternal rotasyon ile artarken, internal rotasyon ile azalır [13].

Kasın innervasyonu C5-6'dan köken alan supraskapular sinir tarafından sağlanır. Arteriyel dolaşımın ana kaynağı da supraskapular arterdir.

M.İnfraspinatus

İnfraspinatus kası, skapular çıkıntının altında infraskapular fossadan köken alarak büyük tüberküle yapışır. Tendinöz insersiyosu süperiorda supraskapular kası ile, inferiorda teres minör kası ile beraberdir [22].

En aktif 2. rotator manşet kasıdır ve eksternal rotasyon kuvvetinin yaklaşık 60%'ını oluşturur [27, 28]. Humerus başını deprese edici fonksiyonu mevcuttur. Kadavrada, pasif durumda dahi, posterior subluksasyona karşı önemli bir stabilizatör olarak görev yapar [29]. Bu kasın şaşırtıcı bir özelliği de, dinamik olarak bakıldığında farklı pozisyonlarda hem anterior hem de posterior subluksasyona karşı stabilitede görev yapmasıdır [27, 30].

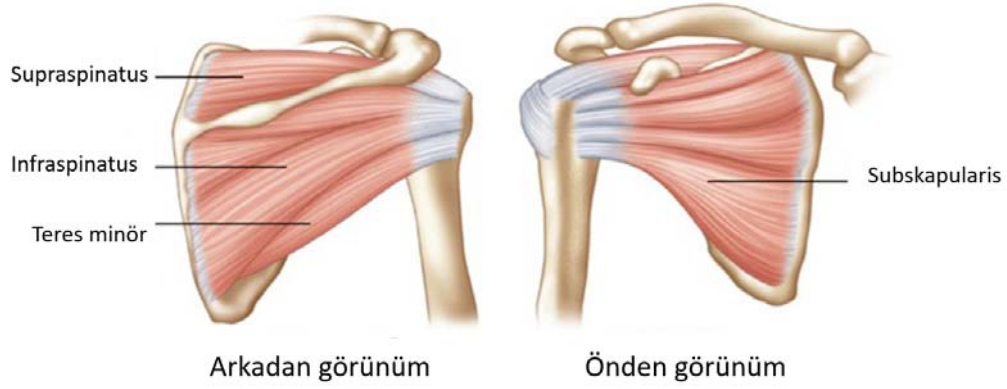
Kasın innervasyonu supraskapular sinir tarafından sağlanır. Vasküler beslenmesi, genellikle suprakapular arterin 2 dalından kaynaklanır.

M.Teres Minör

Teres minör kası, skapula lateral sınırının orta hattından ve infraspinatus kasının fasyasından köken alarak, büyük tüberkülün en posterioruna yapışır. Kasın yüzeysel kısmı, deltoid kasının derin parçasıyla bir fasya ile ayrılır. Kasın alt kısmının dış tarafında "quadrilateral boşluk", iç tarafında ise "triangüler boşluk" bulunur. Quadrilateral boşluk içinde, posterior humeral circumflex arter ve aksiller sinir; trianguler boşluk içerisinde ise circumflex skapular arter bulunur.

Supraspinatus dışındaki dış rotasyon kuvvetinin yaklaşık 45%'ini oluşturur [30].

Kasın innervasyonu aksiller sinirin posterior dalları tarafından sağlanır. Vasküler beslenmesi varyasyon göstermekle beraber, posterior humeral circumflex skapular arterden gelen dal en sabit olandır [31].



Şekil 2.2- Rotator manşet kasları [32]

M.Subskapularis

Skapulanın önünde fossa subskapularisten köken alarak, skapulanın ön kısmının çoğunu örter. Üst 2/3 'lük kısmı multipl tendinöz bantlarla düz bir tendon halini alarak küçük tuberküle yapışırken; alt 1/3' lük kısmı küçük tüberkülün altına ve humerus metafizine direkt olarak muskuler bir membran ile yapışır [33]. Kasın üst kısmı kollajen açısından çok zengindir, böylece omzun pasif stabilizatörlerinden biri olarak görev yapar [34, 35].

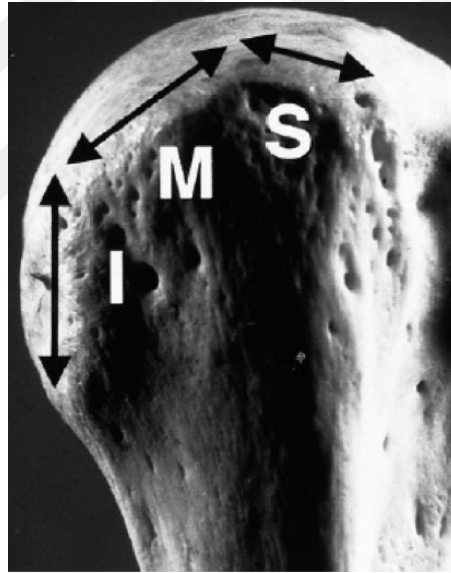
Fonksiyonel olarak ana görevi iç rotasyon yapmak ve anterior subluksasyona karşı pasif stabilizatörlüktür. Alt taraftaki lifleri humerus başını deprese ederek, deltoidin kuvvetine karşı koyarlar [36]. Diğer rotator manşet kaslarında olduğu gibi yüzeysel lifleri paralel, derin lifleri oblik olarak seyreder. Cerrahi olarak dikiş atılmasına kolaylık sağlar.

Tendonun üst parçasının derin kısmında glenohumeral eklem bulunur. Orta glenohumeral ligaman, tendonun üst kısmının hemen arkasında, kası çaprazlayarak devam eder. Kasın üst yarısının innervasyonu üst subskapular sinirler, alt 20%' lik kısmının innervasyonu alt subskapular sinirler tarafından sağlanır. Arada kalan 30%' luk alanın innervasyonu ise varyasyon göstermektedir [37]. Yapılan anatomik çalışmalarda, vasküler beslenme açısından anterior humeral circumflex arter ve üst subskapular arter önemli fonksiyona sahiptir [38].

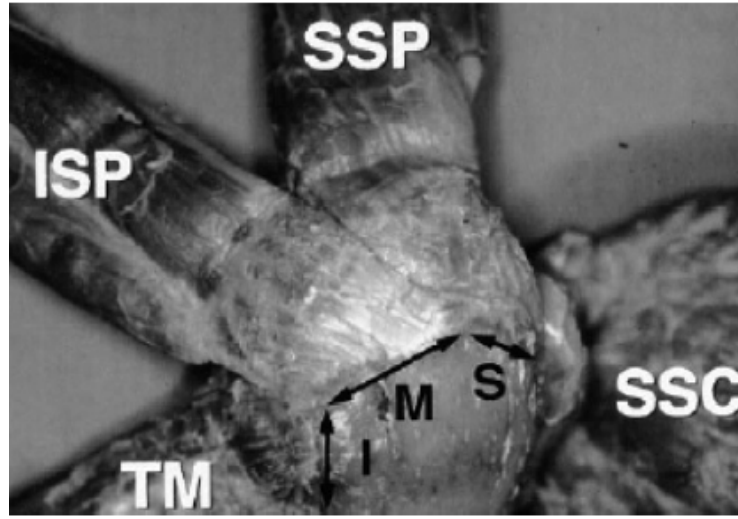
Büyük Tüberkül

Dış rotasyon yaptıran 3 adet rotator manşet kasının yapıştığı 3 adet yüzeye sahiptir (superior, orta, inferior). (Şekil 2.3) Rotator manşet yırtıkları sonrasında bu bölgede, Wolff kanununa bağlı olarak osteopeni meydana gelmektedir [39]. Kemik kalitesinde meydana gelen bu azalma, yapılacak olan cerrahinin başarısı açısından önemlidir.

Rotator manşet kaslarının büyük tüberkül üzerinde yapıştıkları yerlere ‘’ayak izi’’ denilmektedir. Anatomik olarak her kas için bu bölge ayrı ayrı gösterilse de, yapılan kadavra çalışmalarında kasların bir kompleks oluşturarak yapıştıkları gösterilmiştir. (Şekil 2.4) Rotator manşet cerrahisi sırasında, yapılacak olan tamirin doğru anatomik bölgeye yapılması, cerrahi sonrası iyileşme ve normal fonksiyonları kazanmada önemli rol oynamaktadır [40]



Şekil 2.3- Büyük tüberküle ait 3 adet yüzey (S: Süperior, M: Middle, I: Inferior) [41]



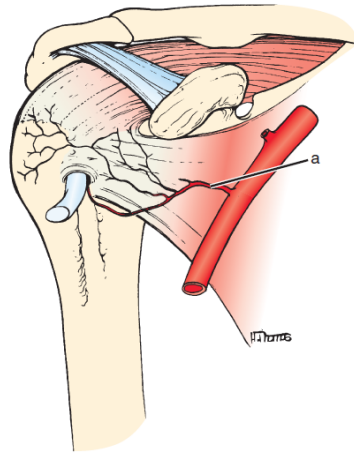
Şekil 2.4- Rotator manşet kaslarının büyük tüberküldeki yapışma yerleri (SSC: Subskapularis, SSP: Supraspinatus, ISP: Infraspinatus, TM: Teres minor) [41]

Korakoakromiyal Ark

Korakoid, korakoakromiyal bağ ve korakoid çıkıntından oluşan arktır. Bu arkın altında bulunan subakromiyal bursa ve bununla bağlantılı olan subdeltoid bursa, rotator manşetin hareketini kolaylaştıran kaygan bir alan sağlarlar. Rotator manşet yırtıkları öncesinde enflamasyon ilk olarak bu bursalardan başlar.

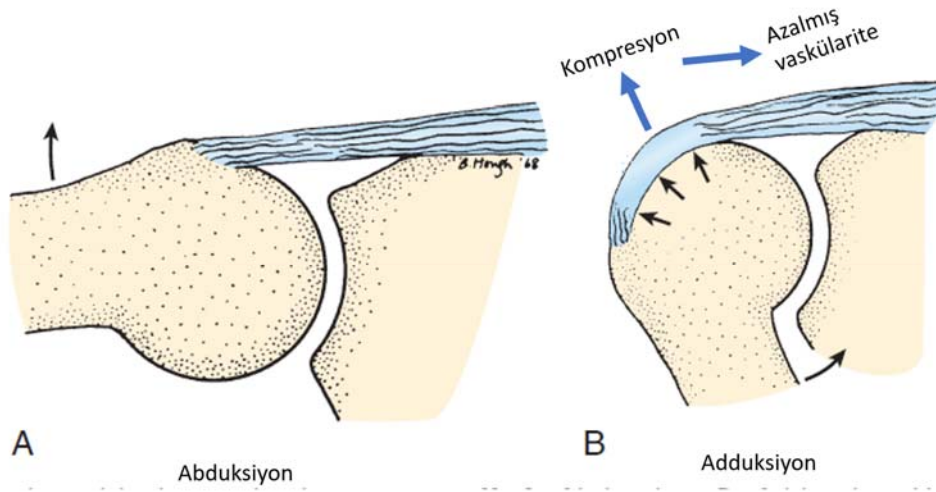
2.2.2. Mikroskopik anatomi

Yapılan çalışmalarda 6 farklı arterin, rotator manşetin vasküler beslenmesine katkıda bulunduğu; ancak asıl kanlanmayı bunlardan supraskapular, anterior humeral circumflex ve posterior humeral circumflex arterin sağladığı gösterilmiştir [42, 43]. (Şekil 2.5)



Şekil 2.5- Rotator manşetin ön kısmının vasküler beslenmesi [44]

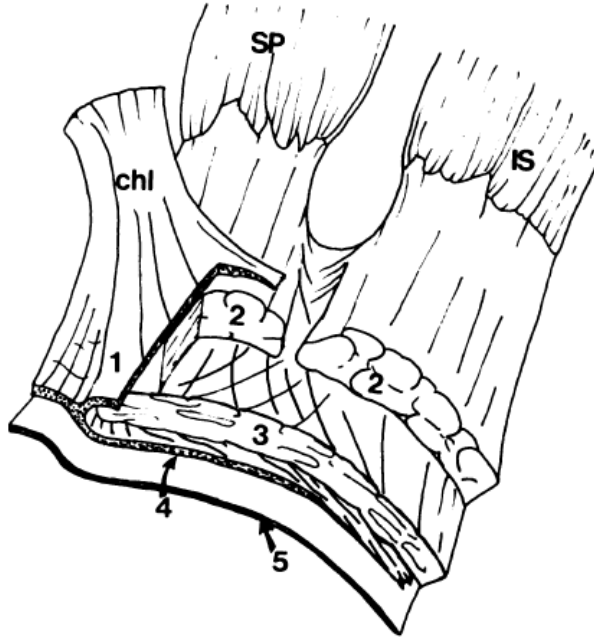
Lindblom supraspinatus tendonu insersiyosunun proksimalinde hipovasküler bir alan tanımlamıştır [45, 46]. ‘‘Codman’ın kritik zonu’’ adı verilen bu alanın, osseoz damarlar ile muskuler damarların anastomoz yaptığı yer olduğuna dair hipotez mevcuttur [47]. Bu alan dejenerasyonun başladığı yer ile uyumludur. Hipovasküler alanın doğumda var olduğu, yaşlanma ve dejenerasyonla beraber vaskülaritedeki azalmanın arttığı düşünülmektedir [48, 49]. Rahtbun ve Macnab, hipovasküler bu alanın omzun farklı pozisyonlarında arteryel kanlanmasının değiştiğini göstermişlerdir [48]. Adduksiyon ile bu alan üzerindeki basıncın artmasıyla beraber kanlanmasının azaldığını belirtmişlerdir. (Şekil 2.6)



Şekil 2.6- Rotator manşetteki hipovasküler kritik zon. A:Abduksiyon, B:Adduksiyon. Adduksiyonda kompresif yükler nedeniyle artan basınç, kanlanmayı azaltmakta [44]

2.2.3. Rotator manşet histolojisi

Rotator manşet histolojisi hakkında yapılan anatomik çalışmada, bu kompleksin 5 farklı katmana sahip olduğu gösterilmiştir [21]. En yüzeysel tabaka korakohumeral bağın, kasın aksına oblik olarak uzanan liflerinden oluşur. Altındaki tabaka, supraspinatus tendonunun paralel uzanan büyük liflerini içerir. Üçüncü katmanda bir üst tabakadakine benzer şekilde tendon lifleri, daha seyrek ve gevşek bir şekilde bulunurlar. Ayrıca bu katmanda lifler paralel uzanım göstermezler. Dördüncü katman, kalın kollajen lifleri ile beraber gevşek bağ dokusunu ihtiva eder. En derin katman ise eklem kapsülünün kendisidir. (Şekil 2.7) Bu farklı katmanların farklı anatomileri, tendon için stresi artırır. Bu nedenle intra-substans yırtıkları, bursal ve artiküler taraf yırtıklarına göre çok daha sık görürüz.



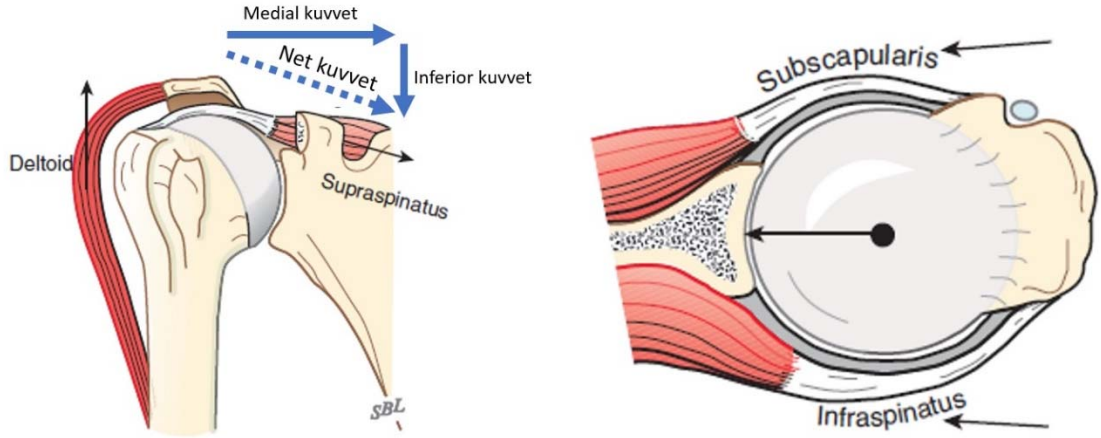
Şekil 2.7- Rotator manşetin histolojik katmanları [21]

Rotator manşet tendonlarında en fazla bulunan kollajen tipi tip-I kollajendir. Bununla beraber az miktarda da tip-III kollajen yapıya katkıda bulunur. Dejenere veya yırtık olan tendonlar histolojik olarak incelendiğinde, kollajen oranının tip-III kollajen lehine bozulduğu görülmüştür [21, 50].

2.3. Rotator Manşet Biyomekaniği

Rotator manşet kaslarının temel olarak 3 görevi mevcuttur: humerusun skapulaya göre rotasyonunu sağlamak, kas dengesi ve humerus başının glenoid fossaya doğru kompresyonu. Humerus başına uygulanan bu kompresyon, omuz kapsüler ligamentlerinin gevşek olduğu pozisyonlarda glenohumeral stabilitenin sağlanması için çok önemlidir [51, 52].

Rotator manşetteki ‘‘force couple’’ denilen ‘‘kuvvetler çifti’’ kavramı hem transvers hem de koronal planda tanımlanmıştır [53, 54]. Koronal planda ‘‘kuvvetler çifti’’ tanımı ilk olarak Inman ve arkadaşları tarafından yapılmıştır [36]. Koronal planda deltoide karşı olarak infraspinatus, teres minor ve subskapularis beraber çalışırlar. Transvers planda ise subskapularisin anterior kuvvetini, posteriordaki infraspinatus ve teres minor dengeler. (Şekil 2.8) Bu konseptin klinik olarak uygulaması ise özellikle masif rotator manşet yırtıklarının karşımıza çıkmaktadır. Bu durumda amaç her şeyi tamir etmekten ziyade ‘‘kuvvetler çifti’’ olarak bahsettiğimiz dengeyi sağlamaktır. Bu sayede humerus başı glenoid kavitede stabil kalarak, hareketin dayanak noktası olmaya devam eder [54]. Eğer bu denge sağlanamazsa, deltoid kuvveti efektif olarak kullanılamaz.



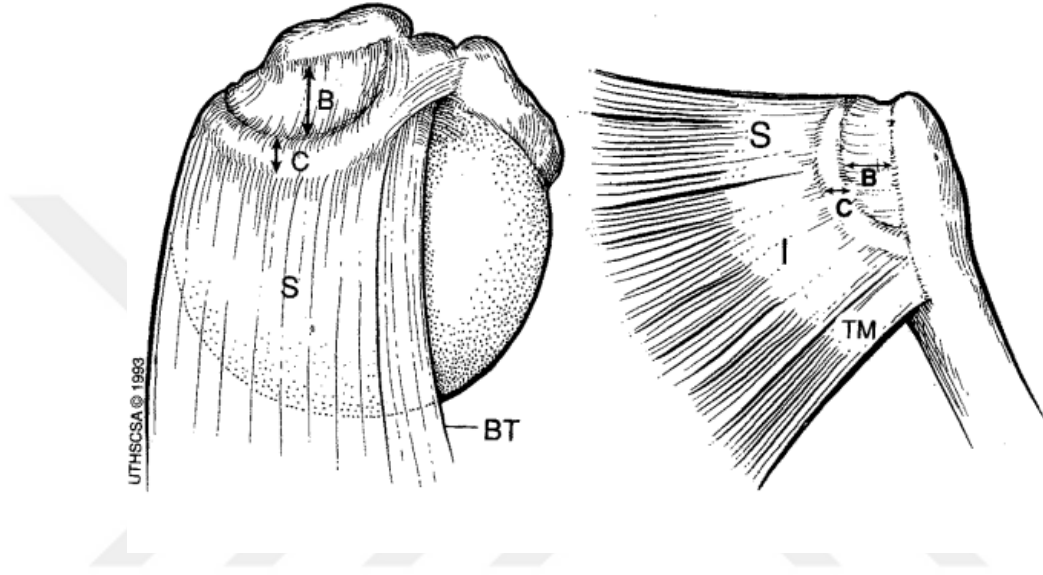
Şekil 2.8- Rotator manşet kasları arasındaki denge, humerus başını glenoid kaviteye doğru komprese eder [55].

Omuz eklemindeki dengeyi açıklamak için “kuvvetler çifti” konsepti tek başına yeterli olmamaktadır. Hareket esnasında bir kasın istenmeyen etkisi de, diğer kaslar tarafından dengelenmektedir. Örnek vermek gerekirse, latissimus dorsi kası sadece adduksiyon için kullanılırsa, bu kasın iç rotasyon kuvveti posterior rotator manşet ve posterior deltoid lifleri tarafından nötralize edilir. Bu örnekten de görüleceği üzere, omuz kuşağındaki tüm kasların fonksiyonları koordineli bir şekilde olmakta, istenmeyen bir hareket diğer kaslar ile nötralize edilmekte sonuç olarak da sadece istenen hareket için gerekli net tork kuvveti oluşmaktadır [56].

Herhangi bir manşet kası tarafından iletilen kuvvet, kasın büyüklüğüne, sağlığına ve eklemin pozisyonuna direkt olarak bağlıdır. Colachis ve arkadaşları, selektif sinir bloğu yaptıkları çalışmalarında supraspinatus ve infraspinatusu değerlendirmişlerdir [28, 57]. Bu iki kasın abduksiyon kuvvetinin 45%'ini, dış rotasyon kuvvetinin 90%'ını oluşturduklarını tespit etmişlerdir. Buna karşılık omuz ekleminin fonksiyonel hareketleri esnasında, deltoid kası ve supraspinatus kasının eşit derecede kuvvet sağladığını gösteren çalışma da mevcuttur [24].

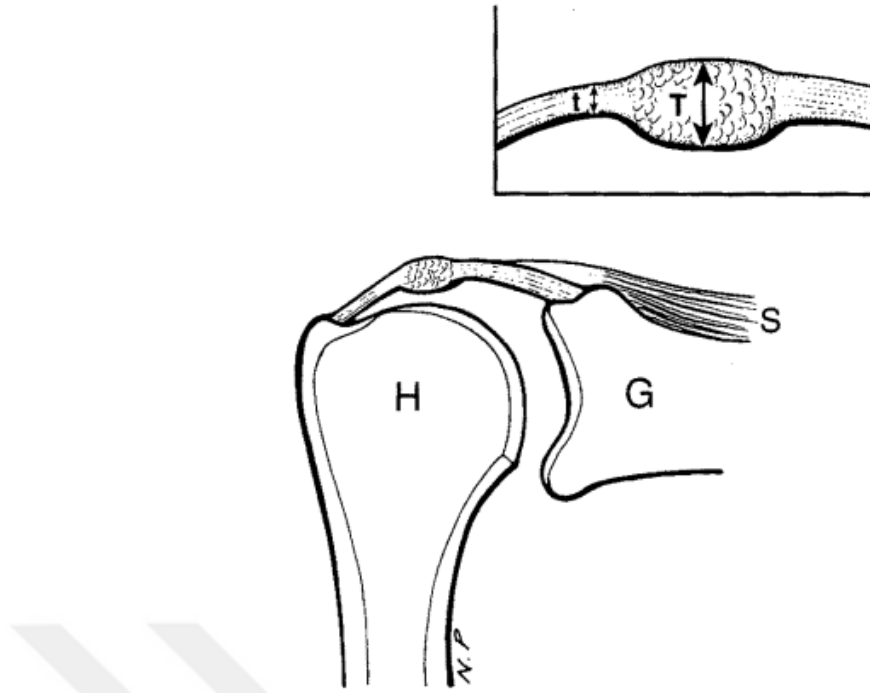
Biyomekanik anlamında rotator manşette bahsedilecek bir diğer konu da “rotator kablo” terimi ve konseptidir. Rotator manşetin artiküler tarafında bir kalınlaşma şeklinde gözükken bir yapı ilk olarak “transverse band” olarak tanımlanmış [21]; Burkhart ve arkadaşları

tarafından da ‘‘rotator kablo’’ olarak değiştirilmiştir [54]. (şekil 2.9). Supraspinatusun n tarafından başlayarak, infraspinatusun posterior kısmına kadar devam eder. (şekil 2.10) Bu yapının önemi rotator manşet yırtıklarında karşımıza çıkar. Yırtık tendonun serbest uçlarına destek olarak ‘‘asma köprü’’ gibi bir işlev görür [53, 58]. Bu kablonun lateralindeki yarım ay şeklindeki bölgede oluşan yırtıklarda, rotator kablo ‘‘asma köprü’’ gibi yükü dağıtarak, rotator manşetin normal fonksiyonunun devamını sağlar[59].



şekil 2.9- Rotator kablo ve yarım ayın, superiordan ve posteriordan görünüşü (B:Rotator yarım ayın genişliği, C:Rotator kablonun genişliği, S:Supraspinatus, I:Infraspinatus, TM:Teres minor, BT:Biceps tendonu) [53]

Sinir ve kaslardaki hasarlar veya zayıflıklar, skapulanın göğüs duvarı üzerinde diskinetik hareketine neden olabilir. Rotator manşet kaslarının orjini olan skapulanın bu hareketi, manşet kasları için mekanik bir dezavantaja neden olur. Tedavi skapulanın stabilize edici egzersizleridir. Rehabilitasyon ile skapula stabilizatörleri güçlenen hastaların, rotator manşet mekaniğinde gelişme gözlenir.



Şekil 2.10- Rotator kablo ve yarım ayın koronal kesiti. Rotator kablonun, rotator yarım aya kıyasla daha kalın bir yapıda olduğu gözükmekte (T:Rotator kablonun kalınlığı, t:Rotator yarım ayın kalınlığı) [53]

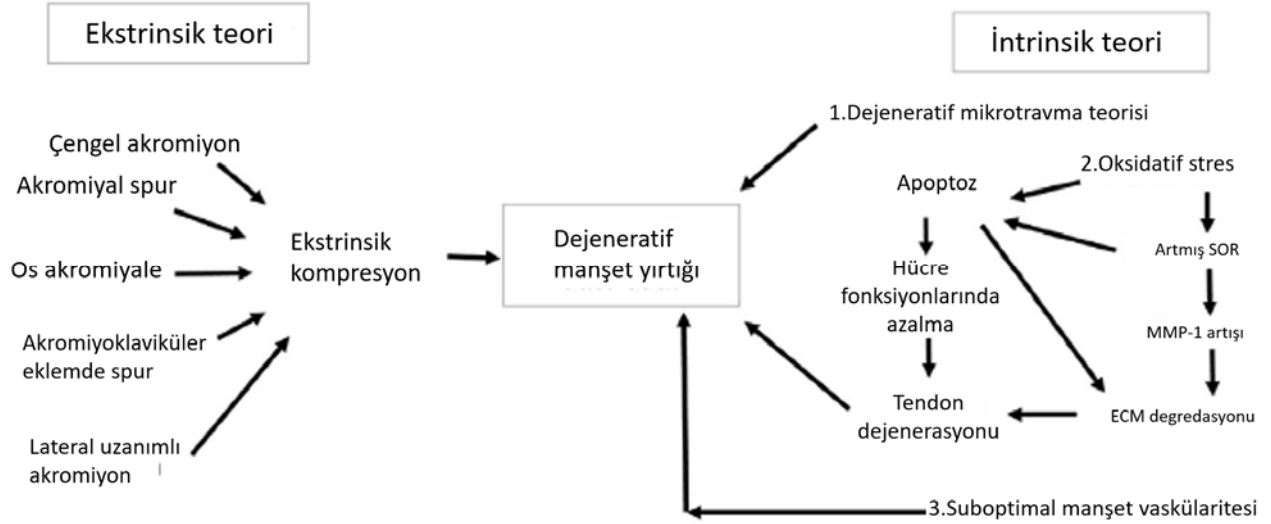
2.4. Rotator Manşet Yırtıklarının Etiyolojisi ve Patogenezi

Rotator manşet yırtıkları multi-faktöryel etiyojije sahiptir. Nedenler geleneksel olarak intrinsik ve ekstrinsik faktörler olarak ikiye ayrılır. Ekstrinsik sebepler travmatik yaralanmaları[60] ve anatomik faktörleri[13, 61] içerir. Yaş ilişkili dejenerasyon[62] ve genetik durumlar[63] intrinsik faktörler olarak değerlendirilir. (Şekil 2.11)

2.4.1. Ekstrinsik teori

Ekstrinsik faktörlerden günümüzde en çok sorumlu tutulan akromiyondur. 1949 yılında Armstrong [64], subakromiyal bursadan kaynaklı kompresyon ve akromiyonun neden olduğu sıkışma ile beraber "supraspinatus sendromu" tanımlamıştır. İlerleyen yıllarda Neer, omzun öne elevasyonu ile rotator manşetin ön kısmının, korakoakromiyal ark altında sıkıştığını, bunun tendinit ve yırtığa neden olduğunu belirtmiştir. Yırtıkların 95% 'inin mekanik sıkışma sonrası olduğunu, anterior akromiyoplasti ile başarılı bir şekilde tedavi edildiğini göstermiştir [13]. Bigliani de, akromiyondaki anatomik farklılıkların yırtık riskini arttırdığını belirterek, akromiyonu şekline göre sınıflandırmıştır [61]. Outlet direkt grafideki görüntüsüne göre akromiyonu düz (Tip I), kıvrık (Tip II) ve çengel (Tip III) olarak 3 farklı tipe ayırmıştır. (Şekil 2.12) Yapılan bazı çalışmalarda, Tip III akromiyon artmış rotator manşet yırtık sıklığı ile ilişkili

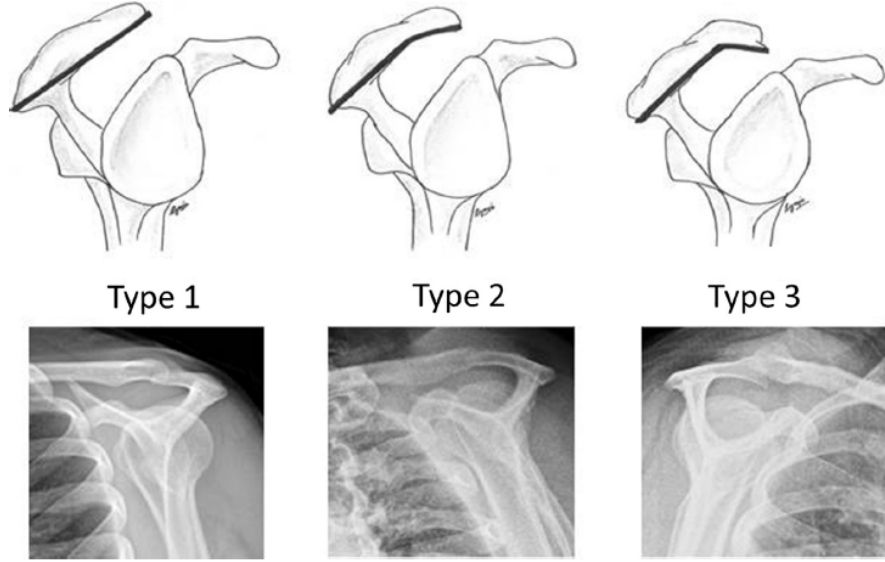
gösterilse de [61, 65, 66], bu ilişkinin olmadığını gösteren çalışmalar da literatürde mevcuttur [67]. Wang ve arkadaşları ise Bigliani Tip II ve Tip III akromiyona sahip hastaların, konservatif tedaviden fayda görmediklerini göstermişlerdir [68].



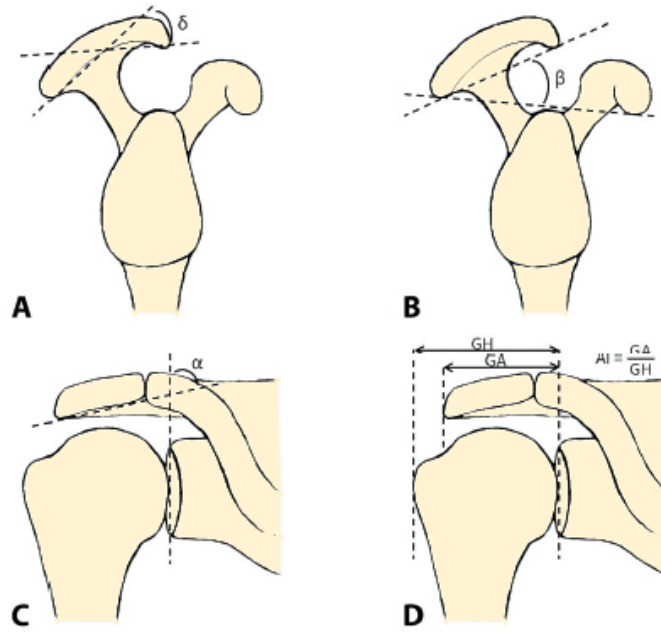
Şekil 2.11- Rotator manşet yırtık oluşumundaki ekstrinsik ve intrinsik yolların özeti.
(SOR:Serbest oksijen radikalleri, MMP-1:Matriks metalloproteinaz-1, ECM:Ekstraselüler matriks) [69]

Akromiyal spur, akromiyal slope, korakoakromiyal ligament, os akromiyale ve akromiyoklaviküler eklem spuru gibi değişik faktörler de ekstrinsik tendon kompresyonuna neden olarak yırtık gelişiminde rol oynayabilirler. Süreç içerisinde akromiyal slope, akromiyal tilt, lateral akromiyal açı ve akromiyal indeks gibi farklı ölçümler geliştirilerek, akromiyon ve rotator manşet yırtığı arasındaki ilişkiler incelenmiştir. (Şekil 2.13). Nyffeler ve arkadaşları, akromiyonun lateral uzanımının hesaplandığı “akromiyal index” terimini tanımlayarak, rotator manşet yırtığı ile yüksek ilişkisini göstermişlerdir [70]. Bu konsept başka bir çalışmada da yüksek yırtık insidansı ile orantılı çıkmıştır [71].

Ekstrinsik faktör teorisi, tek başına veya başka sebeplerle kombine olarak supraspinatus tendon yırtığı patogeneğinde önemli rol oynamakla beraber; literatürde bu konu ile ilgili kesin bir cevap bulunamamaktadır. Ayrıca infraspinatus ve daha posteriorda olan yırtıklarda veya artiküler taraftaki yırtıkları açıklamada, ekstrinsik faktör teorisi yetersiz kalmaktadır.



Şekil 2.12- Supraspinatus outlet direkt grafisine göre Bigliani'nin akromiyon tiplendirmesi [69]



Şekil 2.13- Akromiyon morfolojisine ait bazı parametreler (A:Akromiyal slope, B:Akromiyal tilt, C:Lateral akromiyal açı, D:Akromiyal indeks) [71]

2.4.2. İntrinsik teori

İntrinsik faktör teorisi ilk olarak Codman tarafından ortaya atılmıştır [12]. En sık kabul edilen teori "degeneratif-mikrotravma" modelidir. Tekrarlayan mikrotravma ve yüklenmelerle

beraber yaşa bağlı oluşan dejenerasyonun zamanla tam kat yırtığa neden olduğu savunulur. Bunu destekleyecek şekilde, 60 yaşından sonra manşet yırtık riskinin 50% olduğunu [72]; 50 yaştan 80 yaşa geçildiğinde manşet yırtık riskinin 13%'ten 51%'e çıktığını gösteren çalışmalar mevcuttur [73]. Ancak bunun hastalıktan ziyade, yaşlanmaya bağlı doğal bir süreç olduğu da belirtilmiştir. Kollajen yapısında düzensizlik ve incelmeye, hyalin dejenerasyon, yağlı infiltrasyon ve vasküler proliferasyon yaşlanmayla beraber manşet kaslarında görülen internal değişikliklerdir [73]. Rat modelinde yapılan bir hayvansal deneyde [74], ilerleyen yaş ile beraber oluşan kollajen yapısındaki düzensizliğin tendon-kemik iyileşmesini de kötü yönde etkilediği gösterilmiştir. Yine aynı çalışmada, kompresif yüklerden sorumlu olan tip-II kollajenin, yaş ile beraber yerini daha zayıf tip-III kollajene bıraktığı görülmüş. Tendon yapısında oluşan bu zayıflıklar da zaman içerisinde oluşacak yırtığa zemin hazırlamaktadır.

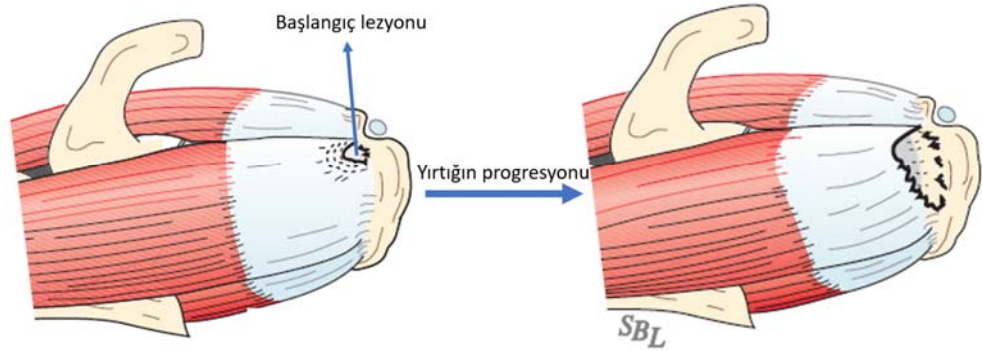
Intrinsik faktör teorisinde sorumlu bir diğer neden ise "oksidatif stres"tir. Oksidatif stres oluşumunda en çok kabul edilen görüş, tekrarlayan travmalara bağlı oluşan tamir yanıtının tetiklemesidir. Yüksek miktardaki reaktif oksijen radikallerinin tendonu hasarlamasından dolayı, oksidatif stres "tenosit apoptozu"nu tetikler [75, 76]. MMP'ler, siklo-oksijenaz-2 (COX-2) ve prostaglandin-E2, oksidatif stres sürecinde lokal konsantrasyonu fazla olan inflamatuvar mediatörlerdir. MMP muhtemelen apoptoz sürecini yönetir ve kollajen yapısını değiştirir. COX-2 ve prostaglandin-E2 ise manşet yırtığı ile ilişkili ağrıdan sorumludur. Lokal çevrede bulunun inflamatuvar mediatörlerin, tendon gen ekspresyonunu ve tendonun histolojik yapısını değiştirdiği de belirtilmiştir. Prokollajen alfa-1, tendon iyileşmesinden sorumlu bir markerdir. Yırtık oluşumundan sonraki 4 ayda, bu markera sahip tendon hücrelerinin sayısında dramatik bir düşüş olduğu gösterilmiştir [77].

Tendondaki hipovaskülarizasyon, intrinsik faktörler arasında önemli bir başka sebeptir. Supraspinatus tendonunun insersiyosunun 10-15 mm kadar proksimalinde "hipovasküler alan" veya "kritik istemi alanı" denilen daha önce de bahsettiğimiz bir bölge mevcuttur. Bununla beraber Benjamin ve arkadaşları, tendon tamiri sonrasında tendon-kemik yüzeyinde fibrokartilaj oluşma sürecinde, tendon içinde hipovasküler alanların oluştuğunu ve bunların da tekrarlayan yırtıklardan ve zayıf iyileşme potansiyelinden sorumlu olduğunu belirtmişlerdir [78]. Anatomik olarak vaskülaritenin zayıf olduğu bölgelerin bulunmasının dışında, ilerleyen yaş da tendon beslenmesinin azalmasına sebep olur. Rudzki ve arkadaşları, 40 yaş üstündeki rotator manşet vaskülaritesinin, 40 yaş altındakilere göre anlamlı derecede daha düşük olduğunu kanıtlamışlardır [79]. Bu fark özellikle medialdeki artiküler alanda daha belirgindir. Bu bulgu, Codman'ın daha önce belirttiği, tendonun kemikten ayrılmasının

medialde artiküler alandan başladığı teorisini de vaskülarite zeminine dayandırarak açıklamaktadır. “Codman kritik zonu” olarak bahsettiğimiz hipovasküler alanın beslenmesini daha da bozan sigara, hipertansiyon, akciğer ve kalp hastalıkları, obezite gibi durumlar da yırtığa zemin hazırlayan diğer faktörlerdendir.

2.4.3. Yırtık pato-mekanizması

Bir yırtığın oluşma mekanizmasını anlamadan önce, “peel off” olarak tanımlanan, başlangıç lezyonunu tanımak gerekmektedir. Tendonun kemikten sıyrılmaya başlamasıyla beraber oluşan lezyona “peel off” lezyonu denilir. Codman’a göre bu lezyon biceps pulleyinin 7 mm posteriorundan [80], Kim ve arkadaşlarına göre biceps tendonunun 15 mm posteriorundan [81], Nimura ve arkadaşlarına göre ise anterior supraspinatus tendonunun 11 mm posteriorundan başlar [82]. (**Şekil 2.14**) Daha önce yapılan anatomik çalışmalardaki bilgiler göz önüne alındığında, bu bölgenin posterior supraspinatus ve anterior infraspinatus tendonlarının interdijitasyon yaptıkları alana denk geldiği görülür [21]. Bu bölgenin diğer bir özelliği de Burkhart tarafından tanımlanan “rotator hilal” dokusunun içinde yer almasıdır. Peel off lezyonunun oluşumuyla beraber, rotator manşet yapışma yerinde skleroz ve kist oluşumu gibi direkt grafide görülebilen değişimler indüklenir. Bu lezyon iyileşebilir, aynı şekilde kalabilir veya genişleyebilir.



Şekil 2.14- Dejeneratif yırtığın başlama noktası ve posterioara doğru ilerlemesi [83]

Küçük derecedeki bir peel off lezyonu bile supraspinatusun humerus başı üzerinde olan kompresif etkisini zayıflatarak sıkışmaya ve tendonun ön kısmında bursal tarafta lezyon oluşmasına neden olur. Tendonun ön kısmının daha güçlü olmasından dolayı ilerleme arka tarafa doğru olur. Daha geç evrelerde derin U şekilli veya L şekilli yırtıklar karşımıza çıkabilir. Infraspinatus posterioara ve aşağıya doğru sublukse olur. Biceps tendonu uzun başında hipertrofi

ve saçaklanmalar başlar. Ön tarafta kapsül-korakohumeral kompleks, supraspinatus tendonunu ön tarafa doğru çekerek, korako-humeralin ön tarafa sublüksasyonuna neden olur. Tendon tamamen gerilince yapışma yerinden kalkar ve biceps pulleyi hasarlanarak biceps tendonu da ön tarafa doğru sublükse olur. Subskapularis kasının üst kısmında yırtığa neden olur. Tüm bunların sonucunda humerus başı açığa çıkarak “çıplak baş görünümü” oluşur. Hem koronal hem transvers planda “kuvvetler çifti” kaybolur ve humerus başı proksimale doğru yer değiştirir [84]. Keener ve arkadaşlarının ultrason ve direkt grafiiyi kombine olarak kullandıkları çalışmada, infraspinatusu da içine alan daha geniş ve semptomatik yırtıklarda, daha küçük yırtığa sahip gruba göre humerus başının proksimale migrasyonunun daha fazla olduğunu göstermişlerdir [85]. Son aşamada ise masif rotator manşet yırtığı ve takiben rotator manşet artropatisi gelişir.

2.4.4. Rotator manşet yırtıklarında doğal seyir

Parsiyel rotator manşet yırtıklarının 10%’u iyileşir, 10%’u küçülür, 53%’ü ilerler ve 28%’i tam kat yırtık haline gelir [86]. Tam kat yırtıklar spontan olarak iyileşemezler. Bununla beraber yırtık büyüklüğündeki artış, kasta yağlı infiltrasyon oluşumunu da artırır. 251 tam kat rotator manşet yırtığında yapılan ultrasonografik bir çalışmada, yırtık büyüklüğündeki her 5 mm artışa karşılık, yağlı infiltrasyon oranının 2 katına çıktığı gösterilmiştir [81]. Yine aynı çalışmada supraspinatusun ön liflerini içine almayan yırtıklarda, yağlı infiltrasyon riskinin daha az olduğunu belirtmişlerdir. Bu muhtemelen “rotator kablunun” sağlam kalması ile alakalıdır. Supraspinatus kasının ön lifleri, rotator kablunun “asma köprü” etkisi için önemli rol oynamaktadır. Sağlam kaldığı zaman yükü kablo üzerinden dağıtmaktadır. Dolayısıyla ön kısımda devamlılığın kaybolması durumunda, kas dokusunun ilerleyen retraksiyonu ve dejenerasyonunu takiben, iyileşme potansiyelinde azalma görülür.

Yağlı infiltrasyon, kas atrofisi ve biceps tendonundaki değişimler yeni oluşan semptomatik yırtıklarda daha hızlı görülür. Orta derecedeki yağlı infiltrasyon ilk yırtıktan 3 sene sonra görülürken daha ağır değişimler yaklaşık 5 sene sonra görülür [87]. Eğer infraspinatus kasında yağlı infiltrasyon görülürse, bu birden çok tendonu içine alan yırtığın bir göstergesidir [88].

2.5. Rotator Manşet Yırtıklarının Sınıflandırılması

Rotator manşet problemleri basit bir tendinopatiden, rotator manşet artropatisine kadar uzanan geniş bir spektrumu içine almaktadır. Pratikte klinik değerlendirmeden yararlansak da, ileri görüntüleme teknikleri patolojinin bu spektrumun hangi aşamasında olduğunu belirlemede gereklidir.

Rotator manşet patolojilerini daha iyi tanımlamak için çok sayıda sınıflandırma sistemi oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu alanda ilk sınıflandırmayı da Neer yapmıştır [89]. Neer manşet lezyonlarını 3 farklı evrede tanımlamıştır:

Evre 1: 25 yaşından genç hastalarda görülen, geriye dönüşümlü ödem ve hemoraji varlığı.

Evre 2: 25-40 yaş arası hastalarda görülen, rotator manşetin fibroz ve sklerozu. Ağrı aktivite ile beraber artar.

Evre 3: 40 yaşından ileri hastalarda görülen, kemik spurları ve tendon rüptürleri

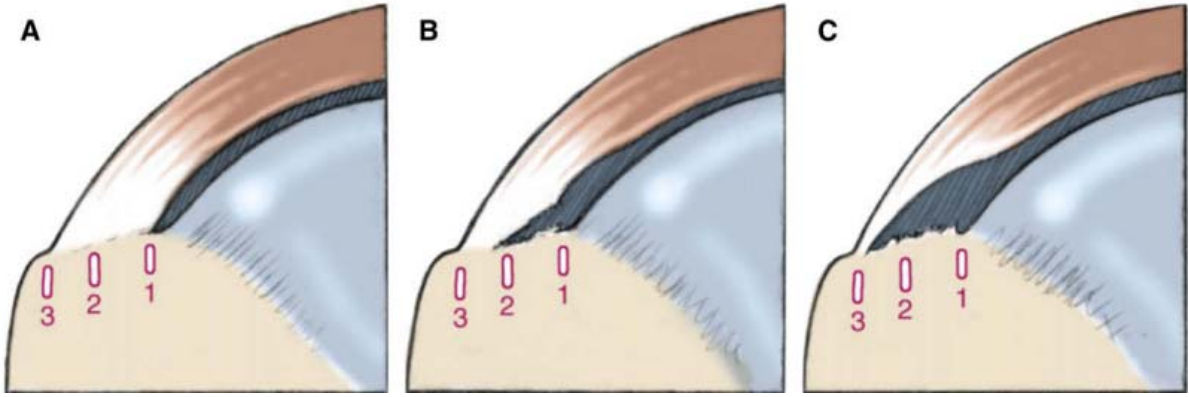
Takip eden zamanda bu sınıflandırma sistemi, çok farklı şekillerde modifiye edilmiştir. Yapısal bütünlüğün incelendiği, yırtığın tendonda bulunduğu yerin ayrıldığı farklı sistemler oluşturulmaya çalışılmıştır. Teknoloji ile beraber görüntüleme tekniklerinin ilerlemesi ile, yırtık büyüklüğü, yırtık şekli, kas atrofisi gibi değişkenler de sınıflandırma sistemlerinin içine dahil edilmiştir.

2.5.1. Parsiyel rotator manşet yırtıkları

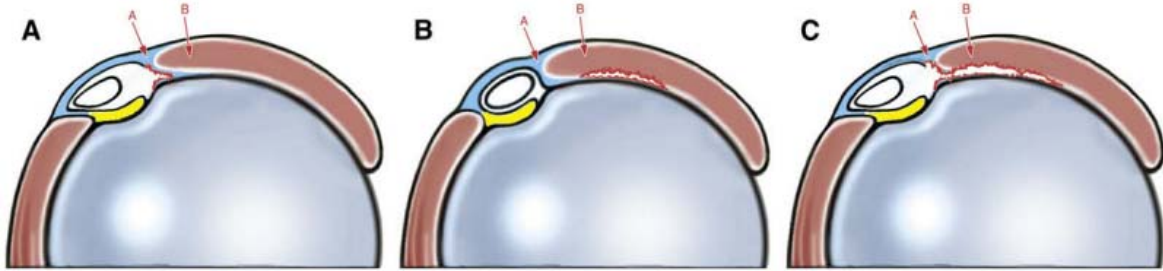
Parsiyel rotator manşet yırtıklarında en sık kullanılan sınıflandırma, Ellman tarafından tanımlanmıştır [90]. Neer'ın tanımladığı Evre-3 yırtıkların bir alt grubu olarak da kabul edilmektedir. Bu sınıflandırmada yırtık lokalizasyonu ve derinliği önemlidir. (**Tablo 2.1**) Snyder artroskopik bulgular üzerine dayanan daha ayrıntılı bir sınıflandırma geliştirmiştir [91]. Habermayer ve arkadaşları ise, artiküler taraf yırtıklarını hem koronal (**Şekil 2.15**) hem de transvers planda (**Şekil 2.16**) artroskopik bulgulara göre sınıflandırmışlardır [92]. Kendi değerlendirmelerini Snyder ve Ellman'ın yapmış olduğu sınıflandırmalar ile karşılaştırmışlardır.

Tablo 2.1- Parsiyel rotator manşet yırtıklarında Ellman sınıflaması

	Yerleşim	Derece	Büyükük
A	Artiküler	1	< 3 mm
B	Bursal	2	3 – 6 mm
C	Intra-tendinöz	3	> 6 mm



Şekil 2.15- Artiküler taraf supraspinatus tendon yırtığının koronal planda longitudinal uzanımı. A: Tip-1: Kıkırdak-kemik geçiş zonunda bulunan küçük yırtık. B: Tip-2: Yırtık footprint merkezine doğru uzanır. C: Tip-3: Yırtık büyük tüberküle doğru uzanır. [92]



Şekil 2.16- Artiküler taraf supraspinatus tendon yırtığının transvers planda sagittal uzanımı. A: Tip-A: Korakohumeral ligamanın supraspinatus medial sınırına doğru yırtılması. B: Tip-B: Hilal şeklindeki alanda bulunan izole yırtık. C: Tip-C: Pulleyin lateral sınırından başlayıp, supraspinatusun medial sınırını geçen yırtık. [92]

2.5.2. Tam kat rotator manşet yırtıkları

Tam kat rotator manşet yırtıklarının tanımlanması ve sınıflandırılması sürecinde birçok farklı sistem kullanılmıştır. Bunlar yırtık büyüklüğü, yırtığın içerdiği tendon sayısı, yırtık tipi, kronisite, tendon kalitesi ve kas atrofisi gibi farklı değişkenleri değerlendirmişlerdir.

Yırtığın büyüklüğünün değerlendirildiği sınıflandırmalardan en çok kullanılanı DeOrio ve Cofield tarafından tanımlanmıştır [93]. Bu sınıflandırmaya göre;

- 1 cm'den küçük yırtıklar – küçük
- 1-3 cm arası yırtıklar – orta
- 3-5 cm arası yırtıklar – geniş
- 5 cm üstü yırtıkları – masif

olarak tanımlanmıştır. Burda bahsedilen yırtık miktarı, sagittal kesitte yırtığın kapladığı alandır. Harryman ise yırtığın içerdiği tendon sayısını da büyüklük ile beraber değerlendirerek yeni bir sınıflandırma yapmıştır [94]. (**Tablo 2.2**)

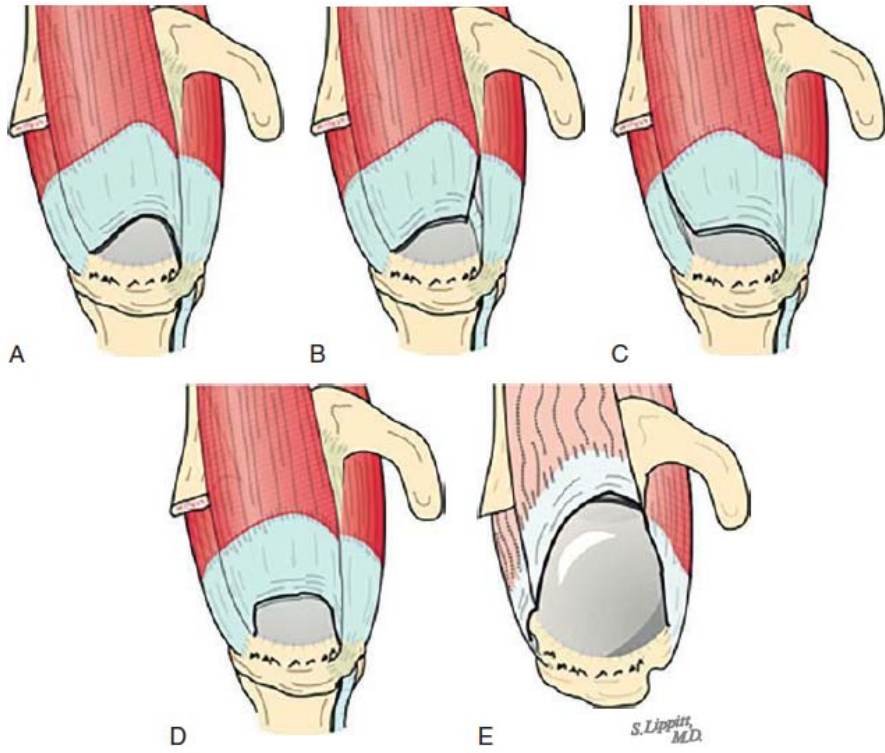
Tablo 2.2- Harryman'ın yapmış olduğu sınıflandırma

Yırtık derecesi

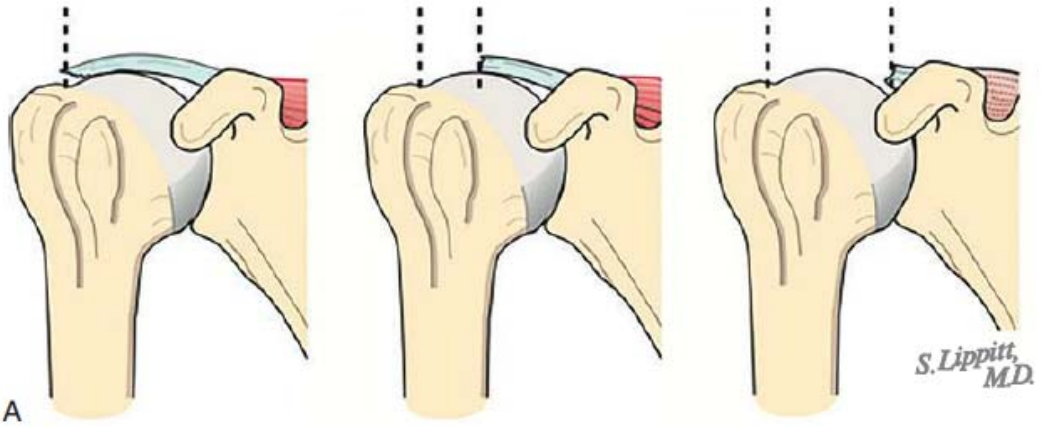
0	İntakt rotator manşet
IA	Supraspinatusun parsiyel yırtığı
IB	Supraspinatusun tam kat yırtığı
II	Supraspinatus ve infraspinatusu içeren yırtık
III	Supraspinatus, infraspinatus ve subskapularisi içeren yırtık
IV	Rotator manşet artropatisi

Yırtığın morfolojik görünümü de tedaviyi yönlendirme açısından bize yardımcı olabilmektedir. Ellman ve Gartsman yırtıkların üç boyutlu düzlemdeki görünümüne göre bir sınıflandırma sistemi geliştirmişlerdir [95]. Yırtıkları hilal tip, ters L, düz L, trapezoidal ve masif yırtıklar olarak ayırmışlardır. (**Şekil 2.17**) Hilal tip yırtıklarda tendon-kemik tamiri tercih edilirken, L tipi yırtıklarda marjin-konverjans tamirler tercih edilmektedir.

1990 yılında Patte kompleks bir sınıflandırma sistemi geliştirmiştir [96]. Yırtık büyüklüğüne hem koronal hem de sagittal planda bakmakla beraber tendon retraksiyonunu, kas atrofisini ve biceps tendonu uzun başının devamlılığını da değerlendirmiştir. Frontal planda tendon retraksiyonunu 3 gruba ayırmıştır. Evre I'de retraksiyon minimal, evre II'de humerus başı seviyesinde, evre III'te ise glenoid seviyesindedir. (**Şekil 2.18**) Sagittal planda ise yırtıkları 6 farklı grupta değerlendirmiştir.

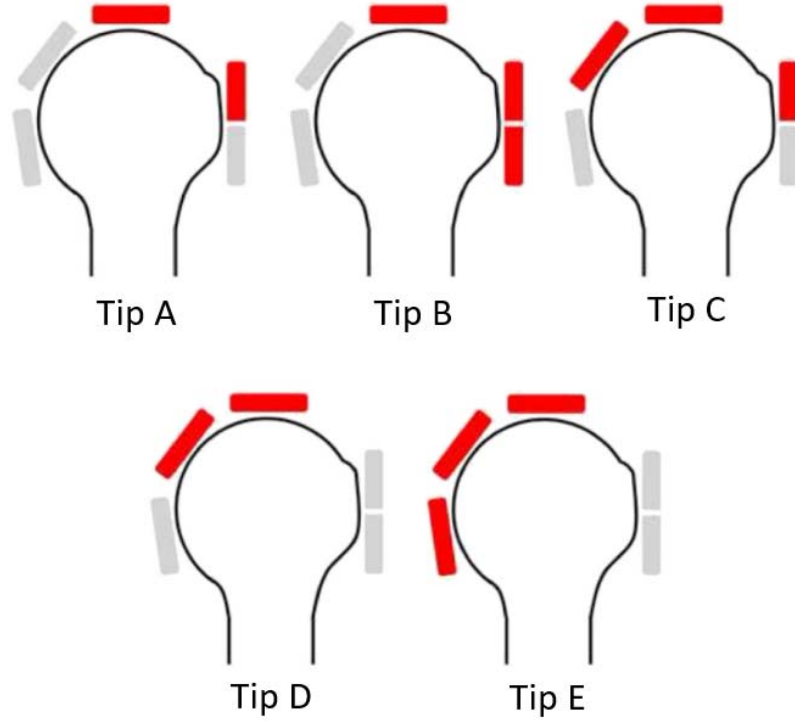


Şekil 2.17- Ellman ve Gartsman'ın yaptıkları tam kat rotator manşet yırtık sınıflaması. A, Hilal tipi; B, Ters L; C, L tipi; D, trapezoidal; E, masif [55]



Şekil 2.18- Patte sınıflamasına göre tendon retraksiyonunun evrelendirilmesi [55]

Collin ve arkadaşları ise daha sistematik yaklaşarak manşet kaslarını supraspinatus, infraspinatus, teres minor, superior subskapularis ve inferior subskapularis olmak üzere 5 farklı komponente ayırmışlardır [97]. Bu sınıflandırma ile masif yırtıklar da kendi içinde alt gruplara bölünebilmektedir. (Şekil 2.19)



Şekil 2.19- Collin ve arkadaşları tarafından yapılan sınıflandırma. Tip A: Supraspinatus + superior subskapularis yırtığı, Tip B: Supraspinatus + subskapularis yırtığı, Tip C: Supraspinatus+infraspinatus+superior subskapularis yırtığı, Tip D: Supraspinatus+infraspinatus yırtığı, TİP E: Supraspinatus+infraspinatus+teres minor yırtığı [97]

Subskapularis kası gerek fonksiyonu gerekse yapışma yeri sebebiyle yapılan sınıflandırmalarda her zaman diğer rotator manşet kaslarından ayrı olarak değerlendirilmiştir. İzole olarak bu kasın yırtıklarının sınıflandırmasını ise LaFosse yapmıştır [98]. Buna göre;

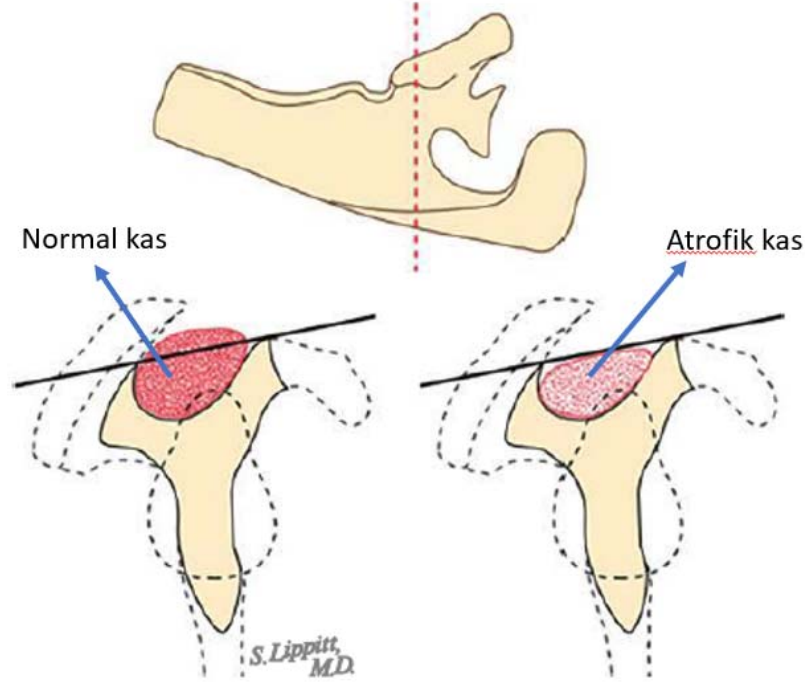
- Tip-I: Tendonun 1/3 üst kısmının parsiyel yırtığı
- Tip-II: Tendonun 1/3 kısmının tam kat yırtığı
- Tip-III: Tendonun 2/3 kısmının tam kat yırtığı
- Tip-IV: Tendonun tamamını içeren tam kat yırtık. Humerus başı santralize ve yağlı dejenerasyon 50%'nin altındadır
- Tip-V: Belirgin yağlı infiltrasyon ile beraber tendonun tam kat yırtığı

Rotator manşet yırtıklarının tedavi planlamasında bir başka önemli konu da kas içerisinde oluşan yağlı infiltrasyondur. Yırtık kronikleştikçe ve retraksiyon miktarı arttıkça oluşan atrofi ve yağlı dejenerasyon da bununla beraber artmaktadır. Bu konuda günlük pratikte en sık kullanılan ve klinikte cerrahı yönlendirmede en çok yararı olan sınıflandırma Goutallier ve arkadaşları tarafından yapılmıştır [99]. Orijinal sınıflandırma sagittal BT görüntülerinde, korakoid tipi ve inferior glenoidin görüldüğü kesitte bakılan ölçümler ile yapılmıştır. **(Tablo 2.3)** Takip eden dönemde görüntüleme teknolojisinin gelişimi ve MR cihazına ulaşımın kolaylaşması sonucu, bu sınıflandırma sagittal-oblik kesitlerinde T1 sekansındaki MR görüntülerine adapte edilmiştir [100].

Tablo 2.3- Goutallier'in yapmış olduğu yağlı dejenerasyon sınıflandırması [99]

Evre 0	Yağlı infiltrasyon yok, kas normal
Evre 1	Kas büyük miktarda normal, yer yer yağlı çizgilenmeler var
Evre 2	Yağlı dejenerasyon mevcut ancak kas miktarından az
Evre 3	Kas miktarı ile eşit yağlı dejenerasyon
Evre 4	Yağlı dejenerasyon kas miktarından fazla

Kastaki atrofının değerlendirildiği bir başka metod ise Zanetti tarafından tanımlanan ‘‘tanjent çizgisi’’dir [101]. Bu metotta değerlendirilen kas supraspinatusdur. Sagittal oblik kesitte, T1 sekansında MR incelemesinde, korakoid tipinin üst noktası ile skapular çıkıntının üst noktası arasında bir çizgi çekilir. Kas kitlesi bu çizginin üstünde değilse veya bu çizgiye değemiyorsa ‘‘tanjent bulgusu’’ pozitif denir ve kastaki belirgin atrofiyi gösterir. **(Şekil 2.20)**



Şekil 2.20- Zanetti'nin tanımladığı "tanjent çizgisi" ve supraspinatus kasının bu çizgiye göre iki farklı konumu [55]

2.6. Rotator Manşet Yırtıklarında Tanı

2.6.1. Anamnez

Rotator manşet yırtığına sahip hastaları klinikte karşımıza en sık çıkaran sebep ağrıdır. Ağrı genellikle omuz eklem kuşağı çevresindedir. Eşlik eden patolojilere bağlı olarak deltoidin humerus yapışma yerine doğru uzayan ağrılar da görülebilmektedir. Sıklıkla baş üstü aktiviteler ile beraber ağrı şiddeti artsa da; gece ağrıları, istirahat ağrılarını da bu tabloda görebilmekteyiz. Ağrı dışında hareketlerde güçsüzlük ve kısıtlılık, krepitasyon ve instabilite de hastaların başvuru sebebi olabilmektedir. Bununla birlikte büyük yırtıklarda bile hastalar asemptomatik olabilmektedir [102]. Ayrıca önemli bir diğer nokta, hastaların omuz kaynaklı şikayetleri yırtığın büyüklüğünden bağımsızdır [103].

Hastaların fizyolojik ve gerçek yaşları anamnez esnasında akılda tutulmalıdır. Dejeneratif yırtıklar tipik olarak yaşlı popülasyonda sık görülmekle beraber; genç popülasyonda genellikle altta yatan bir travma öyküsü mevcuttur. 40 yaşın üstündeki travmatik omuz çıkıklarına genellikle rotator manşet yırtıkları eşlik eder. Cerrahi girişim kararı verilirken de yaş faktörü değerlendirilmelidir. Yaşlı popülasyonda tamir sonrası tekrarlayan yırtıkların daha sık olduğu göz önünde bulundurulmalıdır [55]. Cerrahi sonuçları etkileyen diğer önemli

bir konu yırtığın kronisitesidir. Belirgin bir travma sonrası oluşan akut rotator manşet yırtıklarında uygulanan erken cerrahi sonrası iyileşme potansiyeli oldukça yüksektir [55].

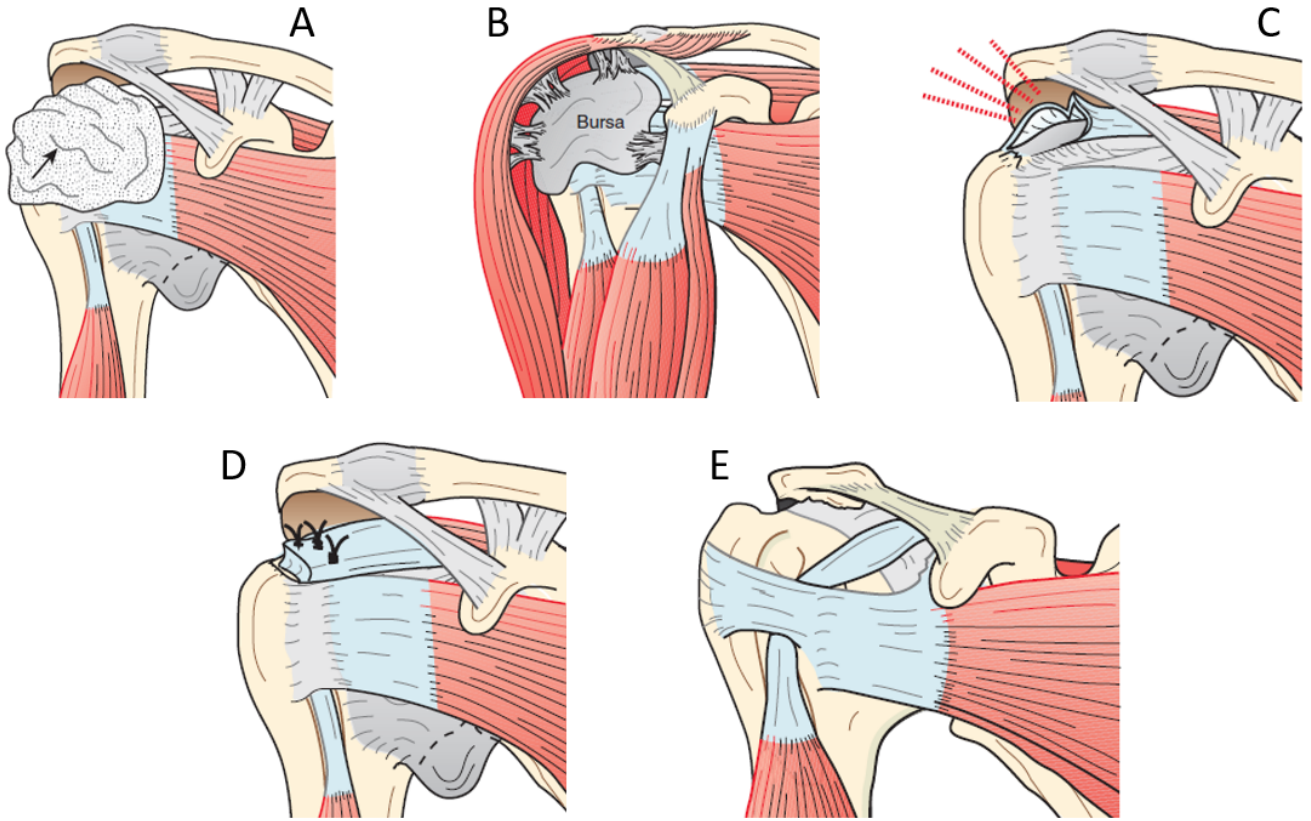
Hastaların beklentileri ve aktivite düzeyleri tedaviyi yönlendirmede önemlidir. Yüksek fonksiyonel beklentisi olmayan inaktif hastalar büyüklüğü fazla tam kat rotator manşet yırtıklarını cerrahi olmadan tolere edebilir, günlük aktivitelerini yapabilirler. Diğer yandan aktif spor hayatı olan genç hastalarda, küçük tam kat yırtıklar bile problem oluşturabilir. Dominant el, sigara kullanımı, ek hastalıklar ve sosyo-ekonomik durumlar da tedaviyi seçmede cerrahi yönlendiren diğer parametrelerdir. Anamnez esnasında hastada boyun ağrısı, kollarda uyuşukluk ve karıncalanma gibi şikayetlerin bulunması durumunda ayrıntılı bir servikal muayene de yapılmalıdır.

2.6.2. Fizik muayene

Standardize edilmiş bir omuz muayenesi inspeksiyon, eklem hareket açıklığı ve kuvvet testlerini içermelidir. Burda kuvveti değerlendirilecek kas grupları rotator manşet, deltoid ve skapula stabilizatörleridir.

İlk olarak inspeksiyon ve palpasyon için hastanın omzu çıplak bir şekilde muayene edilmelidir. Eğer manşet yırtığına bağlı disfonksiyon uzun bir süredir varsa; supraspinatus ve infraspinatusta atrofi muayenede saptanabilir. Omuz ile alakalı eski insizyonlar varsa, bunlar geçirilen ameliyatlara hakkında bir miktar bilgi verebilir.

Omuz hareketi esnasında palpasyonla hissedilen krepitasyon not edilmelidir. Rotator manşet problemlerinden kaynaklı krepitasyon semptomatiktir ve pasif hareket esnasında da kendini gösterir. Burdaki temel patoloji ‘‘subakromiyal abrazyondur’’. Bursal hipertrofi, yapışıklıklar, korakoakromiyal arktaki sekonder değişiklikler, manşet tendonlarının devamlılığı ve düzgünlüğünün bozulması, tüberküllerin çıplak kalması gibi durumlar ‘‘subakromiyal abrazyona’’ yol açarak, semptomatik krepitasyona neden olurlar. (Şekil 2.21)



Şekil 2.21- Subakromiyal abrazyona neden olan durumlar. A-Bursal hipertrofi, B-Yapışıklıklar, C-Manşet kas bütünlüğünün bozulması, D-Tamir sonrası uzun kalan düğüm ipleri, E-Tüberküllerin çıplak kalması [55]

Aktif ve pasif olarak bakılan eklem hareketindeki kısıtlılıklar not edilmelidir. Artroz veya adeziv kapsülitten kaynaklanan hareket kısıtlılıkları dışlanmalıdır. Eklem hareketlerinde kısıtlılık genellikle parsiyel rotator manşet yırtıklarında görülmekle beraber; tam kat yırtıklarda da zaman zaman bu tablo oluşmaktadır [104]. Tam kat rotator manşet yırtıklarında hastalar aktif olarak abduksiyon hareketini yapabilseler de [105]; yapılan manuel kas kuvvet testlerinde kaslardaki zayıflık ortaya çıkmaktadır [106, 107]. İzometrik olarak yapılan testler, omuz hareketi ile beraber olan ağrıları dışlayarak izole olarak kas kuvvetine bakılmasına yardımcı olur. Rotator manşet kaslarının birleşerek insersiyon oluşturmasından dolayı hangi kasta problem olduğu kesin olarak ayırt edilemese bile; bazı testler günlük pratiğimizde bize yardımcı olmaktadır:

Supraspinatus: Omuz 90 derece elevasyon ve hafif iç rotasyonda iken yapılan izometrik abduksiyon – Jobe testi

Infraspinatus: Omuz adduksiyonda ve nötral rotasyonda, dirsek 90 derece fleksiyondayken yapılan izometrik dış rotasyon

Teres minor: Omuz 90 derece abduksiyonda, dirsek 90 derece fleksiyondayken yapılan izometrik dış rotasyon

Subskapularis: Dirsek 90 derece fleksiyondayken el ile karna basılarak yapılan izometrik iç rotasyon – Belly press testi

El bel üstüdeyken yapılan izometrik iç rotasyon – Lift off testi

Bu muayeneler ile kesin olarak söylenemese de, yırtığa hangi tendonların katıldığı, yırtığın büyüklüğü gibi konularda bir ön fikir sahibi olunmaktadır. Hastaların sahip oldukları ağrıdan kaynaklı inhibisyon ile gerçek kas zayıflığını ayırt etmek önemlidir. Bu nedenle bu testler öncesi subakromiyal lokal anestezi enjeksiyonu önerenler mevcuttur [108].

2.6.3. Ayırıcı tanı

Omzunda bir şikayet ile başvuran hastada rotator manşet yırtık tanısı konulmadan önce düşünülmesi ve dışlanması gereken birçok farklı klinik tablo ve tanı mevcuttur.

Donuk omuzda hastaların omuz eklem hareket açıklıkları hem aktif hem de pasif olarak kısıtlanmıştır. Direkt grafide herhangi bir patoloji yoktur. Parsiyel rotator manşet yırtıkları da benzer tablo ile karşımıza çıkabilmektedir. Bu hastalara artrogram yapıldığında, eklem içerisindeki volumnun azaldığı görülmektedir.

Snapping skapula omuzda ağrı ve subakromiyal krepitasyona benzer bir klinikle karşımıza gelebilir. Ancak burda skapula stabilize edildikten sonra yapılan glenohumeral hareketle tablonun kaybolduğu görülür. Ağrı genellikle skapulunun superomedial köşesinden kaynaklanır ve lokal bir rahatsızlık ortaya çıkarır.

Glenohumeral osteoartrit ağrı, zayıflık ve krepitasyon ile karşımıza gelir. Ayrıntılı bir anamnez ve fizik muayene ile beraber direkt grafilerin incelenmesi ile kolaylıkla dışlanabilir.

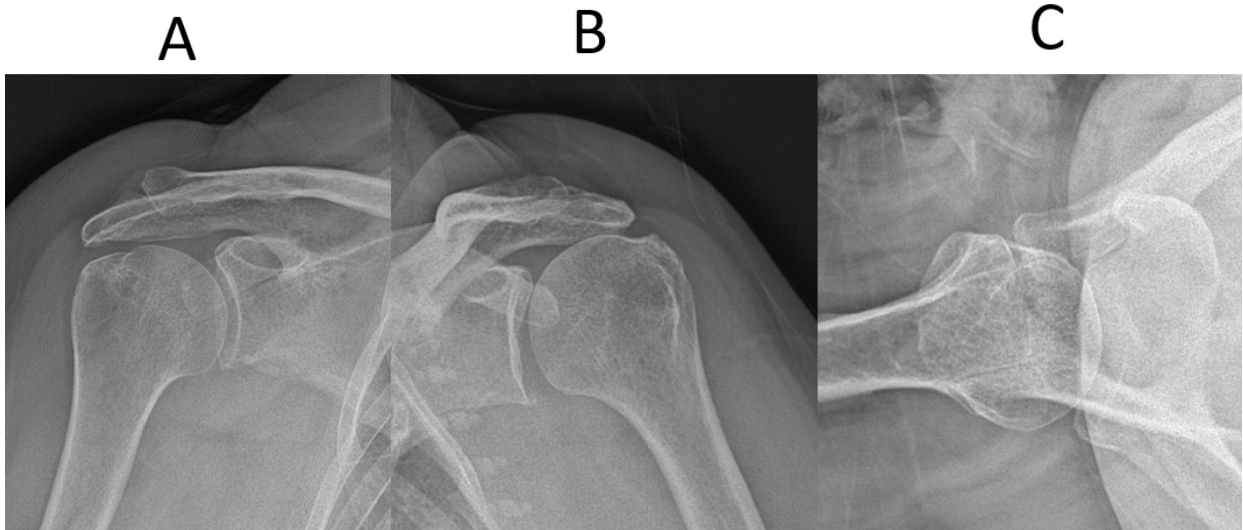
Akromiyoklavikuler artroz, manşet patolojilerini taklit edebilir. Burda ağrı en fazla ‘‘cross body’’ hareketi ile beraber olmaktadır. Palpasyonla akromiyoklaviküler eklem üzerinde kısıtlı ağrı ve direkt grafiler tanı koymada yardımcıdır.

2.6.4. Radyolojik değerlendirme

Direkt grafi

Omuz ağrısı ile kliniğe başvuran hastalarda istenecek ilk görüntüleme yöntemi direkt grafidir. Anteroposterior (AP) grafi, 30 derece abduksiyonda true AP grafi (Grashey grafisi), skapular Y grafisi ve aksiller grafi omuz değerlendirilmede kullandığımız temel görüntülerdir. (Şekil 2.22) True AP grafide deltoid lifleri aktive edildiği için humerus başının proksimale migrasyonu daha net olarak görüntülenebilir. Yine bu grafide rotator manşet yırtığı ile ilişkisi gösterilen “kritik omuz açısı” ölçümü yapılabilir [109]. Skapular Y grafi akromiyon morfolojisini değerlendirmede faydalıdır. Aksiller grafide ise, eklem aralığı ve humerus başının anterior-posterior pozisyonu değerlendirilebilir.

Rotator manşet yırtıkları sonrası akut dönemde direkt grafide belirgin bir bulgu göremeyiz. Akromiyon morfolojisi, kalsifik tendinit gibi parametreler etioloji hakkında bir önfikir sahibi olmamıza yardımcı olur. Yırtık kronikleştikçe humerus başında superiora migrasyon, glenohumeral eklemden ve akromiyonda dejenerasyon, akromiyonun alt yüzeyinin konveksitesinin bozulması gibi değişiklikleri direkt grafide görebiliriz.



Şekil 2.22- Omuzda kullanılan bazı direkt grafiler. A-Anteroposterior grafi, B-True AP (Grashey) grafisi, C-Aksiller grafi

Ultrasonografi (USG)

Ultrason rotator manşet ve biceps uzun başının dinamik olarak değerlendirilmesine olanak sağlayan bir görüntüleme yöntemidir. Magnetik rezonans görüntüleme (MR) daha ucuz olmakla beraber direkt olarak uygulayan kişiye bağımlı bir yöntemdir. Omuz için yüksek

frekanslı probelar kullanılır. Subjektif bir yöntem olduğundan ötürü uygulayan kişi, yalancı pozitif ve yalancı negatif sonuçlara neden olabilecek artefaktlara dikkat etmelidir [55]. Ancak doğru kullanılan ellerde etkinliği ve güvenilirliği MR ile kıyaslanacak seviyede yüksektir.

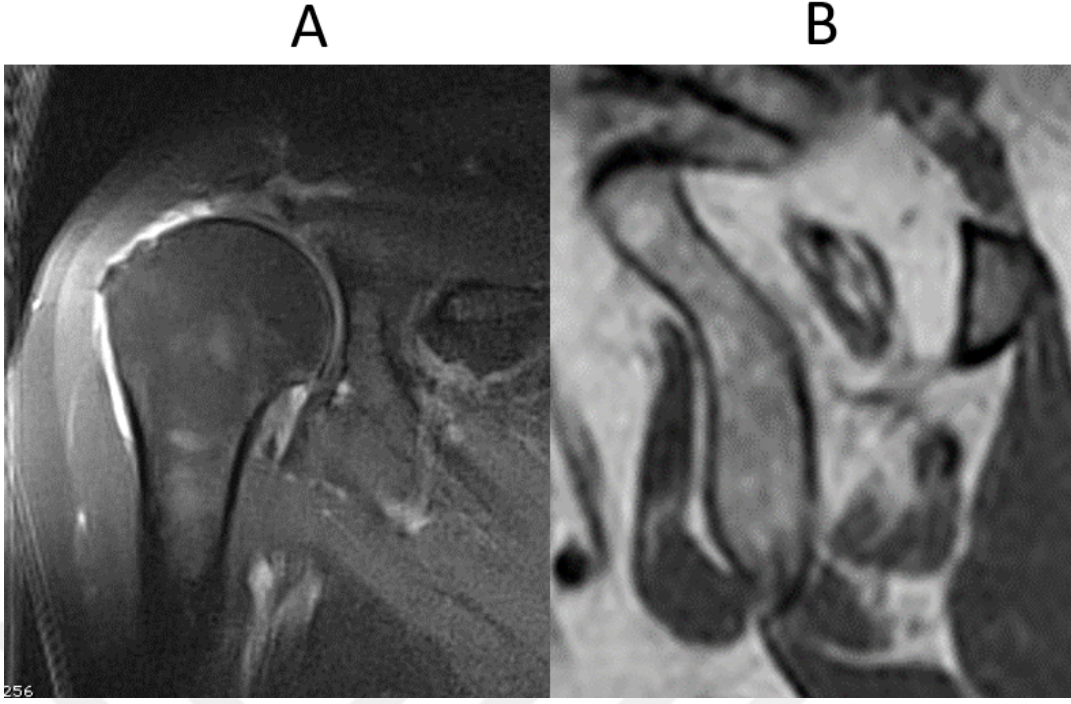
Magnetik rezonans görüntüleme (MRG)

Günümüzde omuz eklemi kapsamlı olarak incelemek için en sık kullanılan görüntüleme yöntemi MRG'dir. Rotator manşet, labrum, kapsül ve kıkırdak MRG ile rahat bir şekilde değerlendirilebilir. Standart bir omuz MRG protokolü, T1 ağırlıklı, yağ baskılı T2 ağırlıklı ve yağ baskılı proton-dansite (PD) ağırlıklı sekansları içermelidir. Tüm çekimlerde koronal, sagittal ve aksiyel kesitler bulunmalıdır.

Rotator manşet tendon değerlendirilmesi T2 sekanslarda yapılır. Normal tendonda düşük sinyal aktivitesi vardır. Tendinit veya tendinopati durumlarında orta seviyede sinyal artışı görülür. Parsiyel ya da tam kat yırtık olduğunda ise yüksek seviyede sinyal artışı T2 görüntülemelerde saptanır. 60 yaşın üstündeki asemptomatik bireylerde çekilen MRG'lerde orta seviyede sinyal artışı görülebilir; ancak bunun patolojik bir durum olmadığı unutulmamalıdır.

Manşet yırtıkları tipik olarak superiordan başlar ve en iyi değerlendirme koronal kesitte yapılır. Yırtık tanısı konulduktan sonra diğer kesitler değerlendirilerek yırtık üç boyutlu olarak karakterize edilir. T1 ağırlıklı sagittal kesitlere bakılarak kaslardaki yağlı infiltrasyon, atrofi ve tamir edilebilme potansiyeli gibi tedavi kararını etkileyecek parametreler değerlendirilir. (**Şekil 2.23**)

Rotator manşet tamiri yapıldıktan sonra tendon bütünlük ve kalitesinin değerlendirilmesi amacıyla da MRG'den faydalanılabilir. Sugaya ve arkadaşları yaptıkları prospektif bir çalışmada tamir sonrası MRG görüntülerine göre tendon bütünlüğünü sınıflandırmışlardır [110].



Şekil 2.23- Masif kronik bir rotator manşet yırtığına ait MRG görüntüleri. A- Koronal kesitte görülen masif retrakte rotator manşet yırtığı, B- T1 ağırlıklı sagittal kesitte Goutallier evre IV yağlı atrofi.

2.7. Rotator Manşet Yırtıklarında Tedavi

2.7.1. Konservatif tedavi

Parsiyel yırtıkların aksine tam kat rotator manşet yırtıklarında spontan iyileşme mümkün değildir. Bu bağlamda konservatif tedavinin amacı ağrının ortadan kaldırılması ve sağlam kas gruplarını kuvvetlendirerek eski fonksiyonel kuvveti sağlamaktır. Non-operatif tedavi sırasıyla 4 faza ayrılmıştır:

Faz I Ağrı kontrolü – Düşük doz analjezik kullanımı, anti-inflamatuar kullanımı, istirahat, aktivite modifikasyonu, buz uygulaması, kortikosteroid enjeksiyonları gibi lokal olarak ağrının azaltılması amaçlanır.

Faz II Germe – Hastanın kendisinin uyguladığı germe egzersizlerini içerir. Hastanın kendini rahat hissettiği noktaya kadar yapılır.

Faz III Güçlendirme – Patoloji olan omuzda yeterli pasif eklem hareket açıklığı kazanıldıktan sonra başlanır. Deltoid, skapula stabilizatörleri (pektoralis, teres major ve minor, trapezius, serratus anterior, latissimus dorsi) ve sağlam kalan rotator manşet kaslarını içeren bir

süreçtir. Bu faz akut başlayan bir ağrı olursa, güçlendirme egzersizleri yavaşlatılır veya faz II'ye geri dönülür.

Faz IV Koruma – Önceki üç fazda kazanılan ağrısız güçlü tam eklem hareket açıklığının korunması sağlanır. Bu fazın en önemli kısmı hastanın doğru eğitimidir. Ağırlıkları iki el ile kaldırma, yükleri dirsek vücuda yakın pozisyonda taşıma ve omzu ani hareketlerden koruma uzun dönemde rotator manşeti ek yaralanmalardan korumada önemlidir.

2.7.2. Cerrahi tedavi

Rotator manşet yırtıklarında kimlere cerrahi yapalım sorusunun cevabı maalesef hala tartışma konusu olmaya devam etmektedir. Belirgin bir konsensus olmaması sebebiyle cerrahlar arasında da yaklaşımlar farklı olmaktadır.

Cerrahi endikasyon açısından değerlendirdiğimizde görüş birliğinin en net olduğu hasta grubu, bilinen akut travması olan genç hastalardır. Burda en önemli konu problemin gerçekten akut olduğunu belirlemektir. Cerrahi öncesi sagittal oblik T1 MRG kesitlerinde yağlı infiltrasyona ve kas atrofisine bakarak, kronik problem üzerine akut bir durum olmadığına emin olmak gerekmektedir. Görüntülemelerle de doğrulanmış akut tam kat rotator manşet yırtığı olan bu hastalarda erken dönem cerrahi tedavi kararı sonuçları olumlu yönde etkilemektedir [111, 112]. Beklemekle beraber oluşan yırtığın büyümesi, kas dejenerasyonu ve glenohumeral kinematikteki bozulmalar bu hastalarda erken cerrahinin en önemli sebepleridir. Ayrıca ilerleyen yaş ile beraber iyileşme potansiyeli azaldığı için, erken cerrahi iyileşme için en iyi şansı vermektedir.

Cerrahi tedavinin söz konusu olduğu diğer grup ise konservatif tedavi sonrası fayda görmeyen hastalardır. Tam kat yırtıklar, parsiyel yırtıklara göre konservatif tedaviye daha iyi yanıt vermekle beraber, hastaya özel süreç yönetimi anahtar noktadır. Cerrahi seçenekler arasında mini açık tamir ve artroskopik tamir bulunmakla beraber günümüzde artroskopi rutin kullanılan teknik haline gelmiştir.

Rotator manşet tamir cerrahisi ilk olarak açık tekniklerle başlamıştır. Tekniği ilk olarak 1911'de Codman tanımlamıştır [12]. O dönemde bu cerrahinin en büyük başarısızlık sebebi akromiyon ve deltoid yapışma yerine önem verilmemesiydi. Deltoid tamirinin düzgün bir şekilde yapılmaması ve akromiyonektomi uygulamaları sonuçları başarısız kılmıştır. Takip eden yıllarda anterior akromiyoplasti tekniği uygulanmaya başlanarak sonuçlar olumlu yönde değişmeye başlamıştır [13].

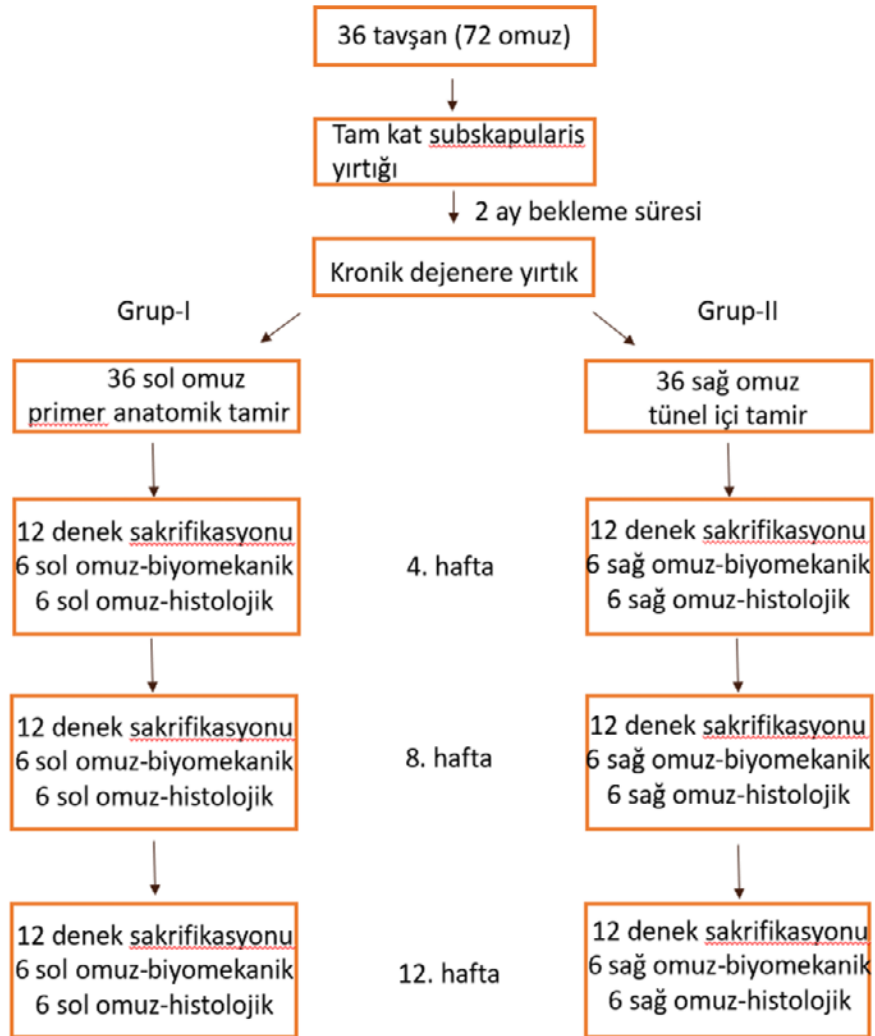
Artroskopik tamir ekipmanlarının zaman içerisinde gelişmesi ve cerrahların tecrübelerinin artmasıyla beraber; artroskopik tamir cerrahi tedavide bir rutin haline gelmiştir. Eklem içi patolojilerin değerlendirilmesi, tanı, daha az deltoid hasarı, post-operatif daha az ağrı gibi açık tamire göre birçok avantajı mevcuttur [55]. Bu avantajların yanında öğrenme eğrisinin uzun olması bu tekniğin olumsuz yanlarından biridir. Diğer eklemlerdeki artroskopilere kıyasla kanama problemlerinin daha sık olması, hemostaz problemlerinin daha sık yaşanması da bu tekniğin bir başka negatif yönüdür.



3. GEREÇ VE YÖNTEM

Projemiz, Bezmialem Üniversitesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Akademik Kurulu'nda 25.11.2019 tarihli karar ile onaylanmıştır. 27.07.2020 tarihinde de Bezmialem Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan etik onayı alınmıştır.

Yapılan çalışmada Yeni Zelanda cinsi 36 tavşanın 72 adet omzu kullanıldı. Tavşanların hepsi dişi olarak seçilmiş, kilo ve yaş olarak homojen bir dağılım sağlandı. Cerrahi öncesinde ya da sonrasında herhangi bir hareket kısıtlaması uygulanmadı. Deney sürecinde herhangi bir tavşanın genel durumunda bozulma olmadığı için çalışma dışı bırakılmak zorunda kalan tavşan olmadı. Tavşanların gününbirlik yara bakımı, beslenme kontrolleri veteriner hekim kontrolünde sağlandı. (Şekil 3.1)

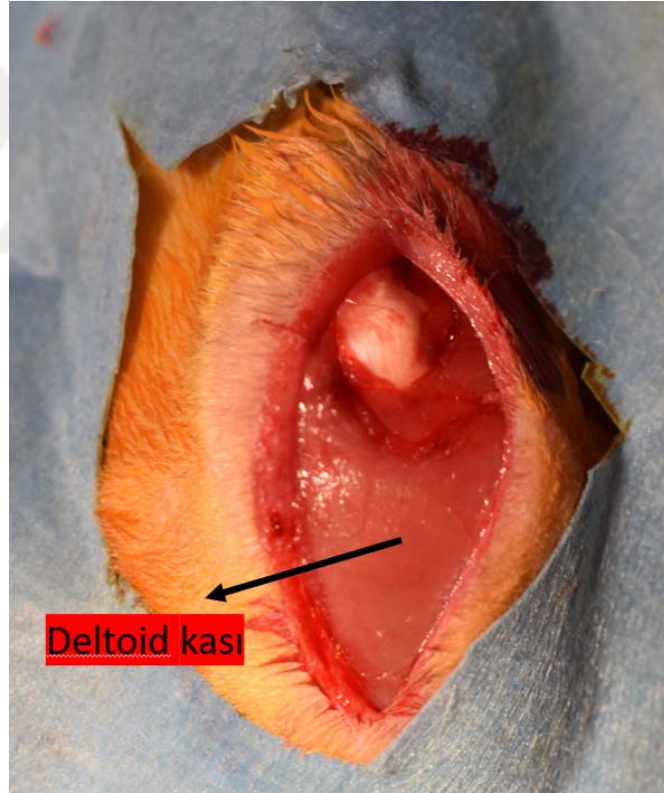


Şekil 3.1- Deney planı

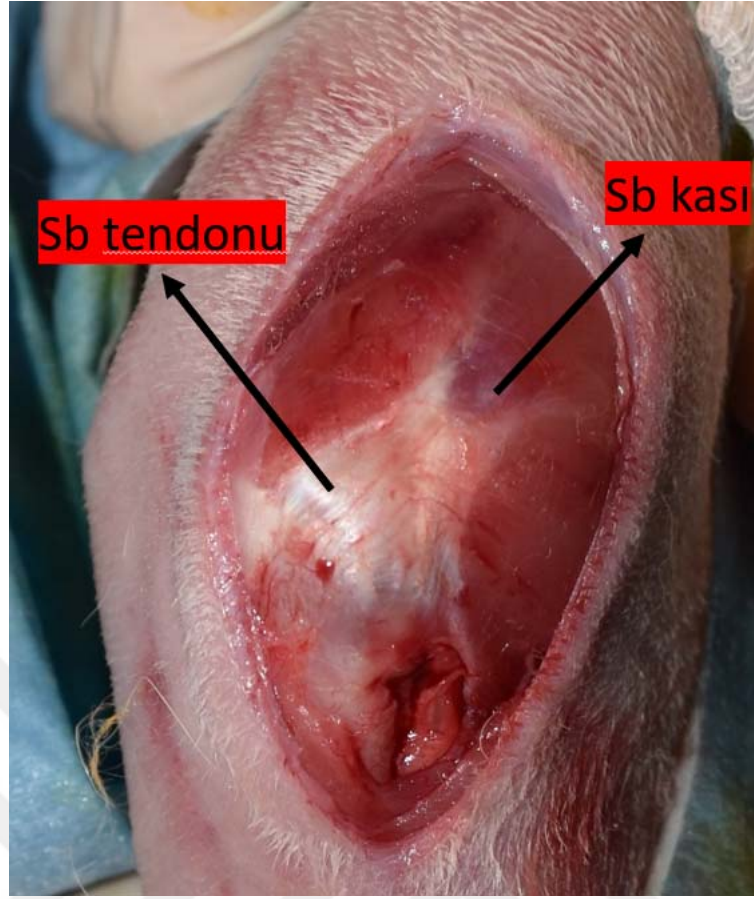
3.1. Cerrahi Teknik

Deneklerin anestezisi ksilazin HCL 10mg/kg, ketamin HCL 35mg/kg ve analjezisi meloksikam 5mg/kg ile yapıldı. Her operasyon öncesi profilaktik sefazolin 50mg/kg antibiyoterapi uygulandı. Deneysel çalışmada insan supraspinatus tendonuna histolojik ve biyomekanik olarak daha iyi karşılık gelen tavşan subskapularis (Sb) tendonu kullanıldı [113, 114]. Tamir yöntemi olarak tüm deneklerin sağ omzuna tünel içi tamir yapılırken, sol omuzlarına primer anatomik tamir uygulandı.

Cerrahiler her iki omuz için de lateral dekübit pozisyonda yapıldı. İnsizyon yerinin traşlanması ve hazırlanmasının ardından betadine solusyonu ile cilt steril edildi. Omuz eklemi üzerinden insizyonla girildi. Cilt ve cilt altı doku geçildikten sonra deltoid kasına ulaşıldı. (Şekil 3.2) Tendon yapışma yerini net olarak görüp, kasa tamamen hakim olmak amacıyla deltoid kasının özellikle anterior kısmı split olarak geçildi. (Şekil 3.3)

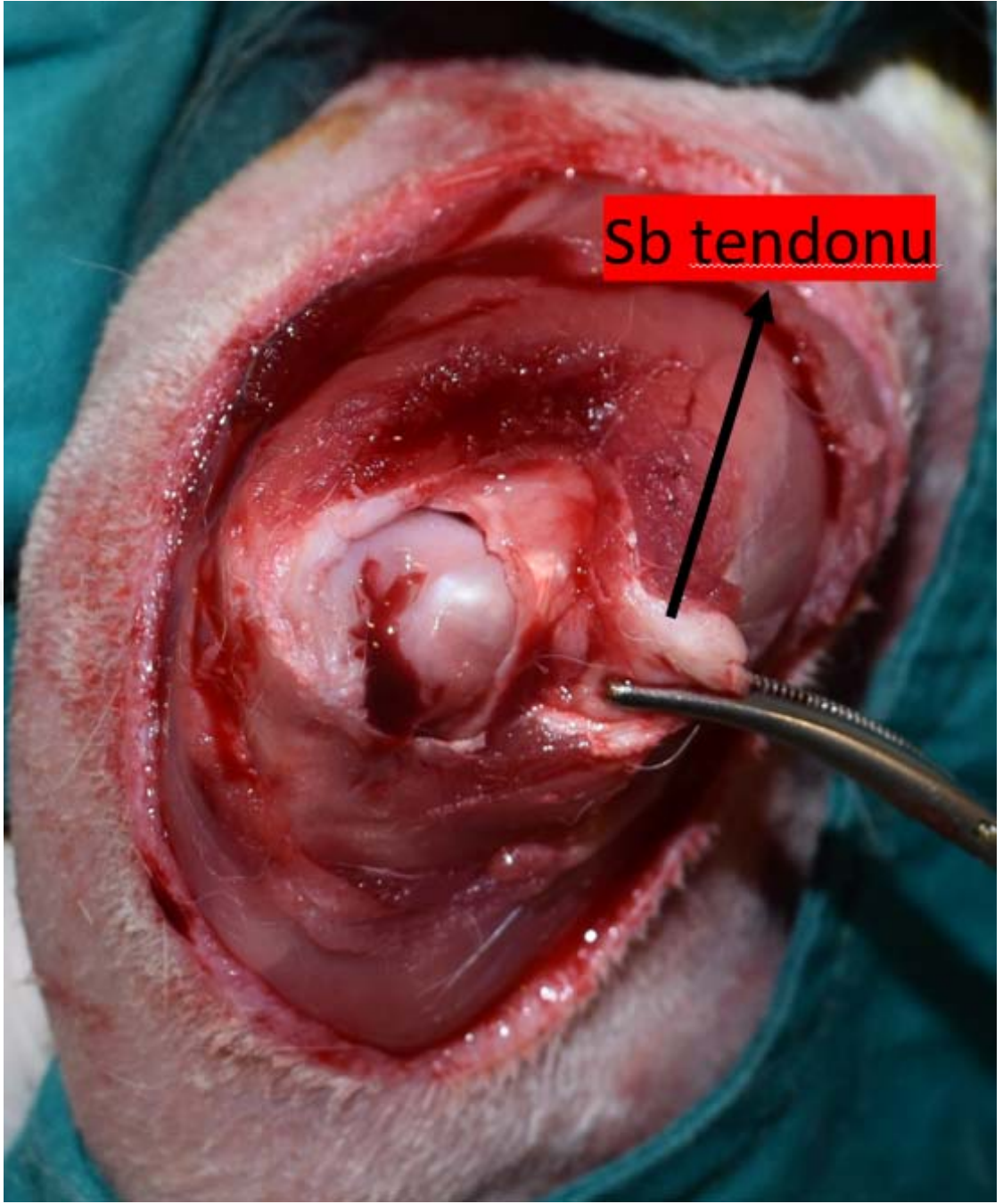


Şekil 3.2- Cilt ve cilt altı insizyonu sonrası görünüm

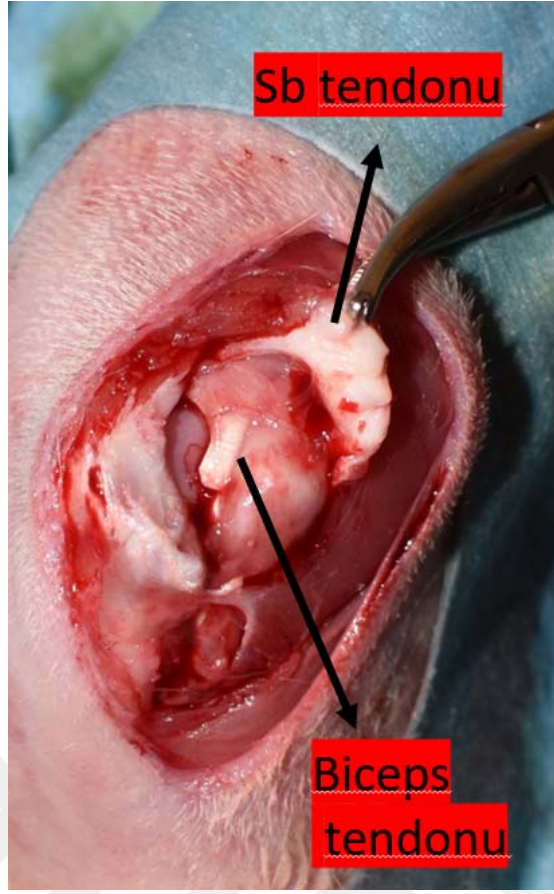


Şekil 3.3- Deltoid kası split olarak geçildikten sonra Sb tendon ve kasının görünümü

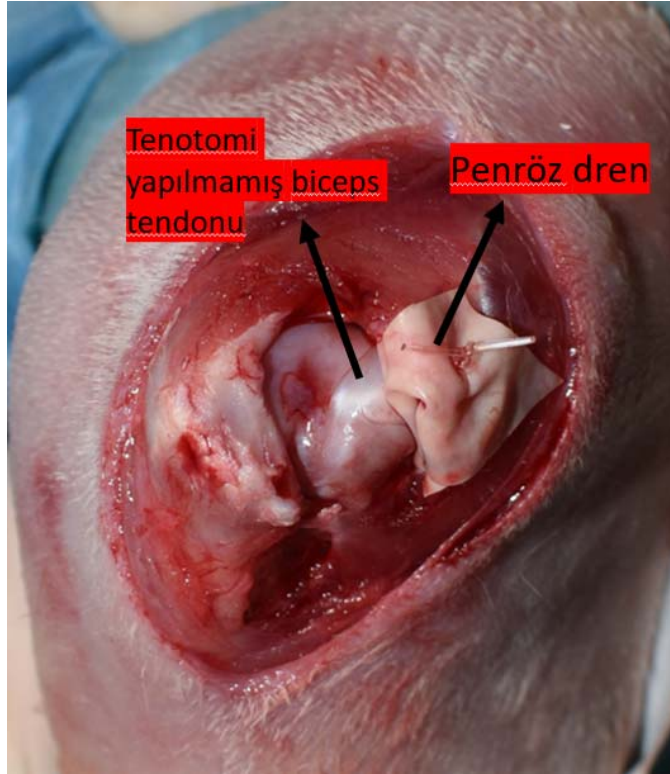
Sb tendonu, tuberculum minus yapışma yeriyle beraber çepeçevre ortaya konulduktan sonra 11 numara bistüri ile tendon kemik yapışma yerinden tam kat kaldırıldı. (Şekil 3.4) Tüm cerrahi prosedürlerde Sb tendon retraksiyonuna engel olmaması için biceps tendonu tenotomize edildi. (Şekil 3.5) Kronik retrakte yırtık modeli oluşturmak için hemen tamir yapılmadı. Tendon güdüğünün yeniden iyileşmesini ve çevre dokulara yapışmasını önlemek amacıyla, tendon ucu penröz dren ile sarıldı. (Şekil 3.6) Yıkama sonrası ilk olarak deltoid kası dikildi. Sonrasında cilt sütüre edildi. Sütür materyali olarak Polydioxanone (PDI II) 2.0 sütür kullanıldı. 2 ay beklenecek kronik yırtık modeli oluşturuldu.



Şekil 3.4- Sb tendonunun küçük tüberkül yapışma yerinden kaldırılması

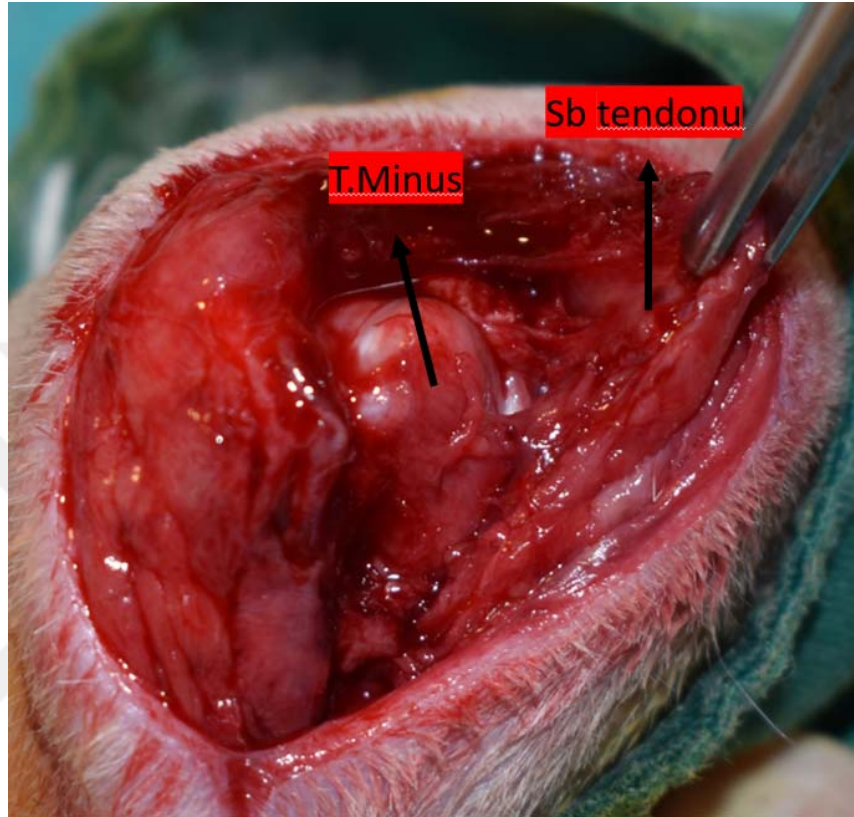


Şekil 3.5- Biceps tendonunun tenotomize edilmiş görünümü



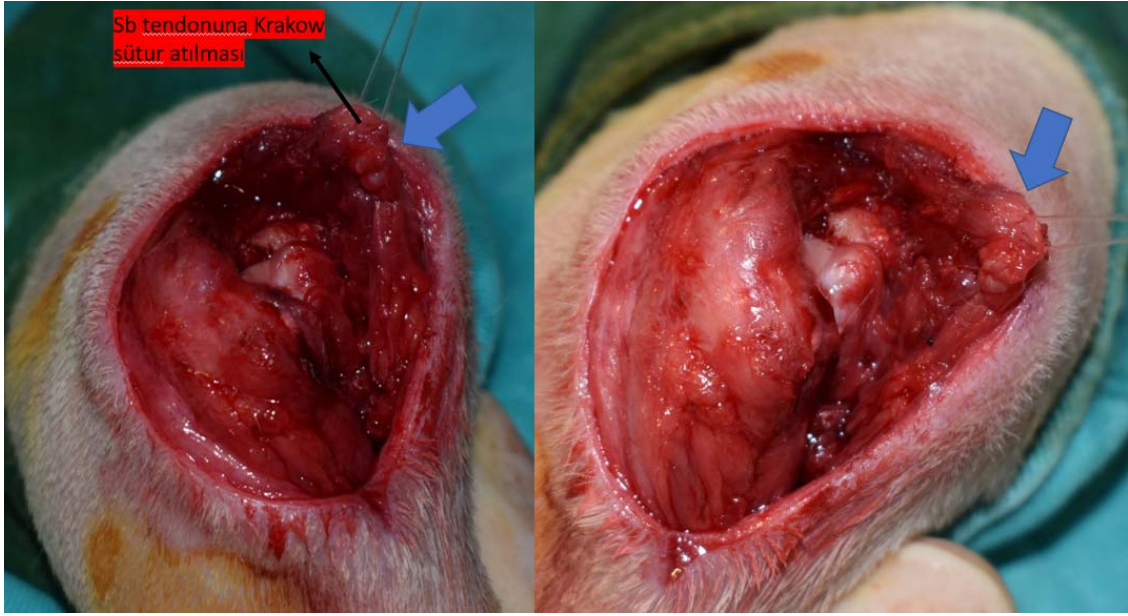
Şekil 3.6- Sb tendonunun penröz dren ile sarılması

2 ay beklendikten sonra denekler ilk olarak sağ lateral dekübit pozisyonda yatırıldı. Eski insizyondan girildi. Deltoid kası geçildikten sonra küçük tüberküle ulaşıldı. Penröz dren yardımıyla retrakte olmuş Sb tendon güdüğü bulundu. İnsersiyoya tamir yapılabilmesi için çevre yapışıklıklar gevşetilerek tendona hareket kazandırıldı. (Şekil 3.7)

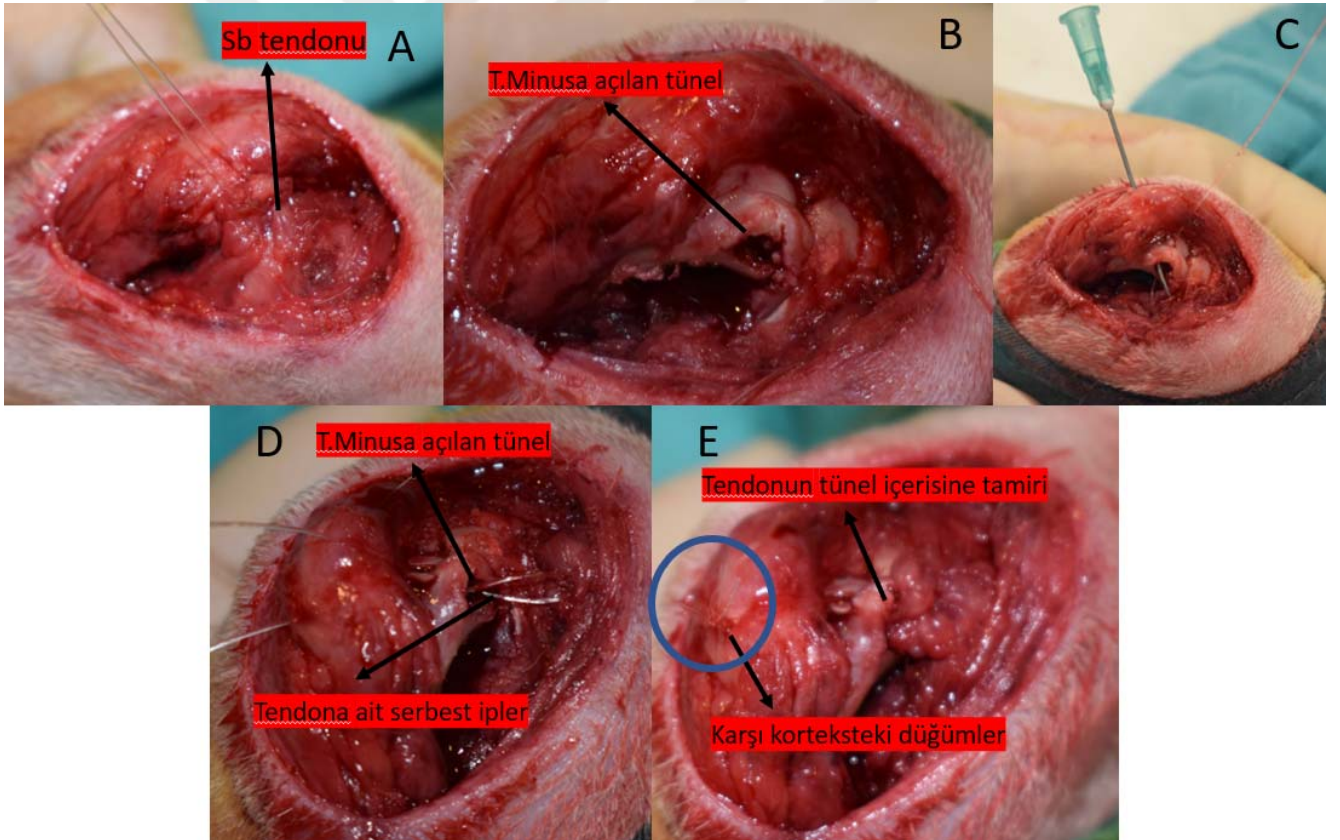


Şekil 3.7- Sb tendon güdüğünün bulunarak, gevşetmeler ile hareket kazandırılması

Deneklerin sağ omzunda (Grup- II) tendon güdüğünün ucu, Krakow tekniğine uygun şekilde standart olarak 3 sıra suture edildi. Sütür materyali olarak Polydioxanone (PDI II) 2.0 suture kullanıldı. (Şekil 3.8) Sütürlardan çekildiğinde tendon küçük tüberkül üzerine geliyorsa, gevşetme miktarının yeterli olduğu kabul edildi. Ardından No:11 bistürinin ucu ile Sb tendonunun küçük tüberküldeki yapışma yerine tünel açıldı. Karşı korteks tamamen sağlam bırakıldı. Tendon ucundaki iki adet serbest ip ucu, yeşil renkli iğne (21 Gauge) yardımıyla tünel içerisinden karşı kortekse taşındı. Serbest ip uçları çekilerek tendon güdüğünün tünel içerisine girmesi sağlandı. Bu pozisyondayken serbest ipler karşı korteks üzerine düğümlenerek tünel içi tamir yapıldı. (Şekil 3.9) Yıkama sonrası ilk olarak deltoid kası, ardından cilt suture edilerek kapatıldı.

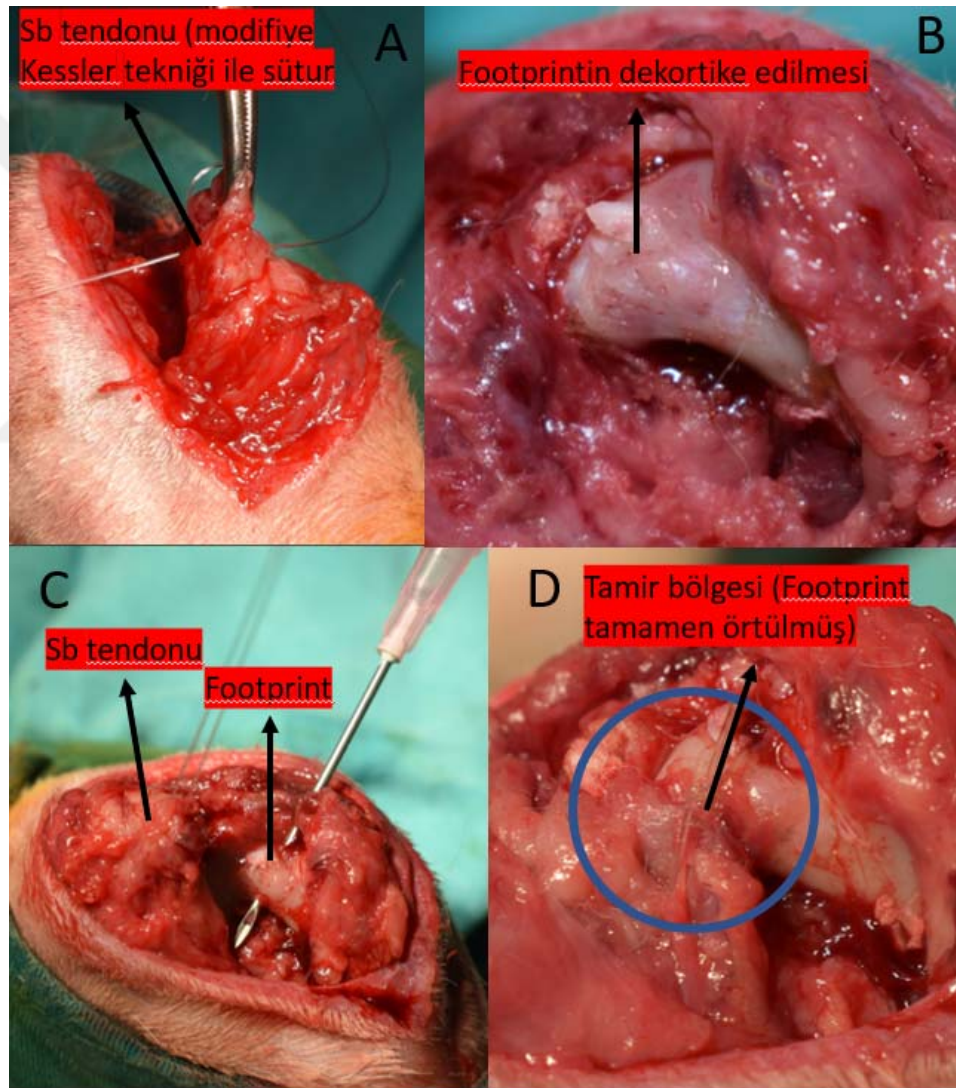


Şekil 3.8- Sb tendon güdüğünün Krakow tekniği ile suture edilmesi



Şekil 3.9- Tünel içi tamir tekniğinin aşamaları. A.Tendon ekskürsiyonunun değerlendirilmesi, B. Küçük tüberküle 11 numara bistüri ile tünel açılması, C. Yeşil uçlu iğne yardımıyla serbest iplerin karşı kortekse taşınması, D. Serbest iplerin tünele taşınması, E. Tendon güdüğü tünele sokulduktan sonra tamirin yapılması

Deneklerin sol omzunda (Grup-I) tendon güdüğünün ucu standart olarak Modifiye Kessler yöntemine uygun şekilde suture edildi. Sütür materyali olarak Polydioxanone (PDI II) 2.0 sütür kullanıldı. Küçük tüberkülde Sb tendon insersiyosu No:11 bistüri yardımıyla dekortike edildi. Spongioz kemik görünene kadar bu işleme devam edildi. Pembe iğne ucu (18 Gauge) kullanılarak karşı korteksten girilerek insersiyodan iğne ucu çıkarıldı. Tendon güdüğündeki serbest ip uçları iğne yardımıyla karşı kortekse taşındı, böylece tendonun dekortike edilmiş alana yapışması sağlandı. Yeterli gerginlik sağlanıp tendon insersiyoya temas halindeyken ipler korteks üzerine düğümlenerek primer anatomik tamir yapıldı. (Şekil 3.10) Yıkama sonrası ilk olarak deltoid kası, ardından cilt altı ve cilt suture edilerek kapatıldı.



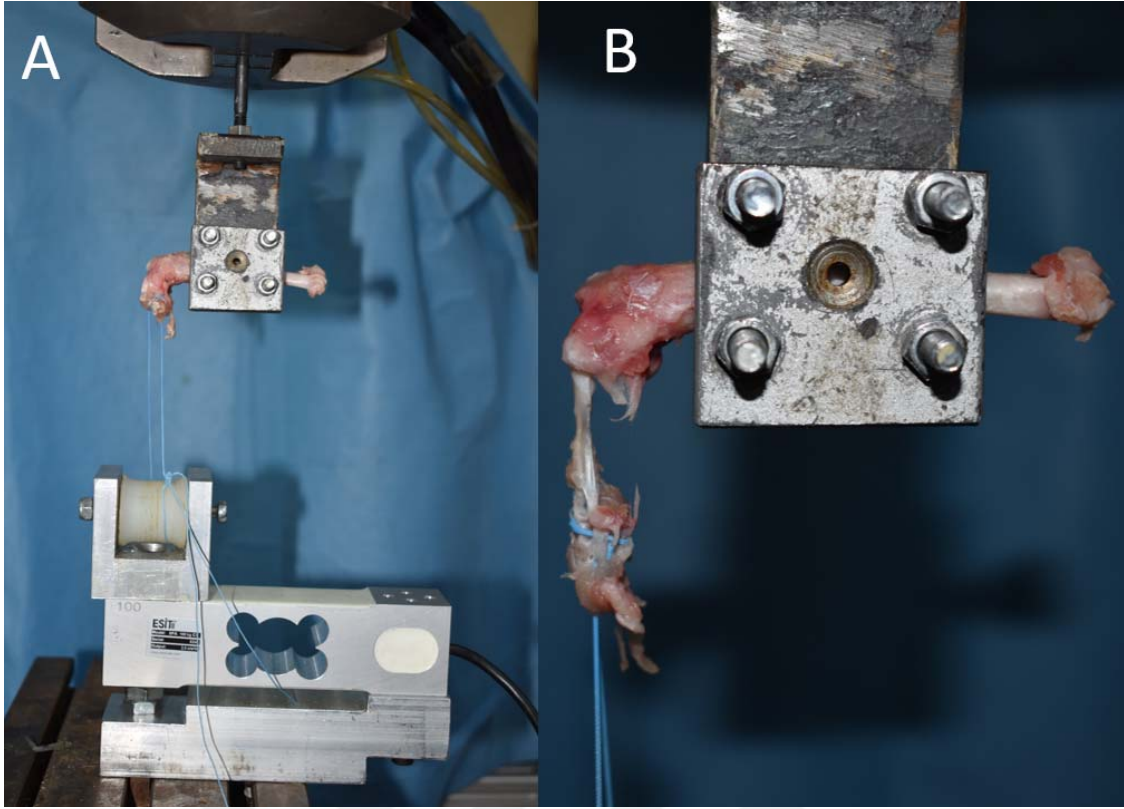
Şekil 3.10- Primer anatomik tamir tekniğinin aşamaları. A. Tendon güdüğüne modifiye kessler yöntemi ile suture atılması, B. Küçük tüberküldeki Sb tendon insersiyosunun dekortike edilmesi, C. Pembe iğne ucu ile iplerin taşınması, D. Korteks üzerine düğümlenerek tamirin gerçekleştirilmesi

Tamir sonrası 4. , 8. ve 12. haftalarda her defasında 12 denek olmak üzere sakrifikasyon yapıldı. Sakrifikasyon yüksek doz anestezi ile sağlandı. Sakrifikasyon sonrası deneklerin sırtlarından açılan longitudinal insizyonla sağ ve sol omuzlara ulaşılarak; skapula, omuz eklemi ve humerus total olarak çıkarıldı. Ardından sadece humerus ve Sb tendonu kalacak şekilde diseksiyon işlemleri yapılarak preparatlar deneyler için hazır hale getirildi. Biyomekanik deneyler için kullanılacak örnekler nemli bir gazlı beze sarıldıktan sonra -40°C’de saklandı. Histolojik deneyler için kullanılacak örnekler ise 10%’luk formaldehit solusyonunda saklandı. Her sakrifikasyon döneminde 12 deneğin 6 tanesi biyomekanik çalışmalar için, 6 tanesi histolojik çalışmalar için kullanıldı.

3.2. Biyomekanik Değerlendirme

Testler İstanbul Teknik Üniversitesi Mukavemet ve Biyomekanik Laboratuvarında bulunan MTS 858 Mini Bionix II (Model No: 359.XX, Serial No: 10189576) çekme cihazı kullanılarak yapılmıştır. Biyomekanik deneyler için ayrılmış preparatların hepsinde Sb tendonuna 5 numara Ti-Cron™ örgülü suture ile Krakow tekniğine uygun şekilde karşılıklı 3 kilitli dikiş atıldı. Humerus cismi yere paralel olacak şekilde metal levha arasına sıkıştırıldıktan sonra Sb tendonuna atılmış olan suturelar yük hücresi üzerinde bulunan makara sistemine entegre edildi. Tüm deneylerde makaradan geçirilen serbest ip uçlarına aynı sayıda (8) düğüm atıldı. **(Şekil 3.11)** Bu sabitleme işleminde doğan boşlukların giderilmesi amacıyla numunelere 1 Hz frekansında 0-45 N aralığında 15 cycle yük uygulandı. Sonrasında sistem yüksüz konuma getirilerek 1 mm/sec hızı ile hasar oluşana kadar aksel olarak çekildi.

Testler sırasında kuvvet verisi sürekli olarak yük hücresi (ESIT SPA 100 kg, SN:824) kullanılarak ölçülmüş olup, uzama verisi MTS LVDT Transducer (Serial No: 10188729) kullanılarak belirlendi. Son kopma yükü (Newton), elongasyon (mm) ve sertlik (N/mm) değerleri kaydedildi.



Şekil 3.11- Biyomekanik deney düzeneği. A. Çekme işlemi öncesi hazırlanan sistem, B. Maksimum kopma kuvvetine ulaşılmaması sonucu tendonun kopma anı

3.3. Histolojik Değerlendirme

Makroskopik Değerlendirme

Bütün tavşanların omuzları 2 gün boyunca %10 tamponlu nötr formalin içinde fikse edildi. (Şekil 3.12) Gönderilen materyalin tamamı 2 parçaya bölünerek 2 gün hızlı dekalsifikasyon işleminden sonra takibe alındı. (Şekil 3.13) İmmunhistokimyasal ve histokimyasal değerlendirme öncesi makroskopik olarak tüm spesmenler iyileşme açısından değerlendirildi.

Histokimyasal ve İmmunhistoimyasal İnceleme

1 gün hızlı dekalsifikasyon işleminden sonra doku takibine alınan materyaller parafin bloklara gömüldü. Her bir örnekten 2 µm kalınlığında 5 seri kesit alındı. Tüm kesitler histolojik analiz için hematoxilen-eozin, kollajen tespiti için ise Masson trikrom ile boyandı. Vaskülarite ve proliferasyon değerlendirmesi amacıyla immünohistokimyasal CD 31 ve Ki 67 çalışmaları

için parafin bloklardan 2 µm kalınlığında seri kesitler, örneklem olarak alındı. Çalışma alanının standardizasyonu açısından her histolojik kesitte kemik tendon bileşkesinden 5 mikroskobik alan değerlendirildi. Tüm kesitler ışık mikroskopu(Bx-51; Olympus) altında değerlendirildi. Ayrıca dijital kamera (DP72; Olympus) ile fotoğraflandı.



Şekil 3.12- Dekalsifikasyon öncesi tendon-kemik bileşkesinin makroskopik görünümü



Şekil 3.13- İki parçaya bölünmüş örneklerin makroskopik görünümü

Tendon Maturasyon Skorlaması

Skorlama amacıyla Modifiye Watsons skorlaması kullanıldı. Selülerite, vaskülarite, fibrositler, paralel dizilmiş lifler, büyük çaplı kollajen lifleri, tendon ve kemiğin birleşme bölgesi değerlendirildi. Ayrıca tendon ve kemik birleşme bölgesi; kollajen devamlılığı, fibrokartilaj doku ve tidemark gelişimi açısından 3 aşamada değerlendirildi. Tüm bu veriler kaydedildi ve sonuçlar gruplar arasında istatistiksel olarak karşılaştırıldı.

3.4. İstatistiksel Analiz

Verilerin normal dağılıp dağılmadığına Shapiro Wilk testi ile bakıldı. Normal dağılmayan değişkenlerin farkına Mann whitney U testi ile bakıldı. 3 ve daha fazla grup için normal dağılmayanlarda Kruskal Wallis testi uygulandı. Tanımlayıcı istatistik olarak medyan (Q1-Q3) frekans ve yüzde değerleri verilmiştir. $P < 0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. Yüzde 95 güven düzeyinde yüzde 80 power ile bakıldığında her grup için (3 grup) 12 örnek gerekmektedir. İstatistiksel analizler için IBM SPSS Statistics for Windows version 21.0 (IBM Corp) programından faydalanıldı.

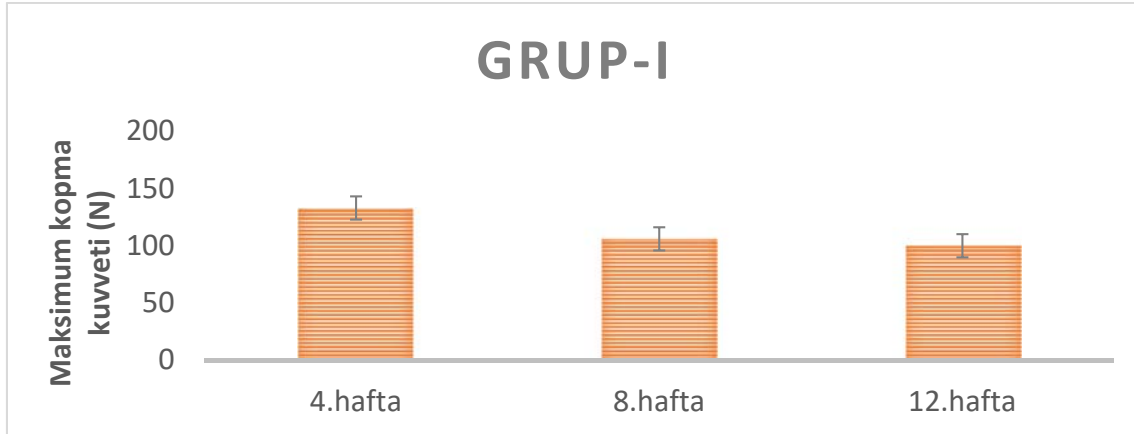
4. SONUÇLAR

Makroskopik olarak incelendiğinde tüm deneklerde iyileşmenin olduğu görüldü. Dene süreci boyunca 3 tavşanda (1 adet Grup-I'de, 2 adet Grup-II'de) yara yeri iyileşmesi problemi oldu. Debridman ve yaranın yeniden sütürasyonu ile sorunsuz takip sağlandı. Hiçbir denekte derin enfeksiyon saptanmadı.

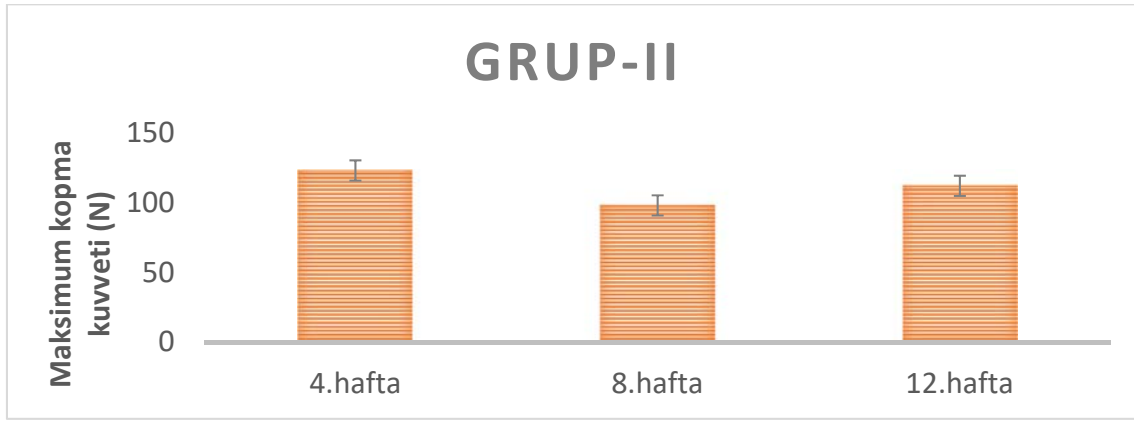
4.1. Biyomekanik Bulgular

Aksiyel çekme testleri sonrasında maksimum kopma kuvveti, elongasyon ve sertlik değerleri not edildi. Grup-I'de 3 denekte, Grup-II'de ise 4 denekte kopma tendon-kemik bileşkesinden oldu. Geri kalan tüm deneklerde kopma tendon-tendon bölgesinden gerçekleşti.

Grup-I'de maksimum kopma kuvveti 4.haftada 133N (95-142), 8.haftada 106N (91-122), 12.haftada 100N (64-130) olarak kaydedildi. (Şekil 4.1) Grup-II'de maksimum kopma kuvveti 4.haftada 123N (93-137), 8.haftada 98N (84-118), 12.haftada 112N (93-121) olarak kaydedildi. (Şekil 4.2) Her iki grup, 3 farklı zaman için birbirleriyle ayrı ayrı karşılaştırıldığında değerler arasında anlamlı fark saptanmadı ($p=0.4$, $p=0.4$, $p=0.6$). Her grup kendi içinde 3 farklı zaman dilimi açısından karşılaştırıldığında, grup içinde farklı sakrifikasyon dönemlerine ait maksimum kopma kuvveti değerlerinde anlamlı olarak fark saptanmadı. (Tablo 4.1, Tablo 4.2)



Şekil 4.1- Grup-I'de 3 farklı zaman dilimindeki maksimum kopma kuvvetleri



Şekil 4.2- Grup-II’de 3 farklı zaman dilimindeki maksimum kopma kuvvetleri

Grup-I’de elongasyon 4.haftada 26mm (15-30), 8.haftada 23mm (16-30), 12.haftada 16mm (11-30) olarak kaydedildi. Grup-II’de elongasyon 4.haftada 21mm (17-24), 8.haftada 17mm (11-22), 12.haftada 21mm (15-30) olarak kaydedildi. Her iki grup, 3 farklı zaman için birbirleriyle ayrı ayrı karşılaştırıldığında değerler arasında anlamlı fark saptanmadı ($p=0.4$, $p=0.2$, $p=0.7$). Her grup kendi içinde 3 farklı zaman dilimi açısından karşılaştırıldığında, grup içinde farklı sakrifikasyon dönemlerine ait elongasyon değerlerinde anlamlı olarak fark saptanmadı.

Grup-I’de sertlik 4.haftada 3.7N/mm (2.4-4), 8.haftada 4.2N/mm (3.4-4.9), 12.haftada 2.6N/mm (1.8-2.8) olarak kaydedildi. Grup-II’de sertlik 4.haftada 3.7N/mm (1.9-4.2), 8.haftada 4.4N/mm (3.5-5.2), 12.haftada 4.5N/mm (3.8-4.8) olarak kaydedildi. Her iki grup, 3 farklı zaman için birbirleriyle ayrı ayrı karşılaştırıldığında; sadece 12.hafta sakrifikasyon grubunda Grup-II’deki sertlik değeri, Grup-I’e göre anlamlı olarak yüksek saptandı ($p=0.025$). Her grup kendi içinde 3 farklı zaman dilimi açısından karşılaştırıldığında, Grup-I’de 12.hafta sakrifikasyon grubundaki sertlik değeri, 8.hafta değerlerine göre anlamlı olarak daha düşüktü ($p=0.009$). (Tablo 4.3)

Tablo 4.1- Grup-I’deki biyomekanik sonuçların grup içi karşılaştırılması

Grup-I	p değeri	4.hafta	8.hafta	12.hafta
Maksimum Kopma Kuvveti(N)	0,519	133 (95-142)	106 (91-122)	100 (64-130)
Elongasyon(mm)	0,805	26 (15-30)	23 (16-30)	16 (11-30)
Stiffness(N/mm)	0,105	3.7 (2.4-4)		2.6 (1.8-2.8)
	0,002		4.2 (3.4-4.9)	2.6 (1.8-2.8)
	0,144	3.7 (2.4-4)	4.2 (3.4-4.9)	

Tablo 4.2- Grup-II'deki biyomekanik sonuçların grup içi karşılaştırılması

Grup-II	p değeri	4.hafta	8.hafta	12.hafta
Maksimum Kopma Kuvveti(N)	0,291	123 (93-137)	98 (84-118)	112 (93-121)
Elongasyon(mm)	0,470	21 (17-24)	17 (11-22)	21 (15-30)
Stiffness(N/mm)	0,240	3.7 (1.9-4.2)	4.4 (3.5-5.2)	4.5 (3.8-4.8)

Tablo 4.3- Biyomekanik test sonuçlarının iki grup karşılaştırması

4.hafta	p değeri	Grup-I	Grup-II
Maksimum Kopma Kuvveti(N)	0,423	133 (95-142)	123 (93-137)
Elongasyon(mm)	0,423	26 (15-30)	21 (17-24)
Stiffness(N/mm)	0,749	3.7 (2.4-4)	3.7 (1.9-4.2)
8.hafta			
Maksimum Kopma Kuvveti(N)	0,423	106 (91-122)	98 (84-118)
Elongasyon(mm)	0,262	23 (16-30)	17 (11-22)
Stiffness(N/mm)	0,749	4.2 (3.4-4.9)	4.4 (3.5-5.2)
12.hafta			
Maksimum Kopma Kuvveti(N)	0,631	100 (64-130)	112 (93-121)
Elongasyon(mm)	0,749	16 (11-30)	21 (15-30)
Stiffness(N/mm)	0,025	2.6 (1.8-2.8)	4.5 (3.8-4.8)

4.2. Histolojik Bulgular

Hematoksilen eozin, Masson trikrom, CD31 boyamaları ve ışık mikroskop incelemeleri ile deneklerde vaskülarite, selülarite, fibrosit sayısı, paralel yerleşimli liflerin oranı, büyük çaptaki liflerin oranı, tendonun kemik insersiyosunun görünümü değerlendirildi. Ayrıca tendon insersiyosu kollajen devamlılığı, fibrokartilaj ve tidemark oluşumu altında 3 farklı kategoride özel olarak da değerlendirildi. Tüm bunlar bir araya getirilerek Modifiye Watkins tendon matürite skoru hesaplandı [115]. (Tablo 4.4) Grup-I ve Grup-II 3 farklı zaman diliminde birbirleriyle karşılaştırıldı.

Tablo 4.4- Entezis rejenerasyonu ve tendon insersiyosunu değerlendirmede kullanılan Modifiye Watkins tendon matürite skoru

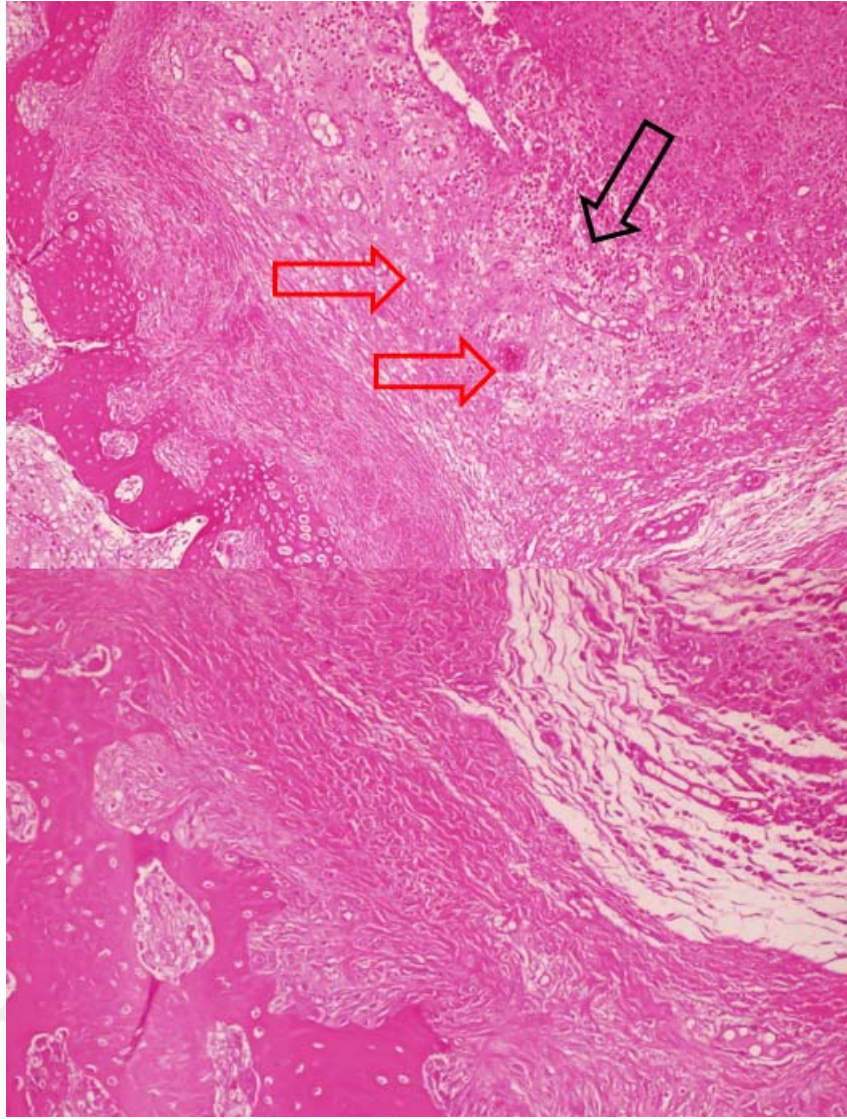
Bulgular	Skorlar
Selülarite	Belirgin-1, Çok-2, Orta-3, Minimal-4
Vaskülarite	Belirgin-1, Çok-2, Orta-3, Minimal-4
Fibrosit	<25% (1), 25%-50% (2), 50%-75% (3), >75% (4)
Paralel yerleşimli lif oranı	<25% (1), 25%-50% (2), 50%-75% (3), >75% (4)
Büyük çaptaki liflerin oranı	<25% (1), 25%-50% (2), 50%-75% (3), >75% (4)
Tendon insersiyosunun görünümü	İnsersiyö devamlılığı var ancak düzenli değil
	İnsersiyö devamlılığı düzenli olarak var ancak fibrokartilaj oluşumu yok
	İnsersiyö devamlılığı düzenli olarak mevcut, fibrokartilaj var, tidemark yok
	İnsersiyö devamlılığı düzenli olarak mevcut, fibrokartilaj var, tidemark var
Tendon insersiyosunun görünümü	
Kollajen devamlılığı	<25% (1), 25%-50% (2), 50%-75% (3), >75% (4)
Fibrokartilaj doku	Yok (1), minimal (2), belirgin (3)
Tidemark oluşumu	Yok (1), minimal (2), belirgin (3)

Grup-I’de tendon matürite skoru 4.haftada 17 (12-23), 8.haftada 19 (16-21), 12.haftada 25 (24-27) olarak kaydedildi. Grup-II’de ise 4.haftada 18 (18-21) , 8.haftada 18 (17-20), 12.haftada 21 (16-22) olarak kaydedildi. Gruplar birbirleri ile karşılaştırıldığında 12.hafta sakrifikasyon grubunda Grup-I’deki tendon matürite skoru, Grup-II’ye göre anlamlı olarak yüksek bulundu (p=0.004).

Tablo 4.5 Modifiye Watkins Tendon Matürite Skoru’nun Gruplar Arası Karşılaştırılması

Tendon Matürite Skoru	p değeri	Grup-I	Grup-II
4.hafta	0,5	17 (12-23)	18 (18-21)
8.hafta	0,8	19 (16-21)	18 (17-20)
12.hafta	0,004	25 (24-27)	21 (16-22)

4.hafta sakrifikasyon grubunda, paralel yerleşimli lif oranında gruplar arasında anlamlı fark saptandı (p=0.016). (Tablo 4.6) Grup-I’de bu değişkenin medyan değeri 2 (1-2) iken, Grup-II’de 3 (2-3,25) idi. 8 hafta sakrifikasyon grubu incelendiğinde Grup-II’deki fibrosit oranı, Grup-I’e göre anlamlı oranda yüksek görüldü (p=0,02). (Tablo 4.7) (Şekil 4.3)



Şekil 4.3- Her iki gruptan erken iyileşme dönemine ait mikroskopik görüntüler. (Kırmızı ok: Vasküler yapılar, Siyah ok: Enflamasyon alanı, Hematoksilen-eozin boyaması kullanıldı)

12. hafta sakrifikasyonları 2 grup arasında karşılaştırıldığında, selülarite ($p=0.022$), vaskülarite ($p=0.002$), paralel yerleşimli lif oranı ($p=0.006$) ve kollajen devamlılığının ($p=0.021$) Grup-I'de anlamlı olarak Grup-II'den daha yüksek kalitede olduğu görüldü. (**Tablo 4.8**) (Şekil 4.4 – Şekil 4.5) Her iki grupta da 12.hafta sonunda fibrokartilaj doku, tidemark oluşumu gösterildi. (Şekil 4.6)

Tablo 4.6- Grupların 4.haftadaki histolojik sonuçlarının karşılaştırılması

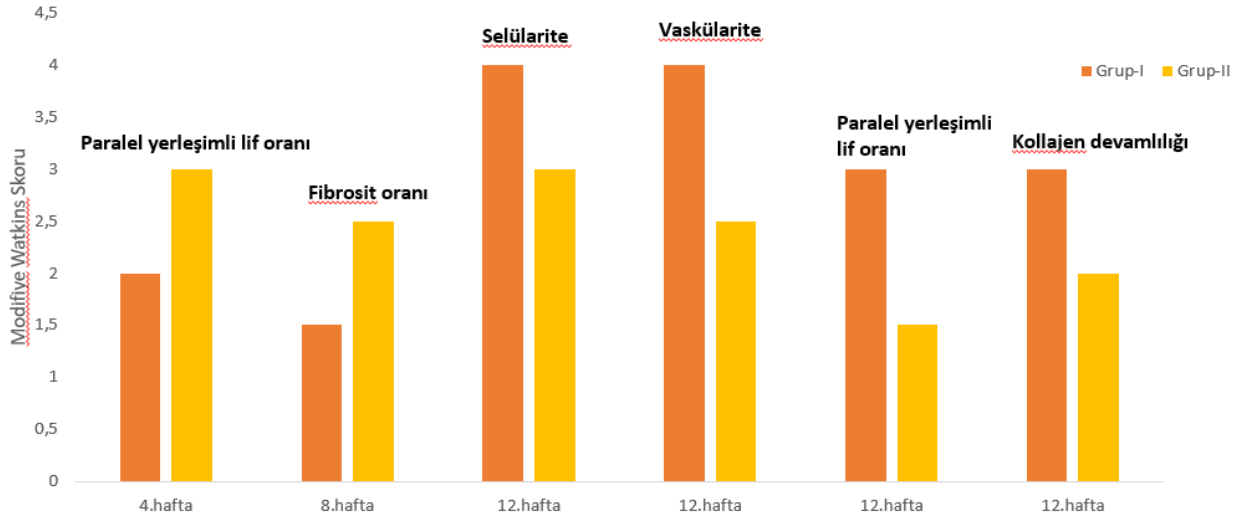
4.hafta	p değeri	Grup-I	Grup-II
Selülarite	0,317	3 (2-4)	2.5 (1-3,25)
Vaskülarite	0,863	2 (1,75, 3.25)	2 (1,75-4)
Fibrosit oranı	0,071	2 (1-3)	3 (2,75-3)
Paralel yerleşimli lif oranı	0,016	2 (1-2)	3 (2-3,25)
Büyük çaplı lif oranı	1,000	1 (1-1)	1 (1-1)
Tendon insersiyosunun görünümü	0,859	3 (2-3)	2,5 (2-3,25)
Kollajen devamlılığı	0,739	1,5 (1-4)	2 (1,75-3)
Fibrokartilaj doku	0,575	2 (1-2)	1,5 (1-2)
Tidemark oluşumu	0,138	1 (1-1)	1 (1-2)

Tablo 4.7- Grupların 8.haftadaki histolojik sonuçlarının karşılaştırılması

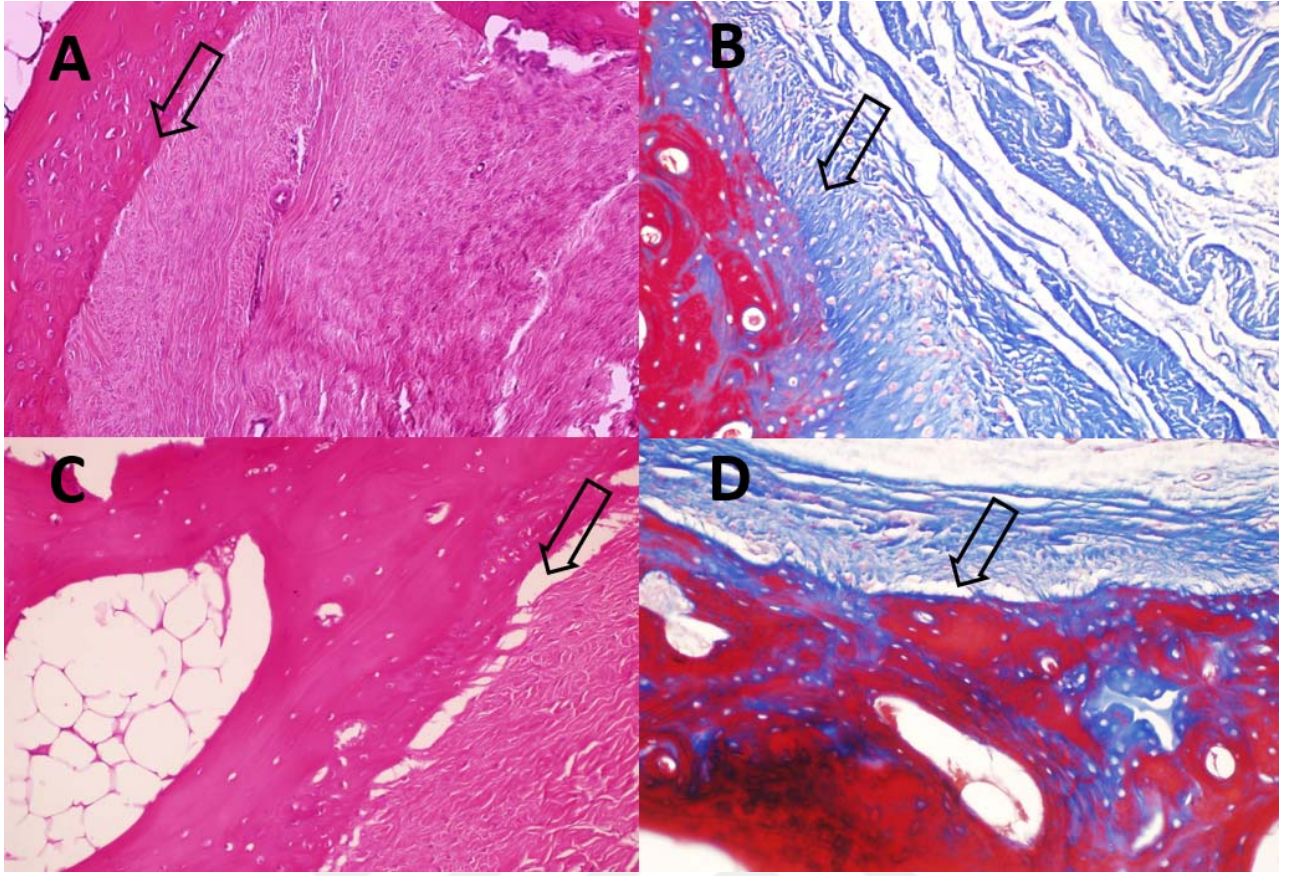
8.hafta	p değeri	Grup-I	Grup-II
Selülarite	0,604	3,5 (2,75-4)	3 (2,5-4)
Vaskülarite	0,456	2,5 (1,75-4)	2 (1-3,25)
Fibrosit oranı	0,020	1,5 (1-2)	2,5 (2-3,25)
Paralel yerleşimli lif oranı	1,000	2 (1,75-2)	2 (1,75-2)
Büyük çaplı lif oranı	0,269	2 (1-2)	1 (1-2)
Tendon insersiyosunun görünümü	1,000	3 (2,75-3,25)	3 (3-3)
Kollajen devamlılığı	0,923	2 (1,75-2)	2 (1-2,25)
Fibrokartilaj doku	1,000	2 (1,75-2,25)	2 (2-2)
Tidemark oluşumu	0,138	1 (1-2)	1 (1-1)

Tablo 4.8- Grupların 12.haftadaki histolojik sonuçlarının karşılaştırılması

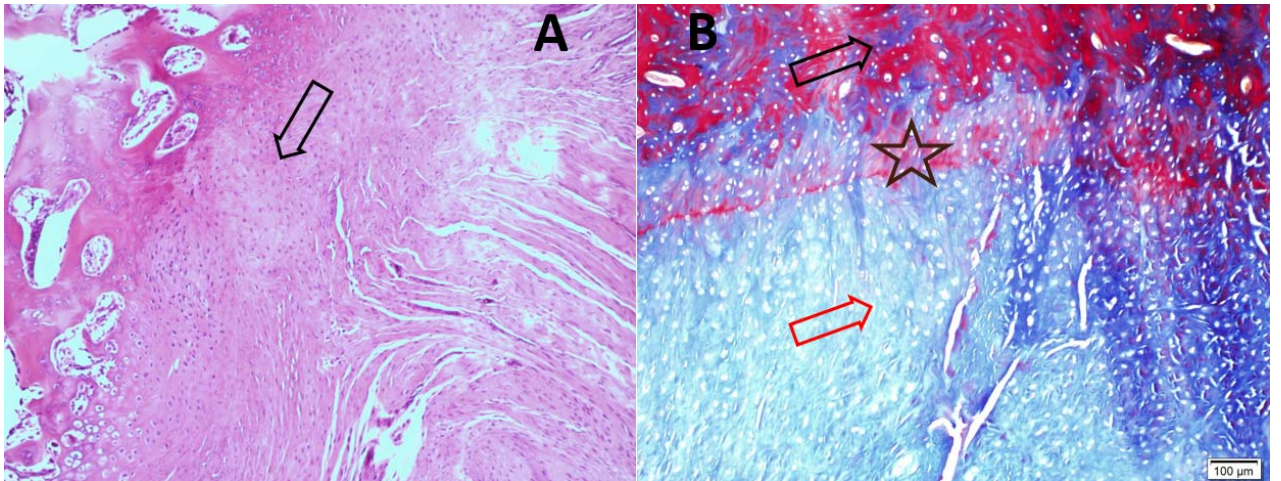
12.hafta	p değeri	Grup-I	Grup-II
Selülarite	0,022	4 (4-4)	3 (1,75-4)
Vaskülarite	0,002	4 (4-4)	2,5 (1,75-3)
Fibrosit oranı	0,057	1 (1-2)	2 (1,75-3)
Paralel yerleşimli lif oranı	0,006	3 (2,75-3,25)	1,5 (1-2)
Büyük çaplı lif oranı	0,056	2 (2-3)	2 (1-2)
Tendon insersiyosunun görünümü	0,269	4 (3-4)	3 (3-4)
Kollajen devamlılığı	0,021	3 (3-3)	2 (1,75-3)
Fibrokartilaj doku	1,000	2 (2-3)	2 (2-3)
Tidemark oluşumu	0,382	2 (1-2,25)	1 (1-2,25)



Şekil 4.4- Histolojik değerlendirmelerde gruplar arası anlamlı fark çıkan değişkenler



Şekil 4.5- A. Grup-I'e ait bir örnekteki kollajen paralelliği ve devamlılığı (Hematoksilen eozin boyası) B. Aynı örneğin Masson Trikrom boyama ile kollajen devamlılığının gösterilmesi C. Grup-II'ye ait bir örnekte tendon-kemik geöisiindeki kollajen devamsızlığı D. Aynı örneğin Masson Trikrom boyama ile kollajen devamsızlığının gösterilmesi

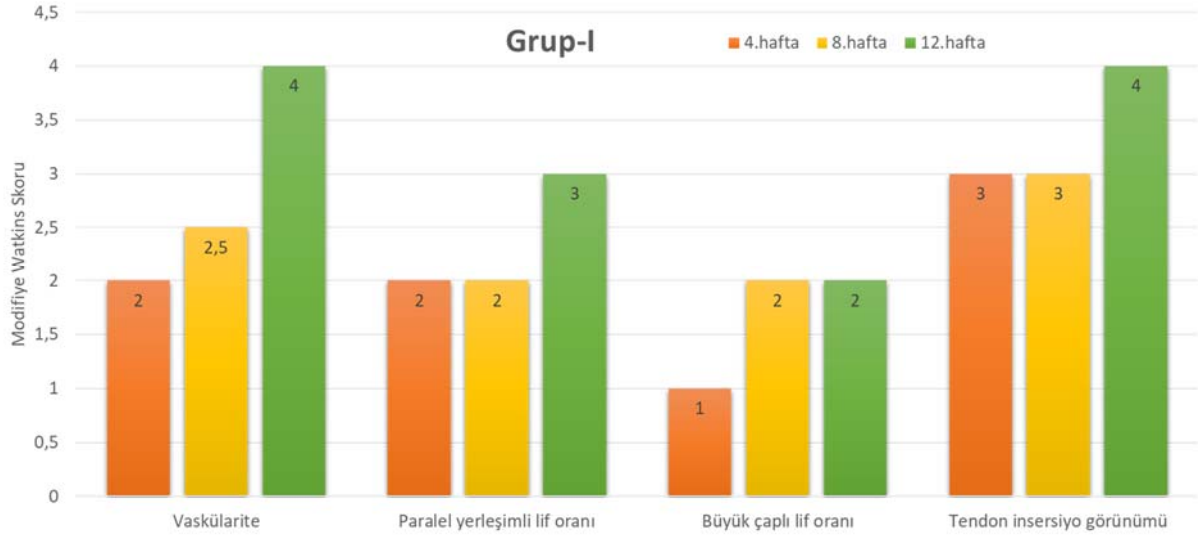


Şekil 4.6- A. Hematoksilen-Eozin boyama ile fibrokartilaj doku oluşunun gösterilmesi B. Masson Trikrom boyama (Siyah ok: Kemik, Kırmızı ok: Fibrokartilaj doku, Yıldız: Tidemark öizgisi)

Kemik yüzeyine primer tamir yapılan Grup-I kendi içinde 3 farklı zaman diliminde değerlendirildi. Selülarite, fibrosit oranı, kollajen devamlılığı, fibrokartilaj doku oluşumu ve tidemark gelişimi farklı sakrifikasyon dönemleri arasında karşılaştırıldığında, gruplar arasında anlamlı fark saptanmadı. 12.haftadaki vaskülarite, paralel yerleşimli lif oranı ve tendon matürite skoru, hem 8.haftadaki hem de 4.haftadaki değerlerinden anlamlı derecede yüksek bulundu. Ayrıca 12.haftadaki büyük çaplı lif oranı ve tendon insersiyon görünümü skorları da, 4.haftadaki değerlerinden anlamlı olarak yüksek saptandı. (Tablo 4.9) (Şekil 4.7)

Tablo 4.9- Grup-I'deki histolojik parametrelerin farklı sakrifikasyon zamanları arasındaki karşılaştırması

Grup-I	p değeri	4.hafta	8.hafta	12.hafta
Selülarite	0,119	3 (2-4)	3,5 (2,75-4)	4 (4-4)
Vaskülarite	0,598	2 (1,75, 3,25)	2,5 (1,75-4)	
	0,008	2 (1,75, 3,25)		4 (4-4)
	0,035		2,5 (1,75-4)	4 (4-4)
Fibrosit oranı	0,312	2 (1-3)	1,5 (1-2)	1 (1-2)
Paralel yerleşimli lif oranı	0,697	2 (1-2)	2 (1,75-2)	
	0,002	2 (1-2)		3 (2,75-3,25)
	0,008		2 (1,75-2)	3 (2,75-3,25)
Büyük çaplı lif oranı	0,057	1 (1-1)	2 (1-2)	
	0,001	1 (1-1)		2 (2-3)
	0,122		2 (1-2)	2 (2-3)
Tendon insersiyonunun görünümü	0,399	3 (2-3)	3 (2,75-3,25)	
	0,010	3 (2-3)		4 (3-4)
	0,080		3 (2,75-3,25)	4 (3-4)
Kollajen devamlılığı	0,054	1,5 (1-4)	2 (1,75-2)	3 (3-3)
Fibrokartilaj doku	0,151	2 (1-2)	2 (1,75-2,25)	2 (2-3)
Tidemark oluşumu	0,053	1 (1-1)	1 (1-2)	2 (1-2,25)
Matürite Skoru	0,745	17 (12-23)	19 (16-21)	
	0,002	17 (12-23)		25 (24-27)
	0,006		19 (16-21)	25 (24-27)

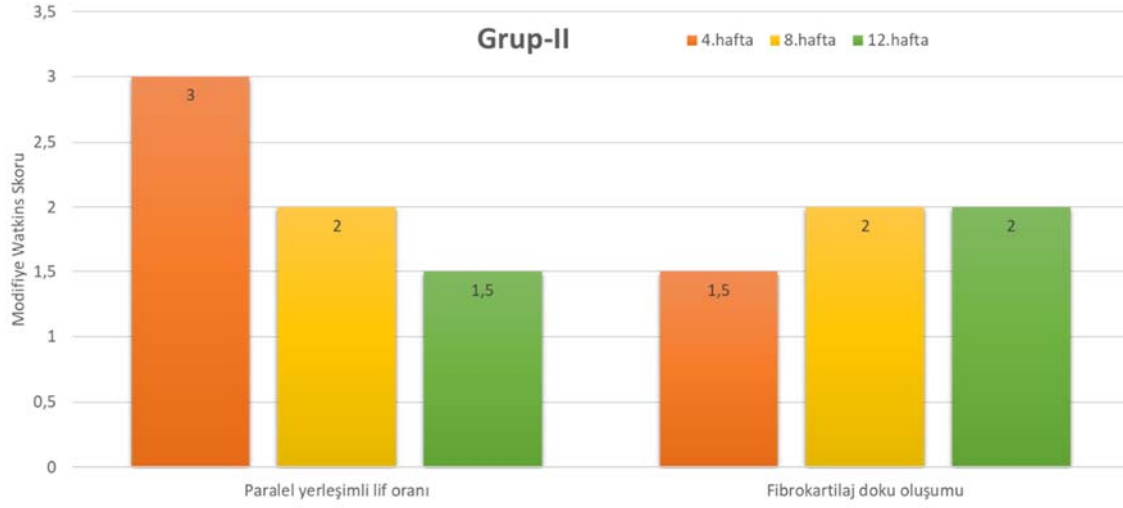


Şekil 4.7- Grup-I’de farklı sakrifikasyon dönemlerinde anlamlı değişiklik gösteren histolojik parametreler

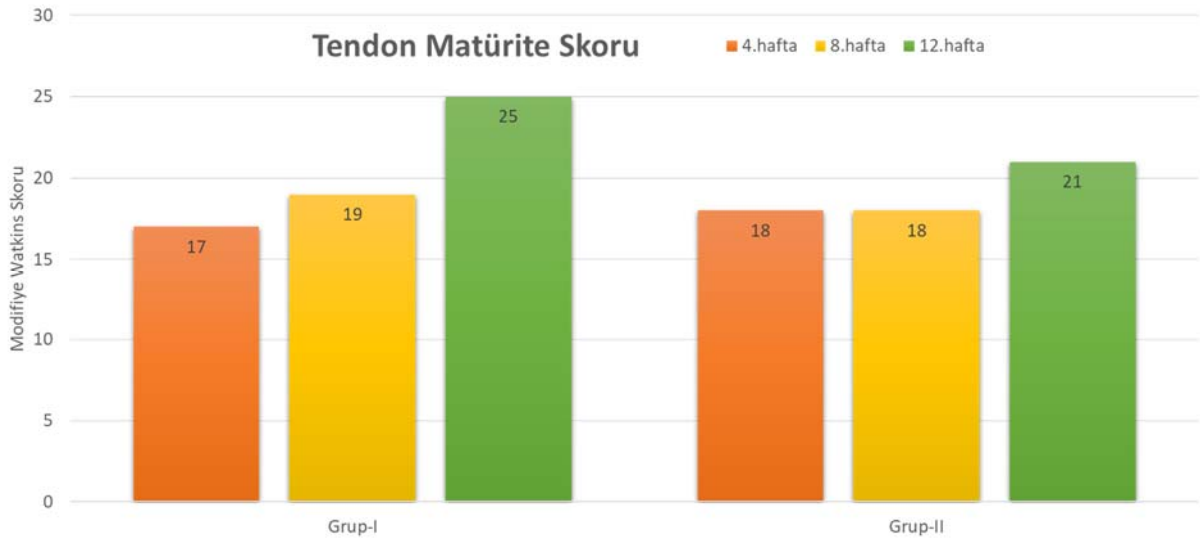
Tünel içi tamir yapılan Grup-II kendi içinde 3 farklı sakrifikasyon dönemi için değerlendirildi. 4.haftadaki paralel yerleşimli lif oranının, hem 8.hafta hem de 12.haftadaki değerlerinden anlamlı derecede yüksek olduğu saptandı. Ayrıca fibrokartilaj doku oluşumuna bakıldığında, 12.haftadaki fibrokartilaj doku miktarı 4. ve 8.haftadaki değerlerinden anlamlı derecede yüksek olarak bulundu. (Şekil 4.8) İncelenen diğer histolojik parametrelerde, tendon matürite skoru da dahil olmak üzere farklı sakrifikasyon dönemleri arasında anlamlı bir fark saptanmadı. (Tablo 4.10) (Şekil 4.9)

Tablo 4.10- Grup-II’deki histolojik parametrelerin farklı sakrifikasyon zamanları arasındaki karşılaştırması

Grup-II	p değeri	4.hafta	8.hafta	12.hafta
Selülarite	0,569	2.5 (1-3,25)	3 (2,5-4)	3 (1,75-4)
Vaskülarite	0,877	2 (1,75-4)	2 (1-3,25)	2,5 (1,75-3)
Fibrosit oranı	0,241	3 (2,75-3)	2,5 (2-3,25)	2 (1,75-3)
Paralel yerleşimli lif oranı	0,036	3 (2-3,25)	2 (1,75-2)	
	0,003	3 (2-3,25)		1,5 (1-2)
	0,402		2 (1,75-2)	1,5 (1-2)
Büyük çaplı lif oranı	0,059	1 (1-1)	1 (1-2)	2 (1-2)
Tendon insersiyosunun görünümü	0,151	2,5 (2-3,25)	3 (3-3)	3 (3-4)
Kollajen devamlılığı	0,657	2 (1,75-3)	2 (1-2,25)	2 (1,75-3)
Fibrokartilaj doku	0,099	1,5 (1-2)	2 (2-2)	
	0,007	1,5 (1-2)		2 (2-3)
	0,303		2 (2-2)	2 (2-3)
Tidemark oluşumu	0,298	1 (1-2)	1 (1-1)	1 (1-2,25)
Matürite Skoru	0,785	18 (18-21)	18 (17-20)	21 (16-22)



Şekil 4.8- Grup-II’de farklı sakrifikasyon dönemlerinde anlamlı değişiklik gösteren histolojik parametreler



Şekil 4.9- Grup-I ve Grup-II’de tendon matürite skorunun 3 farklı sakrifikasyon dönemdeki değerleri

5. TARTIŞMA

Çalışmamızda kemik tünel içindeki yoğun kemik iliği maruziyeti ile beraber gerçekleşecek iyileşmenin, dekortike edilmiş kemik yüzeyindeki iyileşmeye göre daha iyi olacağı düşünülerek, tendon-kemik iyileşmesi karşılaştırıldı. Ancak elde ettiğimiz sonuçlara göre tünel içi yapılan tamir biyomekanik açıdan kemik yüzeyine yapılan primer tamir ile benzer sonuçlar verdi. Histolojik olarak bakıldığında ise erken dönemde tünel içindeki tendonun daha hızlı bir şekilde organize olduğu görülse de; geçen zaman içerisinde bu kollajen yapısının rezorbe olduğu ve enflamasyonun devam ettiği görüldü.

Tendonun kemik yapışma yerinde ‘entezis’ adı verilen özel bir doku bulunur. Bu yapı farklı katmanların bir araya gelmesiyle oluşmuş anatomik bir yapıdır. Tendon, non-mineralize fibrokartilaj, mineralize fibrokartilaj ve kemik sırasıyla 4 farklı tabakayı oluşturmaktadır. Kumagai ve arkadaşları kemikte sık bulunan Tip-I kollajenin, non-mineralize ve mineralize fibrokartilaj yapılarında seyrek olduğunu göstermişlerdir [116]. Tendonun kendisinde seyrek bulunan Tip-II kollajen ise fibrokartilaj yapının iki farklı katmanında da yaygın bulunmuştur. Tip III kollajen ise non-mineralize fibrokartilaj yapısında sınırlı gösterilmiştir. Rotator manşet tamiri sonrasındaki amaç, bahsi geçen bu entezis dokusunu orjinaline en yakın haliyle yeniden elde etmektir. Kendi çalışmamızda immunohistokimya incelemesi yapılmadığı için oluşan kollajen tipleri değerlendirilmese de, literatüre bakıldığında rutinde kullanılan rotator manşet tamir tekniğinde oluşan kollajen, tip III kollajen olarak belirtilmiştir [117].

Güncel literatürde rotator manşetin kemik tünel içerisine tamir edildiği bir adet çalışma mevcuttur [117]. Ancak mevcut çalışmadan farklı olarak akut yırtık modeli oluşturulmuş ve pratikte uygulanabilirliği zor bir cerrahi teknik tanımlanmıştır. Klinik pratikte rotator manşet yırtıklarının karşımıza daha sıklıkla kronik ve dejenere şekilde geldiği düşünüldüğünde, kronik yırtık modeli üzerinde çalışmak daha sağlıklı sonuçlar elde etmek açısından yardımcı olacaktır. Bu nedenle bu çalışmada tenotomi aşamasından sonra 2 ay beklenerek kronik süreç taklit edilmiştir. Tavşan modeli üzerinde rotator manşet tamir sonuçlarının incelendiği çalışmalara bakıldığında deneklerin sakrifikasyon zamanı ile ilgili fikir birliği bulunmamaktadır. Tamir işleminden sonra 1-2-5.haftalarda [118], 0-3-6.haftalarda [119], 0-1-2-4.haftalarda [120], 4-8-12.haftalarda [117] sakrifikasyon yapılan çalışmalar literatürde mevcuttur. Tamir metodunun başlangıç stabilitesini ölçmek için postop 0.günde biyomekanik testlerin yapıldığı çalışmalar olmakla beraber; mevcut çalışmadaki amaç iyileşme potansiyelini ve kalitesini karşılaştırmak olduğu için tamir sonrası ilk gün sakrifikasyon yapılmadı. Tünel içi tamir metodunun

sonuçlarını daha objektif şekilde karşılaştırmak için benzer çalışmadaki [117] sakrifikasyon zamanları tercih edildi.

Li ve arkadaşları [117] yaptıkları çalışmada tamir sonrası 4. ve 12.haftalarda tünel içine tamir yapılan gruptaki maksimum kopma kuvvetinin, kemik yüzeyine tamir yapılan gruptan anlamlı olarak yüksek olduğunu göstermişlerdir. Yine mevcut çalışmadan farklı olarak, her iki grupta da 8.haftadaki maksimum kopma kuvvetini 4.haftadan; 12.haftadaki maksimum kopma kuvvetini 8.haftadan anlamlı olarak yüksek bulmuşlardır. Kendi çalışmamızda ise biyomekanik testlerde tünel içi tamir ile tüberkül yüzeyine yapılan primer anatomik tamir arasında maksimum kopma kuvveti açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı. Her grup kendi içinde değerlendirildiğinde, 3 farklı sakrifikasyon dönemleri arasında da maksimum kopma kuvvetlerinde anlamlı fark gösterilemedi. Tavşanlardaki iyileşme potansiyeli ve hızının insanlara göre daha fazla olması sebebiyle, 4.haftada yapılan sakrifikasyonda tendon iyileşmesinin biyomekanik anlamda gerçekleştiği düşünüldü. 8.hafta ve 12.hafta sakrifikasyonlarındaki biyomekanik deneylerde maksimum çekme kuvvetinin, 4.haftaya kıyasla istatistiksel olarak aynı şekilde kalması bu şekilde açıklandı.

Mevcut çalışmamızda primer anatomik tamir grubu 12.haftada daha yüksek tendon matürite skoruna sahipti. Kollajen devamlılığı ve paralel liflerin oranı, daha organize bir tendon yapısı göstermekteydi. Ancak histolojik olarak gösterilen bu üstünlük, biyomekanik testler ile uyumlu değildi. Bu durumun sebeplerinden birisi muhtemelen kullanılan Modifiye Watkins Skoru'nun tendon matüritesini ölçmek için tek başına yeterli olmamasıdır. Tünel içerisinde 3 boyutlu bir ortamda iyileşme gerçekleştiren tendonu değerlendirmek için başka parametreleri de değerlendirmek gerekmektedir. Kullandığımız skorlama farklı noktalardan tendon matüritesini değerlendirmekle beraber, var olan kollajen tipi değerlendirme dışında kalmaktadır. Primer anatomik tamir grubunda oluşan kollajen tipi matur olmamakla beraber (çoğunlukla Tip-III), kollajenler daha iyi organize olmakta ve daha yüksek skor elde edilmektedir. Ayrıca haftaların ilerlemesi ile beraber, tünel içi gruptaki kollajen organizasyonunun bozulması ve tendondaki kollajen liflerinin rezorpsiyonu bu grupta düşük skora neden olmaktadır. Primer anatomik tamir grubunda biyomekanik sonuçların, histolojik sonuçlarla korele olmamasının bir başka sebebi de oluşan Tip III kollajenin tendon-kemik bileşkesinde Tip-I kollajen kadar kuvvetli olamaması olabilir.

İyileşmeyi etkileyen önemli faktörlerden biri iyileşmenin gerçekleştiği ortamdır. Bu ortamın biyolojik olarak doğru bir şekilde desteklenmesi iyileşmeyi olumlu yönde etkilemektedir. Erşen ve arkadaşlarının yapmış olduğu PRP'nin rotator manşet iyileşmesine

etkisini karşılaştırdıkları çalışmada, PRP ile desteklenen grupta biyomekanik olarak daha güçlü tendon-kemik sahası elde etmişlerdir [121]. Ancak kemik yüzeyine yapılan primer tamir ile tünel içi yapılan tamirin niye farklı iyileşme paterni gösterdikleri net olarak bilinmemektedir. Klasik teknikte “ footprint”e yapılan tamiri, kısa bir enflamasyon fazı, ardından da proliferasyon ve remodeling fazları izler [122]. Çalışmamızda da bu grupta erken dönemde görülen enflamasyonun geç dönemde tamamen ortadan kalkması bu süreci desteklemektedir. Tünel içerisinde iyileşen tendonun izlediği süreç ise gizemini korumaktadır. Tendon-kemik temas yüzeyinin arttırılması ve kemik iliğinden kaynaklanan mezenkimal kök hücrelere sürekli temas bu sürecin muhtemel yapıtaşlarıdır. Mezenkimal kök hücrelerin iyileşmedeki katkısı ile ilgili olarak Bilsel ve arkadaşları tavşan modelinde rotator manşet tamirinde mikrokırığın etkisini incelemişlerdir [123]. Mikrokırık uygulanan omuzlarda iyileşmenin hem biyomekanik, hem de histolojik olarak daha iyi olduğunu göstermişlerdir. Ancak bu iyileşme sürecindeki farklılığa mezenkimal kök hücrelerin katkısı da belirsizliğini korumaktadır. Primer anatomik tamir grubunda mezenkimal kök hücre katkısı sağlamak için mevcut çalışmada dekortikasyon yöntemi tercih edildi. Literatürde mikrokırık gibi başka yöntemlerde mevcut olsa da, bunların birbirlerine üstünlüğü gösterilememiştir [124, 125].

Tavşanlarda biceps tendonunun kemik tünel içerisine ve dekortikasyon sonrası kemik yüzeyine tamirinin karşılaştırıldığı bir çalışmada gruplar arasında biyomekanik ve histolojik açıdan belirgin fark saptanmamıştır [126]. Hongbo ve arkadaşları bu çalışmada tünel içerisine yeni kemik oluşumunun gerçekleştiğini, ancak tüneldeki tendon ile bir bütünlük sağlamadığını belirtmişlerdir. Her iki grupta tendon-kemik arayüzü ve fibrokartilaj dokusu dış kortikal yüzeyde oluşmuştur. Bu 2 farklı tamir metodunun karşılaştırıldığı bir başka çalışma da köpek modeli üzerine yapılmıştır [127]. Fleksör digitorum tendonlarının kullanıldığı bu çalışmada kemik tünel grubu hem histolojik hem de biyomekanik olarak daha zayıf çıkmıştır. Bu sonuçlar histolojik olarak çalışmamızla benzer çıksa da, biyomekanik açıdan uyum göstermemektedir. Bu durum kullanılan denek hayvan modellerinin, tendon mukavemet güçlerinin ve sakrifikasyon günlerinin farklılığı ile açıklanmaktadır.

Entezis oluşumundaki diğer önemli bir nokta mekanik stimülasyondur. Mekanik stimülasyonun önemi, farklı tamir tekniklerinin farklı mekanik streslere neden olmasından kaynaklanmaktadır. Yamakado ve arkadaşları [128], tavşan modelinde ekstansör digitorum longus (EDL) tendonunu proksimal tibiada tünel içerisine tamir ederek, hem tünel girişini hem de tünel içini histolojik olarak incelemişlerdir. kemik aksına 90 derece olacak şekilde açılan kemik tünelde çalışmaya devam eden tendon, tünelin altında kompresif bir stres oluştururken, üst tarafında ise tensil bir stres oluşturmuştur. Süreç sonunda ise tendon-kemik ara yüzünü

sadece tensil kuvvetin daha dominant olduğu tünel giriş bölgesinde göstermişlerdir. Kompresif ve kayma kuvvetlerinin hakim olduğu tünel içinde ise tendon-kemik ara yüzü kaybolmuştur. Literatürde tünel içine tamir edilen tendon veya ligamentin histolojik gelişiminin izlendiği birkaç çalışma mevcuttur. Goradi ve arkadaşları[129] koyun modelinde semitendinosus grefti ile n çapraz rekonstrüksiyonu yapmışlar, tendon-kemik arayüzünü ve Sharpey liflerini göstermişlerdir. Ancak tünel içi yaptıkları kesitlerde Sharpey liflerine rastlamamışlardır. Mevcut alışmamızda her iki grupta da kemik-tendon geisinde Sharpey liflerinin düzenli bir şekilde olduğu gösterildi. Köpek modelinde ekstansör digitorum longus (EDL) tendonunun proksimal tibiada kemik tünele tamir edildiği başka bir çalışmada 12.haftada kollajen devamlılığı ve Sharpey lifleri gösterilmiştir [130]. Ancak diğer çalışmalara benzer olarak doğal 4 katmanlı entezis dokusu burda da oluşmamıştır. Bu çalışmada kemik tünel kemiğin aksına 45 derece ile açılmıştır, dolayısıyla tünelin alt kısmında kompresif kuvvet miktarı azalarak tensil kuvvet miktarı arttırılmıştır. Bu konudaki ortak görüş tendonun çalıştığı akstan bağımsız olarak tünel içerisinde tendon-kemik arayüzünün oluşmadığıdır. İyileşme süreci tendonun tünele giriş yerinde meydana gelmektedir. Tensil kuvvetlerin tünel içerisinde zaman geçtikçe kayma kuvvetlerine dönmesi de bu durumun başlıca sebebini oluşturmaktadır. Çalışmamızda da total matürite olarak kemik tünel grubu daha zayıf olsa da; tendon insersiyosunun ve fibrokartilaj doku oluşumunun gruplar arasında 12.haftada benzer şekilde çıkması bunu desteklemektedir.

Çalışmamızın bazı limitasyonları mevcuttur. Her iki grupta da tidemark oluşumu gösterilemedi. Küçük bir hayvanda ve küçük bir tendonda çalışmak bu durumun muhtemel sebebini oluşturmaktadır. Kemik tünel içerisine tamir ile ilgili net bir endikasyon veya klinik görüş bulunmamaktadır. Ama teorik olarak primer tamir edilemeyen masif yırtıklara bu tekniğin uygulanması mümkün gözükmemektedir. Ancak tendon transferi veya greft kullanımıyla beraber bu endikasyonda tercih edilebilecek bir cerrahi teknik olabilir. Ayrıca kemik tünel içerisine yapılan tamir anatomik bir tamir olmamaktadır. Tendon insersiyosu değişmekle beraber tendonun morfolojik yapısı, bununla beraber omuz eklemi kinematiği de değişmektedir. Bir diğer konu ise deneklerin her iki omzu da kullanıldığı için sağlam kontrol grubunun bulunmamasıdır. Dolayısıyla sağlam rotator manşet kuvveti hakkında bilgi sahibi olunamamıştır. Son olarak insan ve tavşanın omuz biyomekaniği ve iyileşme potansiyellerindeki farklılıklar, anatomilerindeki varyasyonlar sonuçların direkt olarak insana yansıtılmasını kısıtlamaktadır.

6.SONUÇ

Çalışmamız ele alındığında kemik tünel içerisine yapılmış olan tamir, hipotezimizle uyumlu sonuçlar çıkarmamıştır. Histolojik ve biyomekanik olarak rutin yapılan tekniğe bir üstünlük gösterilememiştir. Doğal 4 katmanlı entezis dokusunun oluşumu elde edilememiştir. Ancak bu sonuçlar ayrı ayrı incelendiğinde literatürdeki tavşan modelinde yapılmış rotator manşet tamirine ait değerlerle uyumlu gözükmektedir. Dolayısıyla her ne kadar rutin tekniğe bir üstünlük gösterilemese de, kemik tünel içerisine tamir tekniği tam kat ve tamir edilebilir rotator manşet yırtıklarında cerrahi bir seçenek olarak dşnlmelidir. Bununla beraber tendon transferi için kullanılan allogreft veya otogreftlerin tespitinde de bu teknik akılda bulundurulmalıdır.



7.KAYNAKLAR

1. Gomoll, A.H., et al., *Rotator cuff disorders: recognition and management among patients with shoulder pain*. Arthritis Rheum, 2004. **50**(12): p. 3751-61.
2. Hantes, M.E., et al., *Arthroscopic Single-Row Versus Double-Row Suture Bridge Technique for Rotator Cuff Tears in Patients Younger Than 55 Years: A Prospective Comparative Study*. Am J Sports Med, 2018. **46**(1): p. 116-121.
3. Vastamäki, M., M. Lohman, and N. Borgmästars, *Rotator cuff integrity correlates with clinical and functional results at a minimum 16 years after open repair*. Clin Orthop Relat Res, 2013. **471**(2): p. 554-61.
4. Burkhart, S.S., et al., *Cyclic loading of anchor-based rotator cuff repairs: confirmation of the tension overload phenomenon and comparison of suture anchor fixation with transosseous fixation*. Arthroscopy, 1997. **13**(6): p. 720-4.
5. Gulotta, L.V. and S.A. Rodeo, *Growth factors for rotator cuff repair*. Clin Sports Med, 2009. **28**(1): p. 13-23.
6. Burkhart, S.S. and R.U. Hartzler, *Arthroscopic Rotator Cuff Repair: How to Avoid Retear*. Arthroscopy, 2019. **35**(1): p. 12-13.
7. Desai, V.S., B.R. Southam, and B. Grawe, *Complications Following Arthroscopic Rotator Cuff Repair and Reconstruction*. JBJS Rev, 2018. **6**(1): p. e5.
8. Monro, A., *A description of all the Bursae mucosae of the human body*. 1788, Edinburgh :: Elliot & Kay.
9. Smith, J.G., *The classic: Pathological appearances of seven cases of injury of the shoulder-joint: with remarks*. 1834. Clin Orthop Relat Res, 2010. **468**(6): p. 1471-5.
10. Randelli, P., et al., *History of rotator cuff surgery*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2015. **23**(2): p. 344-62.
11. Perthes, *Über Operationen bei habitueller Schulterluxation*. Deutsche Zeitschrift für Chirurgie, 2008. **85**: p. 199-227.
12. Codman, E.A., *Complete rupture of the supraspinatus tendon. Operative treatment with report of two successful cases*. 1911. J Shoulder Elbow Surg, 2011. **20**(3): p. 347-9.
13. Neer, C.S., 2nd, *Anterior acromioplasty for the chronic impingement syndrome in the shoulder: a preliminary report*. J Bone Joint Surg Am, 1972. **54**(1): p. 41-50.
14. Cofield, R.H., *Subscapular muscle transposition for repair of chronic rotator cuff tears*. Surg Gynecol Obstet, 1982. **154**(5): p. 667-72.
15. Gerber, C., *Latissimus dorsi transfer for the treatment of irreparable tears of the rotator cuff*. Clin Orthop Relat Res, 1992(275): p. 152-60.
16. Kieser, C.W. and R.W. Jackson, *Severin Nordentoft: The first arthroscopist*. Arthroscopy, 2001. **17**(5): p. 532-5.
17. Burman, M.S., *Arthroscopy or the direct visualization of joints: an experimental cadaver study*. 1931. Clin Orthop Relat Res, 2001(390): p. 5-9.
18. Ellman, H., *Arthroscopic subacromial decompression: analysis of one- to three-year results*. Arthroscopy, 1987. **3**(3): p. 173-81.
19. Andrews, J.R., T.S. Broussard, and W.G. Carson, *Arthroscopy of the shoulder in the management of partial tears of the rotator cuff: a preliminary report*. Arthroscopy, 1985. **1**(2): p. 117-22.
20. Thal, R., *A technique for arthroscopic mattress suture placement*. Arthroscopy, 1993. **9**(5): p. 605-7.
21. Clark, J.M. and D.T. Harryman, 2nd, *Tendons, ligaments, and capsule of the rotator cuff. Gross and microscopic anatomy*. J Bone Joint Surg Am, 1992. **74**(5): p. 713-25.
22. Jobe CM, P.W., Petkovic D, *Gross Anatomy of the Shoulder*, in *Rockwood and Matsen's The Shoulder*, M.F.r. Rockwood Jr CA, Wirth MA, Lippitt SB, Fehring E V., Sperling JW, Editor. 2017, Elsevier: Philadelphia. p. 35-95.

23. M., B., *The blood supply of irregular and flat bones*, in *Blood Supply of the Bone*, B. MB, Editor. 1971, Appleton-Century-Crofts: New York. p. 47-66.
24. Howell, S.M., et al., *Clarification of the role of the supraspinatus muscle in shoulder function*. J Bone Joint Surg Am, 1986. **68**(3): p. 398-404.
25. Atwater, A.E., *Biomechanics of overarm throwing movements and of throwing injuries*. Exerc Sport Sci Rev, 1979. **7**: p. 43-85.
26. Rietveld, A.B., et al., *The lever arm in glenohumeral abduction after hemiarthroplasty*. J Bone Joint Surg Br, 1988. **70**(4): p. 561-5.
27. J., P., *Biomechanics of the Shoulder*, in *The Shoulder*, R. C., Editor. 1988, Churchill Livingstone: New York.
28. Colachis, S.C., Jr., B.R. Strohm, and V.L. Brechner, *Effects of axillary nerve block on muscle force in the upper extremity*. Arch Phys Med Rehabil, 1969. **50**(11): p. 647-54.
29. Ovesen, J. and S. Nielsen, *Posterior instability of the shoulder. A cadaver study*. Acta Orthop Scand, 1986. **57**(5): p. 436-9.
30. Cain, P.R., et al., *Anterior stability of the glenohumeral joint. A dynamic model*. Am J Sports Med, 1987. **15**(2): p. 144-8.
31. M., S., *Anatomic Studies: Arteries of the Muscles of the Extremities and the Trunk and Arterial Anastomotic Pathways of the Extremities*. 1994, St. Louis: Quality Medical Publishing.
32. ; Available from: <https://www.grsm.ca/understanding-rotator-cuff-tendinopathy-and-rehabilitative-exercise-progressions/>.
33. Morag, Y., et al., *The subscapularis: anatomy, injury, and imaging*. Skeletal Radiol, 2011. **40**(3): p. 255-69.
34. Ovesen, J. and S. Nielsen, *Anterior and posterior shoulder instability. A cadaver study*. Acta Orthop Scand, 1986. **57**(4): p. 324-7.
35. Symeonides, P.P., *The significance of the subscapularis muscle in the pathogenesis of recurrent anterior dislocation of the shoulder*. J Bone Joint Surg Br, 1972. **54**(3): p. 476-83.
36. Inman, V.T., J.B. Saunders, and L.C. Abbott, *Observations of the function of the shoulder joint. 1944*. Clin Orthop Relat Res, 1996(330): p. 3-12.
37. McCann PC, C.F., Ticker JB., *An anatomic study of the subscapular nerves: A grid for electromyographic analysis of the subscapularis muscle*. Shoulder Elbow Surg, 1994. **3**: p. 94-99.
38. Bartlett, S.P., J.W. May, Jr., and M.J. Yaremchuk, *The latissimus dorsi muscle: a fresh cadaver study of the primary neurovascular pedicle*. Plast Reconstr Surg, 1981. **67**(5): p. 631-6.
39. Cadet, E.R., et al., *The relationship between greater tuberosity osteopenia and the chronicity of rotator cuff tears*. J Shoulder Elbow Surg, 2008. **17**(1): p. 73-7.
40. Dugas, J.R., et al., *Anatomy and dimensions of rotator cuff insertions*. J Shoulder Elbow Surg, 2002. **11**(5): p. 498-503.
41. Minagawa, H., et al., *Humeral attachment of the supraspinatus and infraspinatus tendons: an anatomic study*. Arthroscopy, 1998. **14**(3): p. 302-6.
42. Fealy, S., et al., *Patterns of vascular and anatomical response after rotator cuff repair*. Am J Sports Med, 2006. **34**(1): p. 120-7.
43. Rothman, R.H. and W.W. Parke, *The vascular anatomy of the rotator cuff*. Clin Orthop Relat Res, 1965. **41**: p. 176-86.
44. P. W. Jobe CM, P.D., *Developmental Anatomy of the Shoulder and Anatomy of the Glenohumeral Joint*, in *Rockwood and Matsen's The Shoulder*, W.M. Jr CA MFr, Lippitt SB, Fehring E V., Sperling JW, Editor. 2017, Elsevier: Philadelphia. p. 1-35.
45. Lindblom, K., *Arthrography and Roentgenography in Ruptures of the Tendons of the Shoulder Joint*. Acta Radiologica, 1939. **os-20**(6): p. 548-562.
46. Lindblom, K., *On Pathogenesis of Ruptures of the Tendon Aponeurosis of the Shoulder Joint*. Acta Radiologica, 1939. **os-20**(6): p. 563-577.
47. Nixon JE, D.V., *Ruptures of the rotator cuff*. Orthop Clin North Am., 1975. **6**: p. 423-447.
48. Rathbun, J.B. and I. Macnab, *The microvascular pattern of the rotator cuff*. J Bone Joint Surg Br, 1970. **52**(3): p. 540-53.

49. Funakoshi, T., et al., *In vivo visualization of vascular patterns of rotator cuff tears using contrast-enhanced ultrasound*. Am J Sports Med, 2010. **38**(12): p. 2464-71.
50. Blevins, F.T., et al., *Biology of the rotator cuff tendon*. Orthop Clin North Am, 1997. **28**(1): p. 1-16.
51. Lippitt, S. and F. Matsen, *Mechanisms of glenohumeral joint stability*. Clin Orthop Relat Res, 1993(291): p. 20-8.
52. Lippitt, S.B., et al., *Glenohumeral stability from concavity-compression: A quantitative analysis*. J Shoulder Elbow Surg, 1993. **2**(1): p. 27-35.
53. Burkhart, S.S., J.C. Esch, and R.S. Jolson, *The rotator crescent and rotator cable: an anatomic description of the shoulder's "suspension bridge"*. Arthroscopy, 1993. **9**(6): p. 611-6.
54. Burkhart, S.S., et al., *Partial repair of irreparable rotator cuff tears*. Arthroscopy, 1994. **10**(4): p. 363-70.
55. Hsu JE, G.A., Lippitt SB, Matsen FA., *The Rotator Cuff*, in Rockwood and Matsen's *The Shoulder*, M.F. Rockwood Jr CA, Wirth MA, Lippitt SB, Fehring E V., Sperling JW, Editor. 2017, Elsevier: Philadelphia. p. 651–721.
56. Rowlands, L.K., et al., *Kinesiology of the empty can test*. Am J Phys Med Rehabil, 1995. **74**(4): p. 302-4.
57. Colachis, S.C., Jr. and B.R. Strohm, *Effect of suprascapular and axillary nerve blocks on muscle force in upper extremity*. Arch Phys Med Rehabil, 1971. **52**(1): p. 22-9.
58. Burkhart, S.S., *Fluoroscopic comparison of kinematic patterns in massive rotator cuff tears. A suspension bridge model*. Clin Orthop Relat Res, 1992(284): p. 144-52.
59. Mesiha, M.M., et al., *The biomechanical relevance of anterior rotator cuff cable tears in a cadaveric shoulder model*. J Bone Joint Surg Am, 2013. **95**(20): p. 1817-24.
60. Jerosch, J., T. Müller, and W.H. Castro, *The incidence of rotator cuff rupture. An anatomic study*. Acta Orthop Belg, 1991. **57**(2): p. 124-9.
61. Bigliani, L.U. *The morphology of the acromion and its relationship to rotator cuff tears*. 1986.
62. Ogawa, K., et al., *Acromial spur: relationship to aging and morphologic changes in the rotator cuff*. J Shoulder Elbow Surg, 2005. **14**(6): p. 591-8.
63. Harvie, P., et al., *Genetic influences in the aetiology of tears of the rotator cuff. Sibling risk of a full-thickness tear*. J Bone Joint Surg Br, 2004. **86**(5): p. 696-700.
64. Armstrong, J.R., *Excision of the acromion in treatment of the supraspinatus syndrome; report of 95 excisions*. J Bone Joint Surg Br, 1949. **31b**(3): p. 436-42.
65. Bigliani, L.U., et al., *The relationship of acromial architecture to rotator cuff disease*. Clin Sports Med, 1991. **10**(4): p. 823-38.
66. Epstein, R.E., et al., *Hooked acromion: prevalence on MR images of painful shoulders*. Radiology, 1993. **187**(2): p. 479-81.
67. Ozaki, J., et al., *Tears of the rotator cuff of the shoulder associated with pathological changes in the acromion. A study in cadavera*. J Bone Joint Surg Am, 1988. **70**(8): p. 1224-30.
68. Wang, J.C., et al., *The relationship between acromial morphology and conservative treatment of patients with impingement syndrome*. Orthopedics, 2000. **23**(6): p. 557-9.
69. Pandey, V. and W. Jaap Willems, *Rotator cuff tear: A detailed update*. Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol, 2015. **2**(1): p. 1-14.
70. Nyffeler, R.W., et al., *Association of a large lateral extension of the acromion with rotator cuff tears*. J Bone Joint Surg Am, 2006. **88**(4): p. 800-5.
71. Balke, M., et al., *Correlation of acromial morphology with impingement syndrome and rotator cuff tears*. Acta Orthop, 2013. **84**(2): p. 178-83.
72. Yamaguchi, K., et al., *The demographic and morphological features of rotator cuff disease. A comparison of asymptomatic and symptomatic shoulders*. J Bone Joint Surg Am, 2006. **88**(8): p. 1699-704.
73. Hashimoto, T., K. Nobuhara, and T. Hamada, *Pathologic evidence of degeneration as a primary cause of rotator cuff tear*. Clin Orthop Relat Res, 2003(415): p. 111-20.
74. Plate, J.F., et al., *Advanced age diminishes tendon-to-bone healing in a rat model of rotator cuff repair*. Am J Sports Med, 2014. **42**(4): p. 859-68.

75. Yuan, J., et al., *Overexpression of antioxidant enzyme peroxiredoxin 5 protects human tendon cells against apoptosis and loss of cellular function during oxidative stress*. Biochim Biophys Acta, 2004. **1693**(1): p. 37-45.
76. Yuan, J., et al., *Apoptosis in rotator cuff tendonopathy*. J Orthop Res, 2002. **20**(6): p. 1372-9.
77. Hamada, K., et al., *Intrinsic healing capacity and tearing process of torn supraspinatus tendons: in situ hybridization study of alpha 1 (I) procollagen mRNA*. J Orthop Res, 1997. **15**(1): p. 24-32.
78. Benjamin, M., E.J. Evans, and L. Copp, *The histology of tendon attachments to bone in man*. J Anat, 1986. **149**: p. 89-100.
79. Rudzki, J.R., et al., *Contrast-enhanced ultrasound characterization of the vascularity of the rotator cuff tendon: age- and activity-related changes in the intact asymptomatic rotator cuff*. J Shoulder Elbow Surg, 2008. **17**(1 Suppl): p. 96s-100s.
80. Codman, E.A. and I.B. Akerson, *THE PATHOLOGY ASSOCIATED WITH RUPTURE OF THE SUPRASPINATUS TENDON*. Ann Surg, 1931. **93**(1): p. 348-59.
81. Kim, H.M., et al., *Location and initiation of degenerative rotator cuff tears: an analysis of three hundred and sixty shoulders*. J Bone Joint Surg Am, 2010. **92**(5): p. 1088-96.
82. Nimura, A., et al., *The superior capsule of the shoulder joint complements the insertion of the rotator cuff*. J Shoulder Elbow Surg, 2012. **21**(7): p. 867-72.
83. Matsen, F.A.L.S.B.D.S.E., *Shoulder surgery : principles and procedures*. 2004, Philadelphia, Pa.: Saunders.
84. Bunker, T., *Rotator cuff disease*. Current Orthopaedics, 2002. **16**: p. 223-233.
85. Keener, J.D., et al., *Proximal humeral migration in shoulders with symptomatic and asymptomatic rotator cuff tears*. J Bone Joint Surg Am, 2009. **91**(6): p. 1405-13.
86. Yamanaka, K. and T. Matsumoto, *The joint side tear of the rotator cuff. A followup study by arthrography*. Clin Orthop Relat Res, 1994(304): p. 68-73.
87. Melis, B., et al., *Natural history of fatty infiltration and atrophy of the supraspinatus muscle in rotator cuff tears*. Clin Orthop Relat Res, 2010. **468**(6): p. 1498-505.
88. Melis, B., B. Wall, and G. Walch, *Natural history of infraspinatus fatty infiltration in rotator cuff tears*. J Shoulder Elbow Surg, 2010. **19**(5): p. 757-63.
89. Neer, C.S., 2nd, *Impingement lesions*. Clin Orthop Relat Res, 1983(173): p. 70-7.
90. Ellman, H., *Diagnosis and treatment of incomplete rotator cuff tears*. Clin Orthop Relat Res, 1990(254): p. 64-74.
91. Snyder, S.J., et al., *Partial thickness rotator cuff tears: results of arthroscopic treatment*. Arthroscopy, 1991. **7**(1): p. 1-7.
92. Habermeyer, P., et al., *A new arthroscopic classification of articular-sided supraspinatus footprint lesions: a prospective comparison with Snyder's and Ellman's classification*. J Shoulder Elbow Surg, 2008. **17**(6): p. 909-13.
93. DeOrto, J.K. and R.H. Cofield, *Results of a second attempt at surgical repair of a failed initial rotator-cuff repair*. J Bone Joint Surg Am, 1984. **66**(4): p. 563-7.
94. Harryman, D.T., 2nd, et al., *Repairs of the rotator cuff. Correlation of functional results with integrity of the cuff*. J Bone Joint Surg Am, 1991. **73**(7): p. 982-9.
95. H., E., *Rotator cuff disorders*, in *Arthroscopic shoulder surgery and related disorders*, G.G. Ellman H, Editor. 1993, Lea and Febiger: Philadelphia. p. 98-119.
96. Patte, D., *Classification of rotator cuff lesions*. Clin Orthop Relat Res, 1990(254): p. 81-6.
97. Collin, P., et al., *Relationship between massive chronic rotator cuff tear pattern and loss of active shoulder range of motion*. J Shoulder Elbow Surg, 2014. **23**(8): p. 1195-202.
98. Lafosse, L., et al., *Structural integrity and clinical outcomes after arthroscopic repair of isolated subscapularis tears*. J Bone Joint Surg Am, 2007. **89**(6): p. 1184-93.
99. Goutallier, D., et al., *Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT scan*. Clin Orthop Relat Res, 1994(304): p. 78-83.
100. Fuchs, B., et al., *Fatty degeneration of the muscles of the rotator cuff: assessment by computed tomography versus magnetic resonance imaging*. J Shoulder Elbow Surg, 1999. **8**(6): p. 599-605.

101. Zanetti, M., C. Gerber, and J. Hodler, *Quantitative assessment of the muscles of the rotator cuff with magnetic resonance imaging*. Invest Radiol, 1998. **33**(3): p. 163-70.
102. Moosmayer, S., et al., *The natural history of asymptomatic rotator cuff tears: a three-year follow-up of fifty cases*. J Bone Joint Surg Am, 2013. **95**(14): p. 1249-55.
103. Unruh, K.P., et al., *The duration of symptoms does not correlate with rotator cuff tear severity or other patient-related features: a cross-sectional study of patients with atraumatic, full-thickness rotator cuff tears*. J Shoulder Elbow Surg, 2014. **23**(7): p. 1052-8.
104. Jackson, D.W., *Chronic rotator cuff impingement in the throwing athlete*. Am J Sports Med, 1976. **4**(6): p. 231-40.
105. Neviaser, J.S., *Ruptures of the rotator cuff of the shoulder. New concepts in the diagnosis and operative treatment of chronic ruptures*. Arch Surg, 1971. **102**(5): p. 483-5.
106. Leroux, J.L., et al., *Isokinetic evaluation of rotational strength in normal shoulders and shoulders with impingement syndrome*. Clin Orthop Relat Res, 1994(304): p. 108-15.
107. Hawkins, R.J., G.W. Misamore, and P.E. Hobeika, *Surgery for full-thickness rotator-cuff tears*. J Bone Joint Surg Am, 1985. **67**(9): p. 1349-55.
108. Ben-Yishay, A., et al., *Pain inhibition of shoulder strength in patients with impingement syndrome*. Orthopedics, 1994. **17**(8): p. 685-8.
109. Moor, B.K., et al., *Is there an association between the individual anatomy of the scapula and the development of rotator cuff tears or osteoarthritis of the glenohumeral joint?: A radiological study of the critical shoulder angle*. Bone Joint J, 2013. **95-b**(7): p. 935-41.
110. Sugaya, H., et al., *Repair integrity and functional outcome after arthroscopic double-row rotator cuff repair. A prospective outcome study*. J Bone Joint Surg Am, 2007. **89**(5): p. 953-60.
111. Lahteenmaki, H.E., et al., *Results of early operative treatment of rotator cuff tears with acute symptoms*. J Shoulder Elbow Surg, 2006. **15**(2): p. 148-53.
112. Bassett, R.W. and R.H. Cofield, *Acute tears of the rotator cuff. The timing of surgical repair*. Clin Orthop Relat Res, 1983(175): p. 18-24.
113. Grumet, R.C., et al., *Development of a new model for rotator cuff pathology: the rabbit subscapularis muscle*. Acta Orthop, 2009. **80**(1): p. 97-103.
114. Gupta, R. and T. Lee, *Contributions of the different rabbit models to our understanding of rotator cuff pathology*. Journal of shoulder and elbow surgery / American Shoulder and Elbow Surgeons ... [et al.], 2007. **16**: p. S149-57.
115. Yokoya, S., et al., *Tendon-bone insertion repair and regeneration using polyglycolic acid sheet in the rabbit rotator cuff injury model*. Am J Sports Med, 2008. **36**(7): p. 1298-309.
116. Kumagai, J., et al., *Immunohistochemical distribution of type I, II and III collagens in the rabbit supraspinatus tendon insertion*. J Anat, 1994. **185 (Pt 2)**(Pt 2): p. 279-84.
117. Li, X., et al., *Into-Tunnel Repair Versus Onto-Surface Repair for Rotator Cuff Tears in a Rabbit Model*. Am J Sports Med, 2018. **46**(7): p. 1711-1719.
118. Kim, S.H., et al., *Healing disturbance with suture bridge configuration repair in rabbit rotator cuff tear*. J Shoulder Elbow Surg, 2016. **25**(3): p. 478-86.
119. Cheon, S.J., et al., *Comparison of histologic healing and biomechanical characteristics between repair techniques for a delaminated rotator cuff tear in rabbits*. J Shoulder Elbow Surg, 2017. **26**(5): p. 838-845.
120. Campbell, T.M., et al., *Rotator cuff anchor repair: Histological changes associated with the recovering mechanical properties in a rabbit model*. J Tissue Eng Regen Med, 2021. **15**(6): p. 567-576.
121. Ersen, A., et al., *Platelet-rich plasma for enhancing surgical rotator cuff repair: evaluation and comparison of two application methods in a rat model*. Arch Orthop Trauma Surg, 2014. **134**(3): p. 405-11.
122. Voleti, P.B., M.R. Buckley, and L.J. Soslowsky, *Tendon healing: repair and regeneration*. Annu Rev Biomed Eng, 2012. **14**: p. 47-71.
123. Bilsel, K., et al., *Efficacy of bone marrow-stimulating technique in rotator cuff repair*. J Shoulder Elbow Surg, 2017. **26**(8): p. 1360-1366.

124. Milano, G., et al., *Efficacy of marrow-stimulating technique in arthroscopic rotator cuff repair: a prospective randomized study*. *Arthroscopy*, 2013. **29**(5): p. 802-10.
125. Osti, L., A. Del Buono, and N. Maffulli, *Microfractures at the rotator cuff footprint: a randomised controlled study*. *Int Orthop*, 2013. **37**(11): p. 2165-71.
126. Tan, H., et al., *Comparison of Bone Tunnel and Cortical Surface Tendon-to-Bone Healing in a Rabbit Model of Biceps Tenodesis*. *J Bone Joint Surg Am*, 2018. **100**(6): p. 479-486.
127. Silva, M.J., et al., *Early healing of flexor tendon insertion site injuries: Tunnel repair is mechanically and histologically inferior to surface repair in a canine model*. *J Orthop Res*, 2006. **24**(5): p. 990-1000.
128. Yamakado, K., et al., *The influence of mechanical stress on graft healing in a bone tunnel*. *Arthroscopy*, 2002. **18**(1): p. 82-90.
129. Goradia, V.K., et al., *Tendon-to-bone healing of a semitendinosus tendon autograft used for ACL reconstruction in a sheep model*. *Am J Knee Surg*, 2000. **13**(3): p. 143-51.
130. Rodeo, S.A., et al., *Tendon-healing in a bone tunnel. A biomechanical and histological study in the dog*. *J Bone Joint Surg Am*, 1993. **75**(12): p. 1795-803.

