



T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

**ADEZİV KAPSÜLİT OLGULARINDA İNFERİOR
GLENOHUMERAL KAPSÜLOLİGAMENTÖZ KOMPLEKS
TUTULUMUNUN SHEAR WAVE ELASTOGRAFİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ: MRG KORELASYONLU ÇALIŞMA**

TIPTA UZMANLIK TEZİ

Dr. HAKAN HÜSEYİN SOYLU

DÜZCE-2023



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**ADEZİV KAPSÜLİT OLGULARINDA İNFERİOR
GLENOHUMERAL KAPSÜLOLİGAMENTÖZ TUTULUMUNUN
SHEAR WAVE ELASTOGRAFI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ:
MRG KORELASYONLU ÇALIŞMA**

TIPTA UZMANLIK TEZİ

Dr. HAKAN HÜSEYİN SOYLU

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. ELİF NİSA ÜNLÜ

DÜZCE-2023

TEŞEKKÜR

Tezimin tüm aşamalarında verdiği destek ve motivasyon için değerli tez hocam Prof. Dr. Elif Nisa ÜNLÜ'ye ve bana tezim ve eğitimim konusunda her türlü desteği sunan Prof. Dr. Hayri OĞUL'a; uzmanlık eğitimim boyunca örnek aldığım, radyoloji eğitimim boyunca bizlerden bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen, bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım değerli hocalarım Prof. Dr. Ömer ÖNBAŞ'a, Doç. Dr. Hasan Baki ALTINSOY'a, Dr. Öğr. Üyesi Derya GÜÇLÜ'ye, Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Ali ÖZEL'e; tezimin istatistiksel analizini yapan Doç. Dr. Mehmet Ali SUNGUR'a,

Bölümümde beraber çalıştığım araştırma görevlisi arkadaşlarıma; tüm sekreter, hemşire ve teknisyenlere,

Beni her anımda motive eden ve destekleyen, her daim yanımda olan, beni yetiştirirken her türlü özveri ve fedakarlıkta bulunan sevgili aileme

Sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım...

ÖZET

Amaç: Adeziv kapsülit klinik ön tanısı bulunan ve MR (manyetik rezonans) görüntülemesinde inferior glenohumeral kapsüloligamentöz kompleks (IGHKK) etkilenimi ortaya konulan olgularda sonoelastografinin tanıya katkısının değerlendirilmesi

Gereç ve Yöntem: Çalışmamıza Ocak 2022-Ekim 2022 tarihleri arasında Düzce Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi'nde; başta fiziksel tıp ve rehabilitasyon ile ortopedi ve travmatoloji olmak üzere klinik branş hekimleri tarafından yapılan değerlendirmede adeziv kapsülit tanısı konulan ve kas-iskelet konusunda deneyimli iki uzman radyolog tarafından yapılan değerlendirme sonucu MR görüntülemesinde inferior glenohumeral kapsüloligamentöz kompleks tutulumunun radyolojik kanıtı bulunan 13'ü erkek 17'si kadın toplam 30 hasta ile, klinik değerlendirme ve MR görüntüleme sonucunda adeziv kapsülit düşünülmeyen 16'sı erkek 18'i kadın 34 kişilik kontrol grubu dahil edildi. MR görüntülemeler 3 Tesla MR cihazı ile yapıldı. Sonoelastografik işlem Siemens Acuson-S2000 ultrason cihazına ait 9L4 (4-9 MHz) frekanslı lineer prob ile Virtual Touch Quantification (VTQ/ARFI) yöntemi kullanılarak yapıldı. İnferior glenohumeral kapsüloligamentöz komplekse shear wave elastografi yöntemi uygulanarak ortalama SWV (shear wave elastografi) değerleri elde edildi. İstatistiksel olarak kategorik veriler arasında karşılaştırmalar ve tamamlayıcı istatistik analizleri yapıldı.

Bulgular: Hasta ve kontrol grubunun inferior kapsüloligamentöz kompleksinin özellikle ön bandı olmak üzere sonoelastografi ile sertlik derecesi m/sn cinsinden elde edildi. Yaşa ve cinsiyete göre gruplar arasında anlamlı fark saptanmadı ($p=0.279$). Hasta olgularda SWV değerlerinin kontrol grubuna göre anlamlı derecede yüksek olduğu görüldü ($p<0.001$). Hasta ve kontrol gruplarındaki cinsiyete göre hız değerlerinin değişiminin farklı şekillerde ortaya çıktığı gözlemlendi. Hasta grubunda erkeklerdeki hız değeri daha yüksekken, kontrol grubunda ise kadınlardaki hız değerinin daha yüksek olduğu görüldü ($p=0.007$).

Sonuç: Çalışmamızın sonucunda adeziv kapsülit olgularının inferior glenohumeral kapsüloligamentöz kompleksinde sonoelastografi ile kontrol grubuna göre istatistiksel olarak anlamlı derecede sertleşme olduğu tespit edilmiştir. Böylece

Çalışmamız, sonoelastografinin adeziv kapsülit olguların inferior glenohumeral kapsüloligamentöz kompleks tutulumunun değeriendirilmesinde MR görüntülemeye yardımcı, pratik ve güvenilir bir görüntüleme yöntemi olduğunu ortaya koymaktadır. Bu konuda daha ileri çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Adeziv kapsülit, elastografi, inferior glenohumeral kapsüloligamentöz kompleks, omuz, shear wave



SUMMARY

Aim: Evaluation of the contribution of sonoelastographic findings to the diagnosis in cases with a clinical diagnosis of adhesive capsulitis and inferior glenohumeral capsuloligamentous complex involvement in MR imaging.

Material and methods: Our study was conducted at Düzce University Medical Faculty Hospital between January 2022 and October 2022; 30 patients (13 males and 17 females) diagnosed with adhesive capsulitis based on evaluations conducted by clinical specialists, primarily in the fields of physical medicine and rehabilitation, orthopedics and traumatology, and confirmed by two experienced radiologists specializing in musculoskeletal imaging through the evaluation of magnetic resonance imaging (MRI). Furthermore, a control group of 34 individuals (16 males and 18 females) was included in the study who were not suspected of having adhesive capsulitis based on clinical examination and MRI. MRI was performed using a 3 Tesla MRI device (Siemens Magnetom Skyra, Germany), and sonoelastography was performed using a Siemens Acuson-S2000 US device with the 9L4 (4-9 MHz) frequency linear probe using the Virtual Touch Quantification (VTQ/ARFI) method. Shear wave elastography method was applied to the inferior glenohumeral capsuloligamentous complex and SWV values were obtained. Statistics were applied to categorical data for comparisons and complementary analyses.

Results: In the study, the degree of stiffness in m/s was obtained by sonoelastography, especially the anterior band of the inferior capsuloligamentous complex of the patient and control groups. There was no significant difference between the groups according to age and gender ($p=0.279$). SWV values were found to be significantly higher in patients than in the control group ($p<0.001$). The variation of velocity values in patient and control groups according to gender occurs differently. While the speed value in the patient group was higher in men, it was observed that the speed value in women was higher in the control group.

Conclusion: As a result of our study, it was determined that cases with clinical and radiological confirmation of adhesive capsulitis had a statistically significant ($p<0.001$) hardening in the inferior glenohumeral capsuloligamentous complex compared to the control group by sonoelastography. In conclusion, our study demonstrates that sonoelastography is a helpful, practical, and reliable imaging method

in the evaluation of inferior glenohumeral capsuloligamentous complex involvement in cases of adhesive capsulitis through MRI. Further studies are needed to investigate this matter more extensively.

Key Words: Adhesive capsulitis, elastography, inferior glenohumeral capsuloligamentous complex shear wave, shoulder



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
SUMMARY	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
KISALTMALAR/SİMGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Omuz Kuşağı Anatomisi.....	3
2.1.1. Omuz Kuşağı Kemikleri.....	3
2.1.2. Omuz Kuşağı Eklemleri	4
2.1.3. Omuz Kuşağı Kasları	10
2.1.4. Omuz Kuşağı Nörovasküler Yapıları	11
2.1.5. Omuz Kuşağı Biyomekanikliği	12
2.2. Adeziv Kapsülit	13
2.2.1. Tanımı ve Tarihçesi.....	13
2.2.2. Epidemiyolojisi	13
2.2.3. Sınıflandırması	13
2.2.4. Patofizyolojisi.....	14
2.2.5. Klinik Bulgular	15
2.2.6. Tanı.....	16
2.2.7. Tedavi	27
3. GEREÇ VE YÖNTEM	29
3.1. Hasta Seçimi	29
3.2. MRG Tekniği	30
3.3. MR Görüntü Analizi	30
3.4. Sonoelastografi Tekniği ve Görüntü Analizi	31
3.5. İstatistiksel Analiz.....	32
4. BULGULAR.....	33
5. TARTIŞMA	37
6. SONUÇ	41
7. KAYNAKÇA.....	42

KISALTMALAR/SİMGELER DİZİNİ

ARFI: Acustik Radiation Force Impulse

EHA: Eklem Hareket Açıklığı

GHE: Glenohumeral Eklem

GHL: Hlenohumeral Ligament

IGHKK: İnferior Glenohumeral Kapsüloligamentöz Kompleks

IGHL: İnferior Glenohumeral Ligament

KHL: Korakohumeral Ligament

MRG: Manyetik Rezonans Görüntüleme

PD: Proton Dansite

RF: Radyo Frekans

SE: Sonoelastografi

SGHL: Süperior Glenohumeral Ligament

SLAP: Süperior Labrum Anterior Posterior

SWE: Shear Wave Elastografi

TE: Time to Echo

TR: Time to Repetition

T1AG: T1 Ağırlıklı Görüntü

T2AG: T2 Ağırlıklı Görüntü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Glenohumeral ligamentler	6
Şekil 2: İnferior Glenohumeral Kapsülooligamentöz Kompleks Bileşenleri	7
Şekil 3: Koronal ve Sagittal Yağ Baskılı T1AG-GE MR-Artrogram'da IGHKK Normal Görünümü	8
Şekil 4: Sonografik Olarak İnferior Glenohumeral Kapsülooligamentöz Kompleks Görüntüleme Pozisyonu	31
Şekil 5: Normal IGHKK Kompleksi Anterior Bandı Sonografik ve Sonoelastografik Görünümü	32
Şekil 6: Olgu 1	35
Şekil 7: Olgu 2	36



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1: Yaş ve Cinsiyete Göre Normal ve Hasta Olguların Durumu	33
Tablo 2: Mean ve Median Hız Değerlerine Göre Grupların Durumu.....	33
Tablo 3: Mean Hız Değerleri Bakımından Grup-Cinsiyet Etkileşim Durumu	34
Tablo 4: Erkek ve Kadınlara Göre Hasta ve Kontrol Gruplarının Mean Değerinin Durumu	34
Tablo 5: Median Hız Değerleri Bakımından Grup-Cinsiyet Etkileşim Durumu	34
Tablo 6: Erkek ve Kadınlara Göre Hasta ve Kontrol Gruplarının Median Değerinin Durumu	35



1. GİRİŞ VE AMAÇ

Dupley 1872’de ‘skapulohumeral periartrit’ tanımlamasıyla donuk omuz sendromunu tarif etmiştir. Donuk omuz tanımını ise 1934’te ‘tendinit ile birlikte sekonder olarak subakromiyal bursanın tutulumu’ şeklinde Codman kullanmıştır (1). Neviaser tarafından mevcut durumun periartrit değil humeral baş bölgesine yapışarak kısıalma ve kalınlık artışı gösteren kapsül olduğu ifade edilmiş, bunun sonucunda sonunda ‘adeziv kapsülit’ tanımı kullanılmıştır (2). Coumo ve Zuckerman ise adeziv kapsüliti, etyolojisi bilinmeyen ve eklemde hareket kısıtlılığı oluşturan bir durum olarak tanımlamıştır (3). Glenohumeral eklem (GHE) kapsülünde ilerleyici fibrozis ve kontraktüre bağlı gelişen adeziv kapsülit, aktif ve pasif omuz eklem hareketlerinde fonksiyonel kısıtlılık durumudur (4,5). Toplumda görülme sıklığı %2-5’tir ve en sık 40-65 yaş arasında görülür. Kadınlarda 2-4 kat daha sık görülür (6). Hastalar genellikle geceleri artan ağrı ve hareket kısıtlılığı ile kliniğe başvururlar. Hastalığın etyolojisi henüz kesin olarak bilinmemektedir. Buna karşın mevcut bilgiler ışığında primer (idiopatik) ve sekonder olarak iki kategoride incelenir (7). Primer (idiopatik) adeziv kapsülit en sık görülen, anjiogenez ve sinovit gibi inflamatuvar nedenlere bağlı mekanizmalar sonucunda eklem kapsülünün kalınlaştığı ve kontraktüre gittiği olgulardır (8). Sekonder adeziv kapsülit bilinen intrinsik, ekstrinsik faktörler veya sistemik hastalıkların glenohumeral eklemde oluşturduğu kısıtlılığa bağlıdır (6). Bunlardan başlıcaları; travma, cerrahi işlemler ve uzun süren stabilizasyondur. Bunun yanında diyabet, otoimmün hastalıklar, tiroid hastalıkları, Dupuytren kontraktürü ve meme kanseri ile ilişkili olduğu belirtilmektedir.

Adeziv kapsülit, 2000 yılında Hannafin ve Chiaia tarafından yapılan sınıflamaya göre dört evreye ayrılmıştır:

Birinci evre (Başlangıç fazı): Gece ağrısı, aktif ve pasif omuz eklem hareketlerinde ağrı mevcuttur. Histolojisinde hipertrofi, hipervasküler sinovit ve normal kapsüler yapı görülür. Bu evre 0-3 ay kadar sürebilir.

İkinci evre (Donma fazı): Gece ağrısı artar, ağrı tüm eklem hareketi boyunca vardır. Histolojisinde hipervaskülarite, hipertrofik sinovit ve kapsüler fibroplazi mevcuttur. Bu evre 3-9 ay kadar sürer.

Üçüncü evre (Donuk faz): Omuz hareketleri ile oluşan ağrı azalır, eklem hareketinde kısıtlılık vardır. Histolojisinde hipertrofi veya hipervaskülaritesi bulunmayan ince sinovyal tabaka ve fibrotik kapsüler skar dokusu vardır. Bu evre 9-15 ay kadar sürer.

Dördüncü evre (Çözülme fazı): Ağrı azalmıştır ve eklem hareketinde kısıtlılık belirgin düzelmiştir. Histolojisinde tam oturmuş adezyon bulunur. Bu evre 15-24 ay kadar sürer (9).

Adeziv kapsülit tanısında genellikle fizik muayene yeterli olur. Olgular genellikle ilerleyici bir ağrı ile aktif ve pasif hareket açıklığında kademeli bir azalma tariflemektedir (10,11,12). Fizik muayenede en belirgin bulgu eksternal rotasyon kısıtlılığıdır. Radyolojik görüntülemeler ise daha çok ayırıcı tanıda kullanılır. Tanıda en faydalı radyolojik görüntüleme MR artrografidir.

Adeziv kapsülit tedavisinde en bilinen yaklaşım non-steroid anti inflamatuvar drugs (NSAID), kortikosteroid ve fizik tedaviyi içeren konservatif tedavidir. Fizik tedavinin ağırlı olması nedeniyle hasta uyumu zordur. Bu nedenle hasta konforuna yönelik rehabilitasyon programı öncesi intra-artiküler enjeksiyonlar veya supraskapular sinir bloğu uygulanabilmektedir (13,14). Adeziv kapsülitte cerrahiye giden vakalarda genellikle korakohumeral ligamentte (KHL) kontraktür, rotator intervalde fibrozis, hiyalinizasyon ve fibrinoid dejenerasyon saptanmıştır.

Bu çalışmada amacımız klinik olarak adeziv kapsülit tanısı ile tarafımıza başvuran ve manyetik rezonans görüntülemeye (MRG) mevcut tanı ile uyumlu aksiller reseste kapsüler kalınlaşma ve ödem bulguları izlenen olgularda inferior glenohumeral kapsüloligamentöz komplekse (IGHKK) shear wave elastografi (SWE) uygulamak, elde olunan değerleri kontrol grubuyla karşılaştırarak daha ucuz ve kolay ulaşılabilir bir yöntem olan SWE'nin adeziv kapsülit açısından tanısal değerini tespit etmektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Omuz Kuşağı Anatomisi

GHE 3 boyutlu olarak her yöne hareket edebilen insan vücudunun en hareketli eklemidir (15). Omuz eklemi temelde 20 kas, 4 eklem ve 3 kemikten oluşur (16). Omuz kemerini glenohumeral, akromiyoklavikuler, sternoklavikular ve skapulotorasik eklemler oluşturur. Bunlara ek olarak bazı kaynaklarda korakoakromial seviye ile humerus arasında subakromiyal bursa aracılığıyla oluşturulan ve gerçek olmayan subakromial eklem tanımlanmıştır (17). Omuz kemerinin asıl bileşeni skapulanın glenoid parçası ile humerus başı arasındaki kemerin en hareketli eklemi olan glenohumeral eklemdir (18). Omuz eklemine bu hareket açıklığının avantajı yanında en önemlisi instabilite olan bir takım riskler ortaya çıkmaktadır. İnstabilitenin en önemli nedeni glenoid fossanın humerus başına oranla sığ olmasıdır. Eklem stabilizasyonunun dinamik bileşeni rotator kılıf kasları; statik bileşenleri labrum, ligament ve eklem kapsülüdür (19).

2.1.1. Omuz Kuşağı Kemikleri

Omuz eklemine kemik bileşenleri klavikula, skapula ve proksimal humerustur. Omuz eklemi troklear tipte eklem olup skapulanın fossa glenoidale kısmı ve humerus başı tarafından oluşturulmaktadır. Bunlarla beraber skapula ile klavikula ve humerusun diğer kısımları arasındaki eklemler omuz eklemi stabilitesinde ve hareketinde fonksiyon görür (20).

2.1.1.1. Klavikula

Toraksın ön-yukarı kesiminde bulunan, aksiyel ve apendiküler iskeleti birbirine bağlayan 'S' şeklinde bir kemiktir. Ekstremitas sternalis kısmı ile sternum, ekstremitas akromiyale kısmı ile akromiyonla eklem yapar (21,22).

2.1.1.2. Humerus

Omuz ekleminde glenoid ve dirsek ekleminde ön kol kemiği olan radius ve ulna ile eklem oluşturur. Lateraldeki büyük tüberküle teres minör ile supra ve

infraspinatus kası katılırken, ön iç kesimdeki küçük tüberküle subskapuler kas tutunur. İki tüberkül arasında biceps kası uzun tendonu bulunur (23).

2.1.1.3. Skapula

Toraks posterioruna kas ve bağlar yardımıyla tutunan yassı üçgen şeklinde kemiktir (24). Gövde, boyun, skapula glenoid, korakoid ve akromiyon adı verilen anatomik yapılardan oluşur. Glenoid, akromion ve korakoid çıkıntı klavikula ve humerus ile birlikte omuz eklemine oluşturur (25,26). Dorsal yüzde medialden laterale doğru yükselen ve dorsal yüzü supraspinöz ve infraspinöz fossaya ayıran spina skapula isimli çıkıntı bulunur. Kemik üst marjinde supraspinöz fossa süperiorunda supraspinöz çentikte supraskapular sinir bulunur. Ayrıca lateralde genişleyerek klavikula ile eklem yapacak akromiyonu oluşturur (27).

Akromiyon rotator kılıf süperiorunda bulunur (27). Deltoid ve trapez kasının başlangıç noktasıdır. Os akromiyale ossifikasyondaki yetersizliğe bağlı oluşan bir aksesuar kemiktir. Toplumda %7-10 görülmekte olup kırıkla karıştırılmamalıdır (28).

Akromiyon lateralinde glenoid bulunur. Glenoid lateralindeki glenoid fossa humerus ile glenohumeral eklemi oluşturur. Süperiorunda biceps uzun başının tutunduğu supraglenoid tüberkül bulunur. Yüzeyi hiyalin kıkırdakla örtülüdür. Merkezde glenoid kemik kalınlaşması ile oluşan Asaki tüberkülü nedeniyle hiyalin kıkırdak inceler (29). Glenoid fossa retrovert yapıdadır. Anterosuperiorunda küçük çentik bulunabilir ki labrum bu düzeyde kemik yapıya tutunamadığından sublabral reses oluşur (30).

Glenoid fossa anterosuperolateralinde uzanan korakoid çıkıntı uzanır. Buraya korakohumeral, korakoakromiyal ve korakoklavikuler ligament tutunur. Korakobrakialis ve biceps brakii kısa başının origo, pektoralis minör kasının insersiyon yeridir. İnférieurunda önemli damar ve sinirler bulunmaktadır (31).

2.1.2. Omuz Kuşağı Eklemleri

2.1.2.1. Glenohumeral Eklem (GHE)

Glenoidal fossa ve humerusun baş kesimi arasındaki sinoviyal eklemdir. Eklem yüzünde hiyalin kıkırdak bulunmaktadır (32). Glenoidal fossa sığ ve küçük, humerus başı büyük olduğundan geniş hareket açıklığı sağlamak yanında dislokasyona

predispozisyon oluşturur (17,32). Eklem stabilizasyonun aktif ve pasif elemanları vardır (33,34):

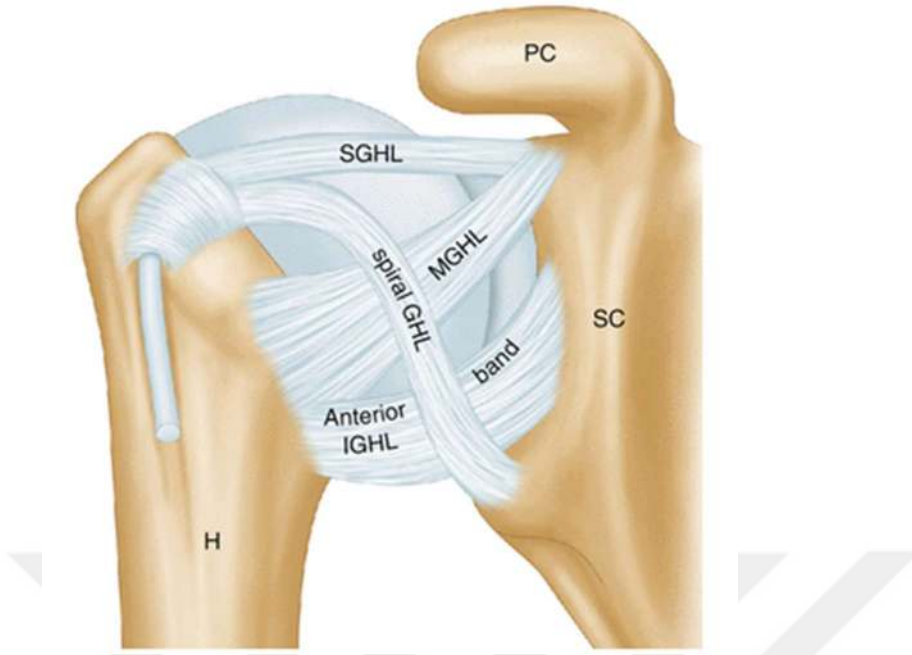
- Aktif elemanları: Rotator kılıf kasları, biceps tendonu uzun başı
- Pasif elemanları: Glenohumeral ligamentler, glenoid labrum, kapsül, kemik yapılar

1.Rotator kılıf kasları: Anteroposterior düzlemde sırayla subskapuler, supra ve infraspinatus ile teres minör kaslarıdır. Bu kasların tendonları kapsülü ile karışarak eklemi ön, arka ve üst kesimden sarar. Subskapularis ve supraspinatus tendonları anterior lifleri iç içe geçerek biceps tendonu için kılıf oluşturur (35).

Rotator interval subskapularis ve supraspinatus tendonları arasındadır ve içinden KHL ile biceps uzun başı tendon geçer (26,36). Supraspinatus posterior ve infraspinatus anterior liflerinin birleşerek büyük tüberkül orta zonuna yapıştığı lokasyon posterior rotator interval olarak isimlendirilir (37).

2.Biceps uzun başı tendonu: Biceps uzun başı tendonu eklem fonksiyonu ve stabilizasyonu ile ilişkilidir (38). Tendon süperiorda GHE içerisinden geçer. İntertüberküler oluk seviyesinde transvers ligament tarafından örtülür. Biceps uzun başı tendonu supraglenoid tüberküle yapışma yeri bisipitolabral kompleks adını alır. Tendon 3 farklı şekilde yapışma gösterir. Birinci tipte serbest kısım olmaksızın tendon glenoide sıkıca yapışır. İkinci tipte tendon glenoide medialden yapışır ve labral kenarı ile kıkırdak arasında sulkus bulunur. Üçüncü tipte bu oluk derindir ve süperior labrum eklem içine uzanır. Bisipitolabral kompleks altında saat 11-1 hizasında sublabral reses bulunur. Burada tanımlanan tip 2 ve 3 yapışma çok sık görülen varyasyonlar olup süperior labrum anterior posterior (SLAP) 2 lezyonlarla karışabilir (39,25). Sublabral foramen saat 1-3 düzeyindeki labral ayrışmayla oluşur. Normal popülasyonda %11 oranında görülür ve labral yırtıklarla karıştırılmamalıdır. Ayrımında önemli olan yerleşim yeri, sublabral foramenin düzgün ve keskin kenarlı olması ile 1-2 mm'yi aşmayan ayrışmadır (40).

3.Glenohumeral ligamentler: Süperior ve orta glenohumeral ligamentler ile inferior glenohumeral kapsüloligamentöz komplekstir.



Şekil 1: Glenohumeral ligamentler (41)

Süperior glenohumeral ligament (GHL) , glenoid labrum süperior anterior kesimi, biceps uzun başı tendonu yapışma düzeyi ve korakoid proçes bazisi düzeyinden orjin alarak küçük tüberkül süperioruna tutunur. Tutunma düzeyinde KHL ile birleşerek rotator intervale katılır (32,42,43,44). Süperior glenohumeral ligament (SGHL) ile KHL humerusun posterior ve inferiora dislokasyonunu önler (45). Orta GHL olmadığı veya hipoplazik olduğu durumlarda normalde ince olan SGHL kalınlaşabilir (46). KHL korakoid tabanından orjin alıp bisipital oluğu geçerek humerus tüberküllerine tutunur. Lateralde SGHL ile birleşerek biceps kasının uzun başı tendonunun rotator interval düzeyinde eklem içi parçasının çevresinde biceps pulley'i oluşturur (26).

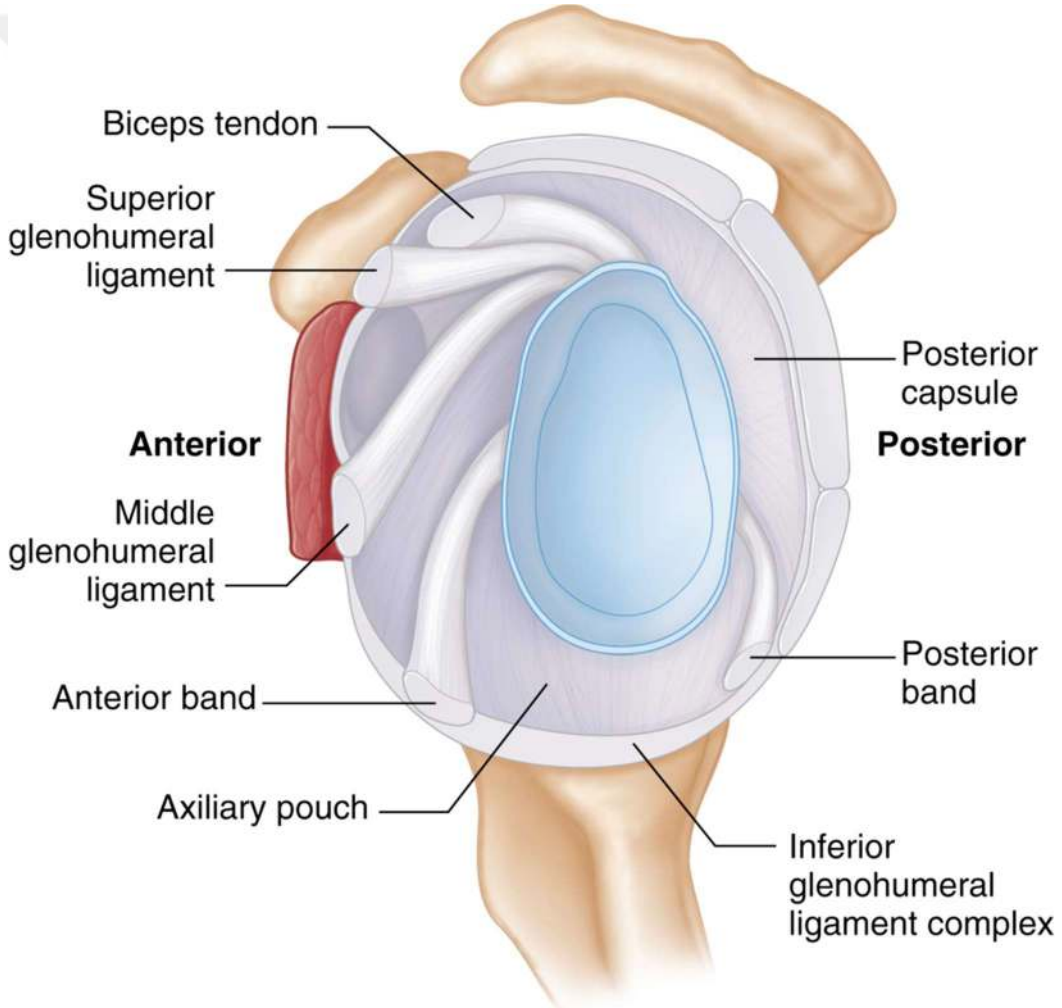
Orta glenohumeral ligament, omuz ekleminde en fazla varyasyonu görülen ligamenttir (32). Anterior labrum süperior kesiminden, glenoid kemikten veya skapula anteriorundan başlayarak subskapuler kas tendonuna karışıp humerus küçük tüberkülü medialine tutunur (43,44,47,48). Omzun 0-45 derece abduksiyonunda stabilizasyonu ve eksternal rotasyonu sınırlar (49). Labrumun anteriorunun olmadığı ve buna bağlı orta GHL'in kalınlaştığı Buford kompleksi olarak tanımlanan varyasyonu görülebilir (42,50,51).

Inferior Glenohumeral Kapsülooligamentöz Kompleksi (IGHKK), omuz

eklemine inferiordan destekleyen ligament kompleksi olup, ön ve arka bant ile aradaki aksiller kese olmak üzere 3 parçadan oluşur. Glenoid kemik anterior ve posterior kesimine; humerus proksimal boyun kesimine bağlanan hamak benzeri yapıdır. Inferior GHL, omuz eklem kapsülünün kalınlaşmasını yansıtan ön ve arka banttan oluşur.

Ön bandın glenoid kemik anteriorunda saat 2-4 hizasında proksimal bir tutunma bölgesi bulunur. Burada bağın bir kısmı glenoid kemiğe bir kısmı labruma yapışarak labroligamentöz bir kompleks oluşturur (52,53). Posterior bandın proksimal bağlantısı ise glenoid kemik posteriorunda saat 7-9 hizasında başlar (53).

Ön ve arka bant aksiller resese girerek IGHKK'yi oluşturur (54).

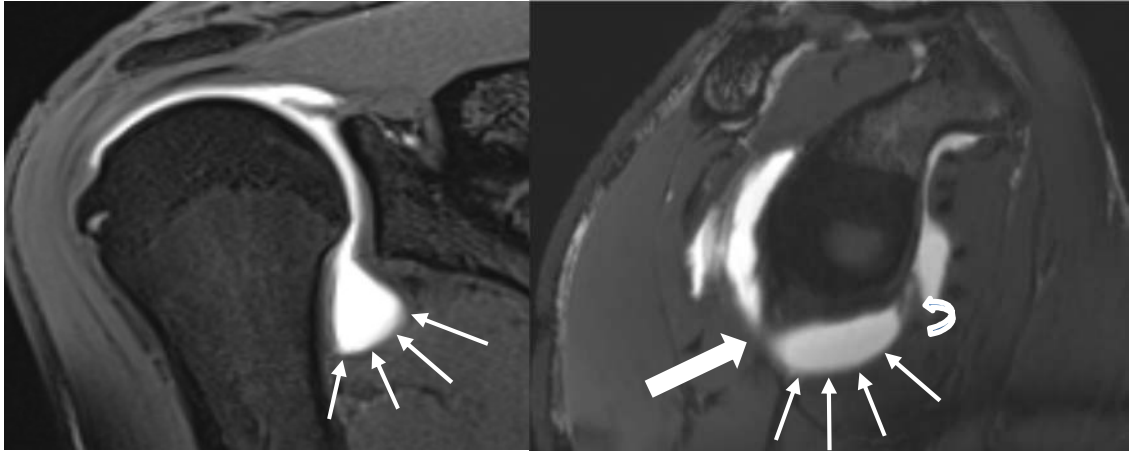


Şekil 2: İnferior Glenohumeral Kapsüloligamentöz Kompleks Bileşenleri (55)

Labrum alt kesimi ile inferior glenohumeral ligament (IGHL) glenoid düzeyinde bazen birbirinden ayırtedilemez ve labroligamentöz kompleks olarak

adlandırılır. IGHL ön ve arka bantları, proksimal humerus boyununun ön ve arka yüzlerine bağlanır. Araya giren aksiller reses 'C' tipi yaka benzeri tip ve 'V' şeklinde bağlantı olmak üzere 2 tip insersiyon gösterebilir ve bu 2 tip insersiyon eşit oranda görülür (53).

IGHKK, omuz ekleminin stabilizasyonuna katılır. İşlevi omzun konumuna bağlıdır. Kol dış rotasyonda ve 90° abduksiyonda iken eklemin ana stabilizatörü kompleksin anterior bandıdır (56). Ön bandın, kompleksteki gerilime mukavemeti en yüksek bileşen olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle ön bant yaralanmaları instabiliteye daha sık eşlik etmektedir (57). Kol fleksiyonda ve iç rotasyondayken eklemin ana stabilizatörü posterior bandıdır (58). Kompleksin arka bandının kontraktürü internal impingement ve süperior labrumda kesme kuvvetlerinde artışa neden olur (59). İnferior glenohumeral ligamentin anterior ve posterior bantları, koronal görüntülerde inferior labrumdan humerus boynuna uzanan hipointens bantlar şeklindedir (57). Glenohumeral eklemden koronal kesitlerde önden arkaya sırasıyla anterior bant, aksiller cep ve posterior bantlar görülmektedir. Anterior ve posterior bantlar ile aralarındaki aksiller keseyi temsil eden askı sagittal görüntülerde eklem kapsülünün fokal kalınlaşmaları olarak görülebilir (58). Aksiyel görüntülerde, IGHL'nin ön bandı anteroinferior labrumun önünde ve ondan ayrı hipointens bir yapı olarak görülebileceği gibi anteroinferior labrumla bitişik olarak labrumun fokal kalınlaştığı izlenimi oluşturacak şekilde izlenebilir (60).



Şekil 3: Koronal ve Sagittal Yağ Baskılı T1AG-GE MR-Artrogram'da IGHKK Normal Görünümü (kıvrık ok: ön bant, kalın ok: arka bant, ince ok: aksiller poş)

IGHKK yaralanmalarında en sık neden, spor yaralanmaları veya düşmelerle ilgili GHE çıkıklarıdır. Bu liflerde yaralanma, bütünlük kaybı, kapsüller yırtılma ve

instabiliteye yol açar (61).

Akut yaralanmalarda, hasarı işaret edebilecek eklem efüzyonu ve ödemi göstermek için, şüpheli durumlarda rutin MRG ilk görüntüleme yöntemi olmalıdır. Bununla birlikte, subakut yaralanmalarda (yaralanma tarihinden itibaren 3 haftadan fazla zaman geçmesi durumunda) veya takipte, kalıcı IGHKK yaralanmalarının modelini ve kapsamını daha iyi tanımlamak ve ilişkili labral yaralanmaları dışlamak için MR artrografi tercih edilen görüntüleme çalışmasıdır (60).

IGHKK yırtıkları genellikle travmatik glenohumeral eklem çıkığından sonra oluşur. Bankart yaralanmalarına göre daha nadirdir. Anterior instabiliteye neden olan omuz yaralanmalarına %9.3; labral patoloji olmayan anterior instabilite oluşturan yaralanmalara %35 oranında eşlik eder (62).

IGHKK yaralanmaları 3 seviyede incelenir (62,63). Birinci seviyede, IGHKK'de burkulma ve buna bağlı ödem bulunurken yırtık yoktur. Anteriora omuz çıkıklarına %15-30 eşlik ettiği bildirilmiştir. Konservatif tedavi uygulanır. İkinci seviyede, kısmi bir yırtılma mevcut olup yırtık bağlarda gevşeklik ve liflerde fokal devamlılık kaybı izlenir. Üçüncü seviyede bağlar tamamen kopmuştur (63,64).

4. Glenoid labrum: Glenoid kemik kenarına tutunan fibröz dokudan bir yapıdır. Eklemi derinleştirir ve eklem yüzeyini genişleterek eklemde stabilizasyona katkı sağlar. Ayrıca GHL ile biceps kası uzun başının tutunma yeridir. Anterior, posterior, süperior ve inferior kısımlardan oluşur (44,47,48,65,66). Bu kısımlar genellikle saat kadranı olarak ifade edilir (67). Varyasyonları genelde anterior ve anterosüperior kısımlarında görülür ve bunlar sublabral reses, sublabral foramen ve Buford kompleksidir. Sublabral reses saat 11-1 hizasında süperior labrokapsüler kompleks ve glenoid kırıldak süperioru arasındadır. Genişliği 2 mm'yi geçmez, kenarları keskindir ve labrum tepesine uzanması beklenmez. MRG'de genellikle SLAP 2 lezyon ile karışabilir. SLAP lezyon farklı olarak antero-inferiora da uzanım gösterir. Labrum anterosüperior kesimlerinin agenezisinde orta GHL kord şeklinde kalınlaşır ve direk süperior labruma bağlanır. Bu durum Buford kompleksi olarak isimlendirilen normal varyantı oluşturur. Bu durum %1-2 oranında görülür (68,69).

5. Eklem kapsülü: Eklem yüzeyini oluşturan sinoviyal tabaka, ortada gevşek bağ doku tabakası ve bursal yüzeye komşu kollajen tabaka olmak üzere 3 tabakadan oluşur. Kapsülün kollajen tabakası kalınlaşarak glenohumeral ligamentleri oluşturur

(70). Kapsülün anterior kısmının glenoide yapışması 3 tip varyasyon gösterir; anterior kapsül tip 1'de glenoide, tip 2'de skapula boynuna, tip 3'de skapula boynu ile gövdesinin bileşkesine tutunur (71). Kapsül subkorakoid, aksiller ve intertüberküler olmak üzere 3 reses oluşturur (72).

2.1.2.2. Akromioklavikuler Eklem

Klavikula laterali ile akromion arasındaki sferoid eklemdir. Ekleme bakan yüzler fibrokartilaj doku ile kaplı olup, eklem kapsülünden oluşan intraartiküler disk içerir ve eklem kapsülü ile çevrilidir (73). Eklemde 3 ligament mevcuttur. Bunlar akromioklavikuler ligament (akromiyondan klavikulaya uzanır, horizontal seyirlidir ve eklemi süperiordan destekler), korakoklavikuler ligament (konoid ligament, skapula korakoid çıkıntısından klavikulaya uzanır, vertikal seyirlidir ve eklemi posteromedialden destekler) ve trapezoid ligamenttir (skapulanın korakoid çıkıntısından klavikulaya uzanır).

2.1.2.3. Skapulotorasik Eklem

Skapulanın anterioru ve toraks posterolateral duvarı arasında yerleşim gösteren gerçek bir eklemden ziyade fonksiyonel bir eklemdir (74).

2.1.2.4. Subakromiyal Eklem

Gerçek bir eklem gibi fonksiyonu olmasına karşın anatomik olarak gerçek bir eklem değildir. Subakromial bursa eklem fonksiyonu gösteren bu yapıda eklem kavitesi olarak işlev gösterir. Humerus başı ile tüberkül arasında akromioklavikuler ark altında bulunur. Subakromial bursa vücuttaki en büyük bursadır (27).

2.1.3. Omuz Kuşağı Kasları

2.1.3.1. Glenohumeral Kaslar

Rotator manşeti oluşturan supra ve infraspinatus, teres minör ve subskapularis kasları bu grupta yer alır. Bu kaslar omuz eklemini üst, ön ve arkadan desteklemekle birlikte desteğin olmadığı alt bölge eklemde en zayıf yeridir. GHE kasları:

- Supraspinatus kası: Supraskapular sinir tarafından innerve edilir. Kol abduksiyonunda ilk 15 dereceyi yaptırır ve dış rotasyona yardım eder (75). GHE'yi üst kesimden sarar. En sık hasar gören rotator interval kasıdır.

- İnfraspinatus kası: Supraskapular sinir tarafından innerve edilir. Humerus başını deprese eder. Omuz ekleminin ana dış rotator kasıdır (76).
- Teres minör kası: Aksiller sinir posterior dalı ile innerve edilir. Eklemin eksternal rotator kaslarından. Anterior subluksasyonu önler.
- Subskapularis kası: Subskapular sinir tarafından innerve edilir. Eklemin internal rotator kasıdır. Anterior subluksasyon için pasif stabilizatördür.
- Deltoid kas: Aksiller sinir tarafından innerve edilir. En güçlü orta noktası ekleme abduksiyon yaptırır (77).
- Teres major kası: Subskapular sinir tarafından innerve edilir. Kola ekstansiyon ve adduksiyon yaptırır (76).

2.1.3.2. Skapulotorasik Kaslar

- Trapezius kası: Aksesuar sinir tarafından innerve edilir. Üst lifler skapulaya elevasyon, alt lifler depresyon ve yukarı rotasyon yaptırır (76).
- Levator skapula kası: Skapula üst köşesinde sonlanır. Skapulaya retraksiyon ve elevasyon yaptırır.
- Romboid minör ve major kasları: Dorsal skapular sinir tarafından innerve edilir. Skapulaya retraksiyon, elevasyon, internal rotasyon yaptırır (77).
- Serratus anterior kası: Torasikus longus siniri ile innerve edilir. Skapulaya protraksiyon ve depresyon yaptırır. Omzun 90 derece üzerindeki abduksiyonuna yardım eder (78).
- Pektoralis minör kası: Skapulaya protraksiyon ve depresyon yaptırır.

2.1.4. Omuz Kuşağı Nöravasküler Yapıları

Omuz eklemi yapıları zengin innervasyona sahiptir. Sinirler C5, 6, 7'den kaynaklanır. Bunlar:

- Aksiller sinir: C5-6'dan köken alır. GHE inferiorunun duysal innervasyonu ile deltoid ve teres minör kasların motor innervasyonunu sağlar.
- Muskulokutanöz sinir: C5-7'den kaynaklanır. Biseps ve korakobrakialisin motor innervasyonunu sağlar.
- Subskapular sinir: Süperior subskapular sinir C5'ten köken alarak subskapular

kasın üst 2/3 kısmını innerve ederken, alt subskapular sinir C5-6'dan kaynaklanır ve subskapular kasın alt 1/3'ü ve teres majoru innerve eder.

- Supraskapular sinir: C(4)5-6'dan kaynaklanır. Motor ve duysal lifler taşır. GHE, akromioklavikular eklem, subakromial bursa, korakoklavikuler ligamentin duysal; supraspinatus ve infraspinatus kasın motor innervasyonundan sorumludur (79).

Omuz eklemi arteriyel yapıları aksiller arterden gelir. Bunlar anterior ve posterior humeral sirkumfleks, torakoakromial, supraskapular, subskapular ve suprahumeral arterlerdir. Supraspinatus tendonu omuz abduksiyonda iken tümüyle beslenirken adduksiyonda lateral 1 cm'lik kritik zon denilen kesimi kanlanmaz (80).

2.1.5. Omuz Kuşağı Biyomekaniği

GHE'in nötral pozisyonu kolun gövde yanında bulunduğu durumdur. Eklem hareketleri fleksiyon, ekstensiyon, iç-dış rotasyon ve elevasyondur.

Elevasyon 180 derecelik açıyla 3 planda incelenen kompleks bir harekettir:

- Hareket, skapula düzleminde yapılır.
- Skapulo-humeral ritm, GHE ve skapulotorasik eklem hareketiyle yapılır.
- Rotasyon merkez, humerus başı ve glenoid arasındaki yuvarlanma ve kayma hareketidir (81,82).

Fleksiyon, 180 derecelik bir harekettir. KHL posteriorunun gerilmesi eklem hareketini sınırlandırır.

Ekstansiyon, 60 derecelik bir harekettir. KHL anterior bandının gerilmesi hareketi sınırlandırır.

Abduksiyon, yaklaşık 170-180 derecelik bir harekettir. GHL orta ve alt liflerinde gerilme hareketini sınırlar.

Adduksiyon, 30-45 derecelik bir harekettir. Fleksiyon ve ekstansiyon olmadan yapılamaz.

Rotasyon, omuz ekleminin primer internal rotatorları pektoralis major, latissimus dorsi, subskapularis ve teres major kaslarıdır. Deltoid kas ön lifleri yardımcı kastır. Primer eksternal rotatorlar ise teres minör ve infraspinatus kaslarıdır. Deltoid kas posterior lifleri yardımcıdır.

2.2. Adeziv Kapsülit

2.2.1. Tanımı ve Tarihçesi

Adeziv kapsülit tanım olarak, sinoviyal yapılarda adezyon, eklem mesafesinde daralma, kapsül kalınlaşması ve kontraktürü ile sonuç olarak ağrı ve eklem hareketlerinde kısıtlılık olarak ifade edilebilir (83). 19. yüzyılda literatüre dahil olan adeziv kapsülit; donuk omuz (frozen shoulder), adheran obliterated bursit, skapulohumeral periartrit ve duplay periartriti gibi farklı isimlerle ifade edilebilir. Adeziv kapsülit terimini literatürde 1872 yılında skapulohumeral periartrit olarak tanımlayan ilk kişi Duplay'dır. 1934'te donuk omuz (frozen shoulder) olarak ifade eden ise Codman'dır (84). Neviaser yaptığı cerrahi çalışma sonucunda, glenohumeral sıvıdaki azalmayı, aksiller reses kıvrımlarındaki kaybı ve kapsülün kalınlığındaki artışla birlikte humerus başına yapıştığını gözlemleyerek 1945'te adeziv kapsülit ifadesini kullanmıştır (85).

2.2.2. Epidemiyolojisi

Adeziv kapsülit toplumda yetişkin yaş gruplarında %2-5 oranında, diyabetik olgularda ise %36 oranında rastlanılan bir patolojidir. Genelde 4-6. dekada karşılaşılmakla birlikte kadınlarda erkeklere göre 2 kat daha sık görülür (86,87). Sıklıkla 40-65 yaşları arasında dominant olmayan omuzda görülen adeziv kapsülit, kadınlarda 2 ila 4 kat daha sık görülürken yaklaşık %14-20 bilateral tutulum yapar (10). Hipertiroidi ve hipertrigliseridemi vakalarında da görülme oranında artış bildirilmiştir (88).

2.2.3. Sınıflandırması

Son yıllarda adeziv kapsülit sınıflamasında etyolojiye bağlı olan primer ve sekonder olarak iki başlık kullanılmaktadır.

Primer adeziv kapsülitte, internal bir anomali olmaksızın eklemde ağrı ve kısıtlılık mevcuttur. Asıl neden eklem uzun süre boyunca hareketsiz bulunmasıdır (83). İmmünolojik, biyokimyasal veya hormonal bozukluklara bağlı oluşabilir (10).

Sekonder adeziv kapsülit, omuzda hareketsizlik ve kapsülde kontraktür

oluşturan nedenlere bağlı adeziv kapsülit tablosudur. Sekonder nedenler sistemik, intrinsik ve ekstrinsik olmak üzere üç başlıkta özetlenebilir. Sistemik nedenler arasında diyabet ve tiroid hormon patolojileri sayılabilir. Ekstrinsik nedenler direk olarak eklemle bağlantısı olmayan ancak adeziv kapsülite neden olan; serebrovasküler olay, miyokard enfarktüsü, kronik obstrüktif akciğer hastalığı, kronik karaciğer hastalığı, servikal herni veya distalde ekstremitte kırıklardır. İntrinsik nedenler ise eklem ve komşu dokulardaki patolojiler olan; rotator kılıf ve biceps tendinopatisi, proksimal humerus kırığı, osteoartrit, kalsifik tendinit gibi patolojilerdir (10).

2.2.4. Patofizyoloji

Adeziv kapsülit patofizyolojisi net olarak ortaya konulamamıştır. Mikroskopik incelemelerde temel bulgular kapsül fibrozisi ve sinoviyal hiperplazidir. Eklem kapsülünde hepatosit growth factor (HGF), transforming growth factor- β (TGF) ve platelet-derived growth factor (PDGF) gibi sitokinlerin ekspresyonu artar. Buna bağlı fibroblastlar, miyofibroblastlara transforme olur ve aktif fibroblastlarda proliferasyon görülür (89). Fibroblast aktivitesine bağlı tip 1 ve 2 kollajen üretimi artar; artan kollajen sitokin cevabını tetikler ve anjiogenez stimüle olur. Bu durum adeziv kapsülit ilk aşaması olup sürecin devamına neden olur (90).

Bulgen adeziv kapsülit olgularında HLA-B27 antijen seviyesinde yükselme tespit etmiştir. Bu otoimmüniteyi akla getirmektedir (85). Son yıllarda metalloproteazların da hastalıkta etken olduğu anlaşılmıştır. Cerrahi uygulanmamış mide kanseri bulunan 12 vakanın 6'sında adeziv kapsülit veya Dupuytren kontraktürü gibi benzer antiteler; HIV tedavisi için proteaz inhibitörü kullanan 3 vakada da benzer şekilde adeziv kapsülit tanımlanmıştır. İnflamasyonu ve devamında fibrozisi başlatan etken ortaya konamamıştır. Bazı olgulara bağlı olarak mevsimsel değişikliklerin etkili olması nedenin virüs olabileceğini düşündürmüştür. Olguların perimenapozal dönemde yoğunlaşması hormonal değişikliklerin etkisini de akla getirmektedir (9). Varsayımlardan bir diğeri de nörolojik disfonksiyondur. Buna göre supraskapular kompresyon nöropatisi veya refleks sempatik distrofinin adeziv kapsülit oluşumuna neden olacağı ileri sürülmüş ancak yapılan EMG çalışmaları ile yeteri kadar desteklenememiştir (91,92). Mikrotravmalara bağlı immobilizasyonun etkili olabileceği düşünülse de çoğu mikrotravma olgusunda adeziv kapsülit

oluşmamaktadır (93). Özellikle primer adeziv kapsülit olgularında yüksek kolesterol ve açlık serum trigliseridi tespit edilmiştir (94). Diyabet, tiroid fonksiyon bozukluğu, hipokortikotropizm ve hipoadrenalizm varlığında da adeziv kapsülit insidansında artış saptanmıştır (95). Ayrıca psikolojik etkenlerde hastalığın oluşumu ve sürecinde önem arz etmektedir (96).

2.2.5. Klinik Bulgular

Nonspesifik bulgular nedeniyle erken dönemde adeziv kapsülit, tanısı zor bir patolojidir. Rotator kılıf kaslarında patoloji olmamasına rağmen eklem hareketlerinde kısıtlılık görülür; ancak dış rotasyon kısıtlanması adeziv kapsülit açısından daha spesifiktir (97,9). Ağrı genellikle deltoid kasın omuz eklemi yapışma yeri ve çevresinde görülür; aniden başlar ve şiddetlidir. Boyuna, skapula periferine, biceps uzun başı ile ön kol laterale yansır (98). Oluşan gece ağrısına bağlı olarak hastalar etkilenen kol üzerine yatamaz ve zamanla uyku kalitesi ve bunun sonucunda da yaşam kalitesi kötü etkilenir (99). Yürüyüş esnasında kol salınımında azalma veya bazı durumlarda tamamen kayıp gözlenmiştir. Etkilenen taraf koruma içgüdüsüne bağlı olarak sağlıklı omuza göre yüksek konumdadır. Buna bağlı skapulada laterale rotasyon ve abduksiyon görülür (99). Meydana gelen ağrı ve limitasyonlara sekonder kas güçsüzlüğü oluşur. Bu durum eklem hareket kısıtlılığını arttırırken anormal skapular hareketlere neden olur. Hasta olgular saç tarama, yıkama; çamaşır giyme gibi basit günlük aktivitelerde dahi zorluk çekmektedir (100).

Reeves tarafından adeziv kapsülit ağrılı faz, donma fazı ve iyileşme fazı olarak 3 evreye ayrılmıştır (101). Ardından, Hannafin ve Chiaia tarafından 2000 yılında ilk, ağrılı, donma ve iyileşme fazı olarak 4 evreye ayrılmıştır (9).

Adeziv kapsülit ilk evresi (preadeziv faz), ilk 10-36 haftalık süreçtir. Bu fazda aktif ve pasif hareketlerde ve istirahat halinde ağrı görülür. eklem hareket açıklığı (EHA) sonuna doğru keskin bir ağrı oluşur. Ancak anestezi ile EHA normaldir veya minimal kısıtlanma gözlenir. Rotator kılıfta patoloji olmamasına rağmen dış rotasyon kısıtlılığı önemli bir durumdur. Eklemde ön-üst kapsülde daha belirgin olmak üzere yaygın sinovit varken, adezyon ve kontraktür bu fazda görülmez. Hipertrofik ve hipervasküler sinovit görülürken, nadiren inflamatuvar hücre görülür (88,102). Rotator intervaldeki sinir hücrelerinin etkilenmesine bağlı istirahatte ve geceleri ağrı oluşur

(100). Artrografide kapsüler hacim kaybı, subakromiyal bursa ve/veya bisipital kılıf hasarı görülür (103).

Adeziv kapsülit 2. evresi ağrılı fazdır ve 3-9 ay sürer. Aktif veya pasif harekete bağlı kronik ağrı meydana gelir. Eklem hareketlerinde dereceli kayıp oluşur. Sinovit ilerler, anjiogenez meydana gelir. Perivasküler alanda ve sinovyum altında skar oluşurken, kapsülde fibrozis izlenir (88,102).

Adeziv kapsülit 3. evresi fibrotik faz veya donma fazıdır; 4-12 ay sürer. EHA'da belirgin limitasyon oluşur. Uyanık veya anestezi altındaki pasif eklem hareket sınırında fark yoktur. Hastanın ağrısı azalmıştır. Bu evre kapsülün en kontrakte ve hacminin en az olduğu evredir. Sinovyumda vaskülarite artışı olmaz, sinovit ve anjiogenez regrese olur, fibrotik yapılar görülür. Fibroze olmuş, kalınlaşmış ve kontrakte kapsül eklem hareketini kısıtlar (103).

Adeziv kapsülit 4. evresi çözülme fazıdır ve yaklaşık 15-24 ay devam eder. Ağrı minimaldir veya yoktur. EHA normal seviyeye doğru ilerlemeye başlamıştır. Artroskopisi yapılırsa fibrozis saptanabilir (9).

2.2.6. Tanı

Tanı, hikaye ve fizik muayene temelindedir. Diğer omuz patolojilerinin ekartasyonu gerekir (88). Fizik muayenede ilk bulgu omuz hareketlerinde ağrıdır. 1. ve 2. evrede deltoid kas yapışma yerine yapılan palpasyon ile ön ve arka kapsülde ağrı oluşur. İlerleyen dönemde hareketsizlik nedeniyle deltoid ve supraspinatusta hafif-orta seviyede atrofi oluşabilir (104). Muayenede, pasif abduksiyon hareketi 100°'den, eksternal rotasyon 50°'den, internal rotasyon 70°'den ve fleksiyon 140°'den azdır (105).

Adeziv kapsülit insidansı diyabet hastalarında veya prediyabet olgularında yüksek olduğu için adeziv kapsülit olgularında bu durumlara yönelik açlık glukozuna bakılmalıdır. Eritrosit sedimentasyon hızı ve c-reaktif protein yüksek olabilmekle birlikte spesifik değildir.

2.2.6.1. Tanıda Kullanılan Radyolojik Görüntüleme Yöntemleri

1. Direkt Grafi

Röntgen, diğer patolojilerin ekartasyonuna veya birlikteki diğer patolojilere yönelik olarak yapılır. Adeziv kapsülit erken evrelerinde röntgende patoloji izlenmez. Takip eden evrelerde ise osteopeni, humerus başı lokasyonunda kistik değişiklikler ve eklem mesafesinde kayıp izlenebilir. AP göğüs grafisi eşlik edebilecek tüberküloz veya malignitelere yöneliktir (106).

2. Ultrasonografi ve Sonoelastografi

Ultrasonun son zamanlarda omuzdaki patolojilerin tespitinde kullanımı giderek artmaktadır (107). Sonoelastografi (SE) ise son zamanlarda kullanımı giderek artan ve doku sertliğini yansıtan bir yöntemdir (108).

Ultrason, nispeten ucuz, kolay ulaşılabilir, sık tekrarlanabilen, dinamik incelemeye olanak sağlayan bir görüntüleme yöntemidir. Ultrason omuzda özellikle tendon rüptürleri, biceps tenosinoviti, akromiyoklavikuler dejenerasyon gibi patolojilere yönelik kullanılır. Literatürde KHL kalınlaşması, rotator intervalde vaskülarite artışı ve supraspinatus kasında hareketin dinamik değerlendirilmesi üzerinden adeziv kapsülit tanısı konulabileceğini gösteren çalışmalar mevcuttur (109,110,111,112,113).

Sonoelastografinin özellikle kas iskelet sistemi konusunda tanıyı desteklemeye yönelik kullanımının artacağı öngörülmektedir (114). Literatürde farklı mekanizmalar üzerinden özellikle adeziv kapsülit tanısında kullanılabileceğini gösteren yayınlar bulunmaktadır.

• Sonoelastografi Fiziği

Dokuların yapısı hakkında bilgi edinmek ve bu sayede normal-patolojik doku ayrımını yapmak için yeni yöntemler geliştirilmiştir. Burada temel olarak dokuların çeşitli uyaranlara verdikleri cevaplar kullanılır. Elastografi de bu yöntemlerden biridir. Elastografide dokuya uygulanan kuvvete karşılık oluşan cevap üzerinden dokunun elastiklik ve sertliği ölçülmeye çalışılır. Doku sertliği aslında Mısır döneminde beri kullanılan palpasyon tekniğinden faydalanılır. Sonoelastografi fikri ilk olarak 1987’de ortaya atılmıştır (115). SE ilk 1991’de Ophir ve arkadaşları tarafından önerilmiş ve 2005’te Lyshchik ve arkadaşları tarafından tiroid bezine yönelik kullanılmıştır.

SE ucuz, kolay uygulanabilir, kısa süreli uygulanabilme ve X-ışını içermeme gibi avantajları nedeniyle ultrason ile birlikte kullanılmaktadır. Bu yöntem ultrason

cihazlarına yazılım ve mekanik aksam olarak eklenebilir. SE ile dokuların kendilerine uygulanan kuvvete karşılık deformasyonu ve yer değişikliği, kuvvetin ortadan kalkması ve eski haline dönüşü izlenir. Yağlı dokularda deformasyon kolaydır, ancak kanser dokuları oluşturduğu fibrozis ile yağlı doku ve kaslara göre eski konumlarına daha geç dönmektedir.

SE ile elde edilen görüntülere elastogram denilir. Dış kuvvete maruz bırakılan bir dokuda ve çevresinde oluşan değişiklikler bu yöntem ile kantitatif elastografi değerleriyle derecelendirilebilir ancak subjektif bir yöntemdir (116).

SE'nin ilk zamanlarında mekanik kuvvet el ile uygulanarak dokuların yanıtı ölçülmekteydi. Bu nedenle başlangıçta yüzeysel dokularda kullanılabilmekteydi. Ancak ilerleyen zamanlarda karaciğer, meme, tiroid, böbrek, pankreas, dalak, uterus, prostat gibi daha derin dokulara da uygulanabilmesini sağlayan gelişmeler göstermiştir (116). Elastografi B-mod ultrasona bazı biyopsi işlemlerinde katkı sağlamaktadır. Özellikle tiroid, paratiroid, meme ve prostat patolojilerinde ultrasona katkısı ile gereksiz biyopsilerin yapılmasını engellemektedir (117). Batın içerisinde özellikle hepatosellüler karsinom-metastaz ayrımında, kas-tendon patolojilerinde faydalı olduğu bildirilmektedir (118).

İnsan dokuları morfolojik özelliklerine göre viskoelastik yapı farklılığı gösterir. Visköz dokular basıya karşı basıncı yayar ve düşürür. Elastik yapıdaki dokular ise şekil değiştirerek kuvvet kaldırıldığında eski haline döner. Elastik yapılar esneklik katsayısına göre kuvvete yanıt oluşturur (119).

Stres yani gerilme dokuda şekil değişikliği oluşturacak kuvvetin yüzey alanına oranı bir başka deyişle birim alana etki eden kuvvettir (120). Strain yani gerinim uygulanan kuvvete karşı dokudaki uzaysal yer değiştirme oranıdır (121). Elastisite dokunun kuvvet etkisi altında şekil ve boyutunu değiştirerek ortadan kaldırıldığında eski haline dönebilmesidir. Kuvvete bağlı dokuda oluşan şekil ve boyutun değişiklik miktarı ile doku sertliği ters orantılıdır. Örnek verecek olursak yağ dokusu kolay şekil değiştirip hızla eski haline döner; tersine fibrotik veya kanserli dokular sert olup şekil değişikliği daha zor oluşturulup eski haline daha yavaş dönmektedir (122).

SE dokuya uygulanan dış kuvvete bağlı olarak dokunun verdiği yanıt ile çevresinde oluşan değişikliklerin ölçülmesi esasına dayanır. Burada kuvvet operatörün eli, eksternal mekanik cihaz, fizyolojik hareket veya probtan çıkan akustik dalgalardır.

Dokular elastikiyet ve sertliğe göre cevap oluşturur (123).

Kuvvet etkisi altındayken atom ve moleküllerinde esneme meydana gelmesine bağlı madde ve dokuda şekil ve boyut değişikliği izlenir. Katı maddelerdeki morfolojik değişiklikte sadece atomlar arasında mesafe değişikliği olur, atomlar arasında bağ kopması veya oluşması söz konusu değildir. Uygulanan kuvvet stres, oluşan şekil değişikliği gerinim (strain), ikisi arasındaki oran esneklik katsayısı olarak isimlendirilir. Esneklik katsayısı Young katsayısı (modülü) olarak tanımlanabilir. Esneklik kat sayısı, gerinim ve stres arasındaki ilişki 'Gerinim (strain)=Stres/Esneklik kat sayısı' şeklindedir. Buradaki esneklik katsayısı arttıkça kuvvete karşın oluşan şekil değiştirme azalacağı gibi aksi durumda geçerlidir. Esneklik katsayısı ilgili dokunun şekli ve boyutundan etkilenmez. Bu katsayı doku biyomekaniği konusunda veri eldesini ve farklı esneklikleri bulunan dokuları karşılaştırmayı sağlar.

Kompresyon ve kuvvete bağlı boyut ve şekil değiştiren, sonlandırıldığında eski haline dönen maddeler elastik (esnek); şekil ve boyutunu geri kazanamayan maddeler plastik; kompresyon ve kuvvete bağlı şekil ve boyut değişimi gözlenmeyen maddeler katı (rijit) kabul edilir. Ancak katı maddeler de belli seviyede esneklik gösterebilir (122).

Çubuk şeklindeki esnek bir objeye uzun eksen boyunca kuvvet uygulandığında kuvvete oranla boyunda değişiklik izlenir. Buna Hooke Yasası denir. Bu durum ' $F / A = Y \times \Delta L / L$ ' şeklinde formülize edilebilir (F:uygulanan kuvvet; A:kesit alanı; Y:Young katsayısı; ΔL :ilk ve son boy farkı; L:boy) (122).

Kuvvet uygulanan cismin boyutundaki değişikliğin eski boyutuna oranının yüzde olarak ifadesi burkulmadır.

Dikdörtgen prizma şeklindeki bir cisme uygulanan kuvvete karşılık uzun eksen boyunca uzatılınca buna dik eksende sıkışma oluşur. Yükseklikteki (h) ve genişlikteki bağlı değişimler ' $\Delta h/h$ ve ' $\Delta v/v$ ' şeklinde formülize edilir. Boyca değişim ise ' $\Delta h/h = \Delta w/w = \sigma \Delta L/L$ ' şeklinde formülize edilir. Burada ' σ ' madde özelliğini ifade eder ve Poison oranı olarak adlandırılır.

Tüm eksenleri boyunca kuvvet uygulanarak sıkıştırılan nesne hacminde azalma olur. Bu azalma kuvvetle paraleldir. Bu durum ' P (basınç) = B (sıkışma esnekliği modülü) x ΔV (hacim değişimi) / V (hacim)' olarak formülize edilir.

Katı cisimlere aynı doğrultuda zıt yönde uygulanan kuvvete karşılık cismin iç

yapısında bazı hareketler meydana gelir. Kuvvet doğrultusunda oluşan harekete zıt olarak kayma gerinimi kendini göstermektedir (124,125). Esneme ve gerinim miktarı sert dokularda az iken yumuşak dokularda fazladır. İşte elastografi de benign-malign ayırımına katkıyı bu şekilde sağlamaktadır (115).

Sonoelastografi Teknikleri

SE teknikleri kuvvetin uygulanma yöntemine göre yarı-statik ve dinamik yöntemler şeklinde ikiye ayrılır. Yarı-statik tekniklerde dokulara kuvvet kullanıcı tarafından prob ile, dinamik yöntemlerde probtan çıkan ses dalgalarıyla uygulanarak dokuda oluşan yanıt farklı yöntemlerle ölçülür. SE teknikleri olan Shear Wave, Acoustic Radiation Force İmpulse ve Transient elastografi dinamik yöntemler; strain ise yarı statik yöntemdir (125).

Yarı Statik Yöntemler

a.Strain Elastografi

Kompresyon prob ile yapılır. Uygulanan basıya karşı dokuda oluşan deformasyon ve yer değişiklikleri izlenir. Ardından bası öncesi ve sonrası doku lokalizasyonu belirlenerek oluşan hareket tespit edilir. Uygulanan kompresyon ve ardından basının sonlandırılmasıyla dokuda oluşan hareket gri skala inceleme veya renkli elastogram ile izlenebilir. Kompresyon ve dekompresyon dalgaları ultrasonda sinüzoidal dalga olarak görülebilir. Dokuya uygulanan basıya bağlı deformasyon ve yer değişikliği dokunun sertliğiyle ters orantılıdır (125).

Kompresyondan önce ve sonra ilgili alandan yansıyan ekolar değerlendirilir, elde olunan görüntüler karşılaştırılır ve aralarındaki farklar ile dokudaki yer değişikliği tespit edilir. Devamında ilgili alanın probtan uzaklığından faydalanılarak görüntüdeki noktaların yer değişiklik hızı hesaplanır. Bu değerlere strain denir ve elastogramda gösterilirler. Bu strain değeri dokunun deforme olma derecesini yansıtır. Kompresyona bağlı şekil değişikliği sert dokularda yumuşak olanlara göre daha az gerçekleşir; benzetme yapacak olursak yumuşak dokular sünger gibi davranır ve proba yakın olan kısımları kompresyonla uzaktakilerden daha fazla yer değişikliği gösterir. İnceleme sonunda elde edilen veriler renkli veya gri skala şeklinde kodlanırlar. Genel olarak mavi sert dokuları, kırmızı yumuşak dokuları ve yeşil ara sertlikteki dokuları yansıtır.

İncelenen lezyon ve çevre dokuların strain değerleri oranı strain indeksidir (125).

Dinamik Yöntemler

Dokuların hareketini ölçerek veri elde edilir. Yöntemler kendi içinde kuvvetin uygulanma şekli ve dokuda oluşan yanıtı göre birbirinden ayrılır.

a.Shear Wave Elastografi

Shear dalgaları mekaniktir. Yayılmaları için yumuşak dokuya gereksinim vardır. Shear dalgaları kompresyon doğrultusuna dik şekilde aksiyel planda laterale hareket eder. Dokunun aşağı-yukarı hareketi ultrason dalgalarıyla hesaplanarak bu sayede shear dalgaların hızı ölçülür. Yumuşak dokuda hızları ortalama 1-10 m/s olan shear dalgalar, 1540 m/s olan sonografik dalgalara göre yavaştır ve yayılmaları için elastik ortam gerektirirler. Shear dalgalar doku içinde ilerlerken zayıflamaktadır ve vizkozitesi düşük sıvılarda yayılım gösteremezler. SE'de shear dalgalar sonografik dalgalarla oluşturulurken hızları da yine onlarla ölçülür. SWE'de değerlendirme kantitatif olarak gri skala görüntüler veya renkli elastogramla yapılabilir. Shear dalgaların dokulara göre değişkenlik gösteren hızları üzerinden dokular birbirinden ayırtedilebilir. SWE'de dokunun homojen olduğu varsayılarak değerler elde edilir. Dokunun sertliğiyle orantılı olarak m/s veya kilopaskal cinsinden elde edilen değerler artış gösterir (126).

SWE'de uyarı cihazdan gönderilen akustik impulslarla oluşturulur. Oluşan shear dalgaların hareketi elde edilen sonografik görüntülerin saniyede 2000 görüntü gibi yüksek bir hızda işlenmesiyle tespit edilir (122). Kompresyona gerek duymadığından kantitatif değerlendirme yapılmış olur. Yüzeye çok yakın dokularda derinlik yeterli olmadığından optimal değerlendirme yapılamamaktadır. SWE real-time SE yöntemidir. Bu teknik sayesinde strain elastografideki en önemli sorun olan uygulayıcıya bağlı kuvvet sorunu ortadan kalkmıştır (127).

Elde edilen veriler her piksele atanan ve shear dalga hızını (m/s) veya elastikiyetini (kPa) gösteren renklerle elastogramlarda gösterilir. Sinyal oluşmayan yerler basit kist veya sert yapılara karşılık gelir. Genel olarak mavi renk sert, kırmızı yumuşak, yeşil ara sertlikteki yapıları yansıtmakla birlikte cihazlara göre farklılık gösterebilir (128).

Kantitatif hız ölçümü Young modülü ile yapılır. Young modülüne göre shear

dalga hızları lezyonun sertliğinin karekökü ile orantılıdır. Buna göre komprese edilemeyen ve izotropik dokularda sertlik shear modülünün üç katına eşittir.

Shear dalga hızı, doku esnekliğini shear dalga yayılma hızı ile değerlendirmeyi mümkün kılan Young modülü ile yakından ilişkilidir. Bu durum E (Young modülü) $= 3 \times \mu$ (kayma modülü) ve $\mu = p$ (doku yoğunluğu) $\times c^2$ (shear dalga hızı) olarak alınırsa $E = 3pc^2$ formülüyle hesaplanabilir.

b.Transient Elastografi

Ticari ilk SWE sistemi, karaciğer incelemesinde kullanılan 1D-Transient Elastografi sistemi olan FibroScanTM (Echosens, Paris, Fransa)'dır (129). Sistemin probu, ultrason dönüştürücü ve mekanik titreşim oluşturan aparat içeren tek parçadan oluşan cihazdır. 1D-Transient Elastografi sonografik ancak doğrudan B mod kılavuzluğu olmadan kullanılan bir tekniktir. Karaciğerde fibrozis değerlendirilmesinde kullanımı onaylanan ve en sık kullanılan yöntemdir. Kullanıcı, karaciğer parankiminde ciltten yaklaşık 2.5-6.5 cm derinlikte zaman alanlı ultrasonla bir alan seçer. Ardından cihazın oluşturduğu mekanik titreşimler, doku boyunca yayılır ve kesme dalgaları oluşturur. A-modu kullanarak kayma dalga hızını ölçer ve Young modülü ile elastikiyet hesaplanır (130).

c.Acoustic Radiation Force İmpulse (ARFI)

Shear dalgaları kullanarak doku sertliğini ölçen yeni bir tekniktir. Dokuya uyarı göndermeden önce normal durumda B-mod görüntüleme yapar. Ardından dokuya kısa akustik puls gönderilir. Bu mekanik olarak dokuda bir miktar yer değişikliğine neden olur. Bu yer değişikliği esnek dokularda daha fazladır. Buna karşılık sert dokularda daha az olabilir veya hiç olmayabilir. Bu puls sonrası doku normal haline dönmektedir (131).

Bu teknikte shear dalga hızları ölçülmezken, akustik radyasyon kuvvetiyle oluşturulan uyarıya bağlı dokuda oluşan yer değişikliği kalitatif olarak ölçülür. Elde edilen görüntüler siyah beyazdır. Burada yumuşak dokular parlak, sert dokular siyaha yakındır. Oluşan shear dalga hızları doku sertliği ile orantılı olup doku sertliğinin kalitatif değerlendirilmesinde kullanılabilir. Bu shear dalga hızları doku elastisitesinin kare köküne eşittir (132).

3. Manyetik Rezonans Görüntüleme ve MR-Artrografi

MRG adeziv kapsülit tanısında rutin kullanılmamakla birlikte eşlik edebilecek diğer patolojilerin tespiti için kullanılabilir.

Tanıda en faydalı radyolojik görüntüleme MR-artrografidir. Başlıca MR ve MR-artrografi bulguları;

- Inferior glenohumeral ligamentte T2AG'de sinyal artışı,
- Aksiller reses kapsülünde kalınlaşma,
- Korakohumeral ligamentte 4-7 mm üzerinde kalınlaşma,
- Rotator intervalde anormal yumuşak doku kalınlaşması, sinyal değişikliği,
- Biseps tendonu tutunma yerinde anormal yumuşak doku,
- Aksiller reses ve rotator intervalde değişken kapsüller ve sinoviyal kontrastlanmadır (133,134,135,136).

• MRG Fiziği

MRG'de, vücutta bulunan hidrojen atomlarından manyetik alan ve uygulanan radyo frekans dalgalarıyla elde edilen manyetik rezonans kullanılarak görüntü oluşturulur. Hidrojen kullanılması, vücutta su ve yağın yapısında da bulunan vücuttaki en yaygın element olması ve tek protondan oluşması nedeniyle güçlü manyetizasyon göstermesindendir (137).

Nükleer partiküller olan proton ve nötronlar kendi etrafında, çekirdek çevresinde belirli orbitlerde bulunan elektronlar ise hem kendi etrafında hemde çekirdek etrafında belirli yörüngelerde dönmektedir. Bu nükleer partiküllerin 'spin hareketi'ne bağlı oluşan manyetik moment etkileri birbirlerini nötralize eder. Ancak nükleusta tek sayıda proton veya nötron olması durumunda manyetik dipol momenti oluşur. Normalde dokuda birbirinin etkisini nötrleyen protonlar, güçlü manyetik alan içine konulduğunda manyetik alan vektörüne paralel ve anti-paralel konuma geçerek bu vektör çevresinde 'presesyon hareketi' denilen topaç şeklinde dönme hareketine başlar. MRG'nin temeli aslında presesyon hareketidir. Bu sayede istenilen protonlar etkilenebilir. Güçlü manyetik alandaki presesyon hareketine bağlı net manyetik

vektörü ana manyetik alana paralel protona presesyon hareketi ile eşit frekansta radyo frekans (RF) dalgası uygulandığında protonun manyetik vektörü ana manyetik vektör yönü olan 'z' ekseninden sapar. Bu etkileşimle aktarılan enerji ile orantılı olarak ana manyetik alana paralel spinler anti-paralel konuma geçer. Ayrıca spinler presesyon hareketinin aynı konumuna gelir. Yani sonuç olarak paralel ve antiparalel spinlerin eşitlenmesi ile doku net manyetizasyonu sıfırlanır; aynı zamanda protonların presesyon hareketinin aynı fazında olmalarına bağlı X-Y düzleminde 'transvers manyetizasyon' denilen yeni bir vektör oluşur. Transvers manyetizasyonu ölçmek için RF sargılar kullanılır. RF sargıların RF pulsu üretimi ve buna bağlı oluşan sinyallerin ölçümünde kullanılan tipleri vardır. RF pulsu sonrası aynı faza gelen (in-phase konumu) protonlar içinde bulundukları alanın manyetik etkisine bağlı bu aynı faz konumunu kaybeder (dephase konum). Bu durumda protonlar hızla sinyal kaybeder ve sonuçta baştaki ana manyetik vektöre paralel vektör oluşur. Buna longitudinal manyetizasyon denilir.

T1 ağırlıklı görüntü (T1AG); 90°'lik RF dalgası ile longitudinal yönde net manyetizasyon sıfırlanır; çünkü düşük enerji düzeyindeki (net manyetik vektörle aynı yönlü presesyon hareketi yapan) protonlar, yüksek enerji konumuna (net manyetik vektöre zıt yönde presesyon hareketi yapan) geçerler. Dalga uygulaması kesildikten sonra yüksek enerji düzeyindeki protonlar düşük enerjili konuma geçmeye başlarlar ve longitudinal relaksasyon yeniden oluşmaya başlar. Buna longitudinal relaksasyon veya T1 relaksasyonu denilir. T1 zamanı bu sürecin tamamı değil longitudinal manyetizasyonun %63'ünün oluşumuna kadar geçen süredir. Dokuların içerdikleri protonların tipi ve yoğunluğuna göre farklı zamanlarda gerçekleşen bu durum T1 ağırlıklı görüntülerin temelini oluşturur (138).

T2 ağırlıklı görüntü (T2AG); ana manyetik alana paralel yani Z-düzlemindeki doku manyetik vektörü 90°'lik RF uygulaması sonrasında transvers yani X-Y düzlemine geçer. Ayrıca protonlar presesyon hareketinin aynı noktasında olur ki bu duruma in-phase (faz içi) durumu denir ve sonuçta transvers bir manyetizasyon meydana gelir. Zamanla bu presesyon hareketinin atomlar arasındaki uyumu lokal manyetik farklılıklara bağlı bozulur. Bu duruma out-of-phase (faz dışı) denir. Sonuç olarak transvers manyetizasyon kaybolur. Dokunun yapısına bağlı geri dönüşü olmayan sinyal kaybı süresi T2 relaksasyon süresi yani spin-spin relaksasyon süresidir.

T2 zamanı in-phase konumuna bağılı oluşan transvers manyetizasyon vektörünün %37'si kalana kadarki süredir.

Temel Puls Sekansları

MRG'de sinyal oluşumunda kullanılan RF pulsu, uygulanan gradiyent ve oluşan sinyallerin toplandığı anları gösteren diyagrama 'sekans' denilmektedir. Temel puls sekansları spin eko, saturasyon recovery ile parsiyel saturasyon, gradient eko sekanslarıdır.

Spin eko sekansı, temel MR sekansıdır. Burada MR ile ilgili 90° pulslar arası süreyi ifade eden time to repetition (TR) ile 90° pulstan maksimum eko alınana kadar geçen süreyi ifade eden time to echo (TE) terimleri bilinmelidir. Öncelikle 90° RF ile transvers manyetizasyon sağlanır. RF uygulaması kesilince protonlar in-phase durumunu kaybederek defaze olmaya başlar. Burada TE süresinin ortasında uygulanan 180° RF pulsu ile spin vektörü presesyon halkasının karşı tarafına geçer. Sonuç olarak hızla defaze olan protonlar refaze olmaya doğru ilerler. TE süresi sonunda in-phase sağlanmış olur ve sinyal yani eko oluşur. Bu ekolardan faydalanan TR ve TE süreleri üzerinden farklı ağırlıkta görüntüler elde edilmiş olur (138).

Saturasyon recovery ile parsiyel saturasyon, tekrarlayan 90° RF pulslarını takiben oluşan free induction decay (FID) kullanılarak görüntü elde edilen sekanslardır. Uzun TR seçilmesi durumunda longitudinal relaksasyon artışına bağılı olarak elde edilen görüntüler proton ağırlıklı yani saturasyon recovery; kısa TR seçilmesi durumunda ise longitudinal relaksasyon yeterli olmadığından dokudaki protonların longitudinal relaksasyon farklarını yansıtan T1 ağırlıklı yani parsiyel saturasyon görüntüleri elde edilmiş olur (139).

Gradiyent eko sekansı ile MR çekim süresi kısaltılması amaçlanmaktadır. Spin eko sekanslardaki 90° ve 180° 'lik RF pulsları yerine gradiyent sargılar kullanılarak protonlar hızlıca defaze edilir. Gradiyent eko sekansında dokuların manyetik duyarlılık farklılıkları yanında manyetik alan inhomojenitesi kullanılır. Bu manyetik alan inhomojenitesi farklı manyetik duyarlılığa sahip yapılar arasındaki arayüzlerde oluşur. Bu şekilde manyetik alan inhomojenitelerini de yansıtan görüntüler T2* olarak adlandırılır (140,141).

Görüntü Oluşmu ve Sinyali Lokalizasyonu

MR görüntüleri, temel olarak dokulardaki proton sayılarının, T1 ve T2 sürelerinin farklılıklarından faydalanarak oluşturulur (142). Dokudan gelen sinyalin bilgisayar ortamına kaydedilmesi belirli zamanlarda yapılan genlik ölçümü şeklindedir. İşte bu ölçüm anlarına örnekleme noktası (sample point), bu işlem sürecine ise örnek toplama süreci (sampling time) denilir. Birbirini takip eden örnekleme noktaları arasındaki süre örnekleme arası (sampling interval) olarak isimlendirilir. Elde edilen görüntünün kalitesi örnekleme süresine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Bu durum temelde SNR ile ilişkilidir. Örnekleme süresinin uzun olması SNR'yi artırırken; kısa olması azaltır (143).

Kesit belirleme gradyanı, uygulandığı eksen doğrultusunda manyetik alan kuvvetini ana magnetin gücünün yaklaşık %0,01'i ölçeğinde kademeli olarak değiştirir. Gradyanın merkezi 0 olacak şekilde bir yöne doğru artan yani ana manyetik kuvvet ile eş yönde, diğer yöne doğru azalan yani ana manyetik vektöre zıt yönde manyetik güç oluşturulur ve sonuç olarak kesitlerin salınım frekansları birbirinden farklı olmuş olur. RF puls kendisi ile eş frekanstaki protonları etkileyeceğini bildiğimizden, Z yönündeki gradyan çalışıyor durumda iken istediğimiz kesiti etkileyecek frekansta RF pulsı ile kesitlerin görüntüsünü elde edebiliriz (143).

Frekans kodlama gradyanı, kesit belirleme gradyanına dik planda sinyal alındığı an çalıştırılır. Buna bağlı olarak kesit içerisinde farklı frekanslarda salınım yapan kolonlar oluşturulur; sonuç olarak ise kolonlar arasındaki 'in-phase' durumu bozulur. Bunu önlemek için uygulama öncesi 'dephaser' (faz bozma) işlemi yapılır. Bu sayede sinyal kaydı anında kolonlar hem 'in-phase' konumunda olur, hemde frekans farklılığı sağlanır.

Faz kodlama gradyanının amacı, sıralar içinde faz değişimi oluşturmaktır. Protonlar gradyan uygulaması öncesi 'in-phase' konumundadır ve ana magnetin homojen kabul edilebilir manyetik etkisi ile aynı frekansta salınırlar. Protonlar faz kodlama gradyanı kısa bir süre çalıştırılıp kapatılınca yine ana manyetik alan etkisiyle aynı frekansta salınırlar, ancak faz kodlama gradyanının gücüne bağlı olarak sıralar arasında faz değişimi sağlanır (143).

Omuz MR işleminde yüksek çözünürlük için yüzey sargıları kullanılır. Hasta sırt üstü yatarılır, kola hafif eksternal rotasyon yaptırılarak avuç içi aynı taraf gluteal kas altına yerleştirilir. Supraspinatus kası tendonuna paralel oblik koronal ve tendona

dik oblik sagittal eksen temel planlardır. İnceleme aksiyel planda proton dansite (PD) TSE sekansta 3-4 mm kesitlerle başlar. Ardından GHE'nin en iyi görüldüğü kesit üzerinden glenoid kemiğe dik açı ile oblik koronal, kemiğe paralel oblik sagittal planlar oluşturulur. Oblik sagittal plan skapula gövdesinden humerus büyük tüberkülüne kadarki alanı 3-4 mm'lik kesitler halinde içerir. Oblik koronal planda SE T1, PD/T2A TSE yağ baskılamalı sekanslar, oblik sagittal planda ise PD TSE yağ baskılı ve baskısız sekanslar kullanılmaktadır (26,144,145).

MR-Artrografi eklemde distansiyon sağlaması ile labrum, kapsül yapıları ile rotator kılıf özellikle alt yüzünü daha iyi değerlendirme imkanı sağlayan yöntemdir. Başlıca endikasyonları; SLAP lezyonlar, eklem içi loose bodyler, adeziv kapsülit şüphesi, postoperatif hastaların değerlendirilmesi ile rotator manşet yırtıklarıdır (145).

MR artrografi işlemi için öncelikle US veya floroskopi eşliğinde eklem içerisine 1.5 T cihazlar için 1/200-1/250 oranında seyreltilerek 2 mmol/l konsantrasyonu sağlanan; 3 T cihazlar için 1/300-1/400 oranında dilüe edilmiş gadolinyum enjekte edilir (145). Yağ baskılı T1A aksiyel, koronal, oblik sagittal; konvansiyonel MR görüntüleri olmayan olgularda oblik koronal PD/T2A TSE yağ baskılı ve SE T1A kesitler elde edilmelidir. Görüntüleme esnasında abduksiyon ve eksternal rotasyon (ABER) ya da adduksiyon ve internal rotasyon (ADIR) incelenecek bölgeye yönelik kullanılabilecek pozisyonlardır (145).

2.2.7. Tedavi

Adeziv kapsülit olgularında tedavi konusunda ortak bir yaklaşım bulunmamaktadır (88). Tedavi başarısı temelde ağrıda azalma, işlevsellik artışı ve hastanın memnuniyetidir. En etkili yaklaşım eklem patolojilerinde en erken mobilizasyonu temin etmek ve hastayı bu konuda bilgilendirmektir (102).

Tedavi kararı verirken öncelikle primer-sekonder ayrımı yapılmalıdır. Sekonder olgularda öncelik tedavi etyolojiye yönelik uygulanmalıdır (146). Ayrıca hastalığın hangi evrede olduğunun tespit edilmesi gereklidir. Tedavide farklı yöntemler mevcut olup; bunları operatif ve non-operatif olarak gruplamak mümkündür.

2.2.7.1. Non-operatif Tedavi

Tedavi temelde korunmayı, hasta eğitimini, medikal tedaviyi, steroid enjeksiyonu ve nöral blokasyonu, fizik tedavi modalitelerini içerir. Klinik evreye bağlı tedavi yaklaşımı da değişkenlik gösterir. Yani ön planda olan semptom ağrı ise tedavide hedef ağrı azaltımı; hareket kısıtlılığı ise hareket açıklığını arttırmaya yönelik egzersizlerdir (147).

Adeziv kapsülitte en etkili tedavi yaklaşımı koruyucu yöntemlerdir. 50 yaşın üzerinde olup omuz ağrısı olan diyabetiklerde; uzun süre immobilize kalan hemipleji, miyokard enfaktüsü ve beyin kanamalı olgularda; omuz ve göğüs bölgesi cerrahilerinde erken mobilizasyon sağlanması ve egzersiz eğitimi ile bilgilendirme korunmaya yönelik önem arz eder (148).

Tedavide bilgilendirme önem arz eder. Hastalara semptomların uzun olduğu ve değişkenlik göstereceği belirtilmeli; bunlara uygun egzersizler başlanmalıdır (88).

Semptomları kontrol etmede yüksek doz eklem içi steroid enjeksiyonu etkili bulunmuştur. Steroid enjeksiyonu sitokinleri ve dolayısıyla neden olduğu fibrozisi azaltır (149).

Ağrının ön planda olduğu olgularda kontrendikasyon durumu yoksa NSAID kullanılabilir (150).

Supraskapular sinir blokajı adeziv kapsülitte ve rotator manşet yırtığı gibi diğer omuz eklem patolojilerinde de kullanılmaktadır (5).

Elektroterapi yaklaşım, eklemi egzersize hazırlar ve ağrıyı azaltır. Tedavi modelleri coldpack, yüzeysel ve derin ısı ajanları, transkutanöz elektriksel stimülasyon ile enterferansiyel akımları içerir.

Egzersizler, hareketsizliğe bağlı komplikasyonları azaltmak için kullanılır. Kaslarda esnekliği sağlar. Kan dolaşımını artırır; yapışıklıkları ve kontraktürü engeller (151).

Manuel terapi, mekanik eklem problemlerinde, ekleme uygulanan alçak yada yüksek amplitüdü, hızlı yada yavaş hareketlerdir. Nöromüsküler veya refleks yollar ile ağrıya etki ettiği ve hareket açıklığını düzelttiği düşünülmektedir (151).

2.2.7.2. Operatif Tedavi

Non-operatif yaklaşıma cevap vermeyen ve semptomları ilerleyen olgularda tercih edilebilir. Periferik sinir hasarı, humerus dislokasyonu ve tendon hasarı gibi

riskleri vardır. Cerrahi sonrası fizyoterapi önerilmektedir (97).

Artroskopik kapsül gevşetme, etkili ve güvenli bir yaklaşımdır. Tanıya ve aynı zamanda diğer olası nedenleri dışlamaya yardımcı olur. Kapsülde gevşeme sağlar (152).

Açık kapsülotomi, diğer tedavilere yanıt vermeyen nadir adeziv kapsülit olgularında uygulanır. KHL ve rotator aralığı serbestleştirir, hareketi kolaylaştırır ve ağrıyı azaltır (153,154).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu tez çalışması: Düzce Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Sağlık Araştırmaları Etik Kurulu Başkanlığı'ndan 17.01.2022 tarih ve 2022/16 karar sayılı etik kurul onayı alınarak yapılmıştır.

3.1. Hasta Seçimi

Ocak 2022 ile Ekim 2022 tarihleri arasında hastanemiz fiziksel tıp ve rehabilitasyon ile ortopedi ve travmatoloji kliniklerine başvuran; yapılan değerlendirme sonucu omuz, skapula, göğüs ve üst kol çevresinde, dirsek üstünde sabit ve derin ağrısı; 3 yönde %30'dan fazla veya karşı tarafa oranla %50'den fazla kayıp gösteren omuz hareket açıklığı bulunan ve bu nedenle klinik olarak adeziv kapsülit ön tanısı konularak olası diğer nedenlerin ekartasyonuna yönelik tarafımıza MRG için gönderilen ve MRG'de kliniği yansıtabilecek diğer nedenler dışlanan olgular değerlendirmeye alındı. MRG'ye alınan olguların görüntüleri kas-iskelet radyolojisi konusunda deneyimi bulunan iki radyolog tarafından değerlendirildi. Yapılan değerlendirmede IGHKK tutulumunu yansıtan aksiller reseste 4 mm'den fazla kalınlaşma, kapsülde sıvı duyarlı sekanslarda ödeme ait sinyal artımı (155) ve aksiller reses hacminde azalma (0.53 ml>) (134) gibi bulgular bulunan ve bu nedenle adeziv kapsülit ile uyumlu değerlendirilen 13'ü erkek 17'si kadın toplamda 30 hasta ile klinik ve radyolojik olarak adeziv kapsülit düşünülmeyen 16'sı erkek 18'i kadın toplamda 34 gönüllü olgu kontrol grubuna dahil edildi.

Hastaların dışlanma kriterleri;

- 18 yaş altı olmak,
- İlgili omuz ekleminde tümör, artrit, cerrahi veya travma öyküsü varlığı,
- Servikal radikülopati, üst ekstremitelerde santral veya periferik nörolojik defisit,
- MR görüntülemesinde sekansların tamamlanamaması veya artefaktlara bağlı görüntülerin değerlendirilememesi,
- Ultrasonografi için pozisyonlama veya manipülasyona engel olacak kadar ağrı ve/veya hareket kısıtlılığı bulunması ve bu sebeple US işlemi gerçekleştirilememesi,
- Kendi isteği ile çalışmaya katılmak istenilmemesi

3.2. MRG Tekniği

MR incelemede 3T (MAGNETOM Skyra, Siemens Healthcare, Erlangen, Germany) cihazda 16 kanallı geniş omuz koilleri kullanıldı. Hasta supin pozisyonda ve kol nötral pozisyonda iken görüntüleme yapıldı. Yağ baskılı aksiyel PD-TSE (TR: 3500 ms TE:38 ms) ve T2A-GE (TR:375 ms TE:10 ms), yağ baskılı koronal oblik PD-TSE (TR:2400 ms TE:40 ms), yağ baskısız koronal oblik T1A-TSE (TR:467 ms TE:10 ms), yağ baskılı sagittal oblik T2A-TSE (TR:3400 ms TE:67 ms) ve yağ baskısız sagittal oblik T1A-TSE (TR:400 ms TE:9 ms) görüntüler elde edildi. Aksiyel görüntülerde kesit kalınlığı 3,5 mm, kesit aralığı 4,3 mm; koronal oblik görüntülerde kesit kalınlığı 3,5 mm, kesit aralığı 4,2 mm; sagittal oblik görüntülerde kesit kalınlığı 3,5 mm kesit aralığı 4,5 mm seçildi. FOV 17 cm, matriks 240x320 seçildi. Elde edilen görüntüler Sectra Picture Archiving and Communication Systems (PACS) yazılımına aktarıldı (Sectra AB, Linköping, Sweden).

3.3. MR Görüntü Analizi

Konvansiyonel MRG ile elde edilen görüntüler kas-iskelet konusunda deneyimli iki uzman radyolog tarafından değerlendirildi. Inferior glenohumeral kapsüloligamentöz komplekste aksiller reseste 4 mm'den fazla kalınlaşma, kapsülde sıvı duyarlı sekanslarda ödeme ait sinyal artımı (155) ve aksiller reses hacminde azalma (0.53 ml>) (134) gibi tutulumu gösteren bulgular üzerinden konsensusla

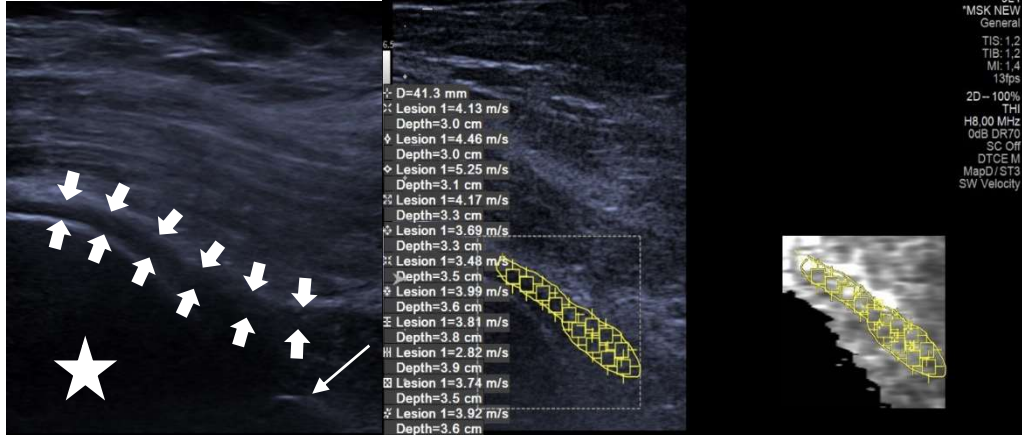
değerlendirilerek uygun olan olgular çalışmaya dahil edildi.

3.4. Sonoelastografi Tekniği ve Görüntü Analizi

Çalışmaya dahil edilme kriterlerini karşılayan olgular gerekli bilgilendirme ve onam alma işlemi ardından USG ünitesine alındı. Olgular öncelikle USG sedyesine supin pozisyonda yatırıldı. İlgili omuz eklemi değerlendirilmeye yönelik ön kol fleksiyon ve pronasyon, kol abduksiyon ve dış rotasyon konumuna getirilerek inferiorda omuz eklem açıklığı sağlandı. Siemens Acuson-S2000 US cihazına ait 9L4 (4-9 MHz) lineer prob kullanılarak öncelikle gri skala inceleme ile GHE yapıları değerlendirildi. Genel değerlendirme sonrasında IGHKK'nin görüntülemeye en uygun olan anterior porsiyonu koronal planda tespit edildi. Prob kompresyon etkisini önlemek adına bol miktarda ultrason jeli kullanımına özen gösterildi. Prob, basınç uygulamayacak şekilde ve anizotropiyi önlemek için glenohumeral kapsüloligamentöz kompleksin anterior parçasına dik açıyla ve GHE'ye koronal planda olacak şekilde yerleştirildi. Hasta grubunda gri skala incelemede aksiller reses düzeyinde düzensiz kalınlaşmış ve heterojen olan; kontrol grubunda ise normal yapıdaki ince, düzgün ve homojen IGHKK'nin anterior bandından ölçümler yapıldı. SWV değerleri Virtual Touch Quantification (VTQ/ARFI) yöntemiyle önceden belirlenmiş 5x5 mm boyutundaki ortalama 10-15 ROİ yerleştirilerek, alanında 3 yıllık kas-iskelet sonografi ve sonoelastografi deneyimi bulunan bir radyolog tarafından elde edildi. Elde edilen ortalama değerler üzerinden m/sn cinsinden sertliği belirlendi.



Şekil 4: Sonografik Olarak İ inferior Glenohumeral Kapsüloligamentöz Kompleks Görüntüleme Pozisyonu



Şekil 5: Normal IGHKK Kompleksi Anterior Bandı Sonografik ve Sonoelastografik Görünümü (kalın ok: IGHKK, ince ok : glenoid kemik ön-alt ucu, yıldız : humerus başı)

3.5. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler IBM SPSS v.22 paket programı ile yapılmıştır. Verilerin dağılımı Kolmogorov-Smirnov testi ile incelenmiş, grup karşılaştırmalarında Independent samples t test kullanılmıştır. Kategorik verilerin analizi Pearson ki-kare testi ile yapılmıştır. Hız değerleri üzerine hasta-kontrol grupları ve cinsiyetin birlikte etkisinin incelenmesi amacıyla iki yönlü varyans analizi kullanılmıştır. Tanımlayıcı istatistikler sayısal değişkenler için ortalama ve standart sapma, kategorik değişkenler sayı ve yüzde olarak verilmiştir. İstatistiksel anlamlılık düzeyi 0,05 olarak dikkate alınmıştır.

4. BULGULAR

Çalışma kapsamında kontrol grubunda 34 olgu, hasta grubunda 30 olgu olmak üzere toplamda 64 olguya konvansiyonel omuz MR, gri skala US ve VTQ/ARFI yöntemiyle SWE yapıldı. Elde edilen kantitatif veriler üzerinden kontrol grubu ile hasta grubu arasında IGHKK sertliği bakımından farklılık olup-olmadığı değerlendirildi.

Hasta grubunda olguların 13'ü (%43,3) erkek, 17'si (%56,7) kadındı. Kontrol grubunda olguların 16'sı (%47,1) erkek, 18'i (%52,9) kadındı. Hasta grubunda olguların yaş ortalaması $56,60 \pm 9,12$ (min. 34-max. 70), kontrol grubunda olguların yaş ortalaması $56 \pm 9,26$ (min. 35-max. 70) olarak belirlendi. Her iki grupta demografik veriler açısından anlamlı fark yoktu (Tablo 1).

	Hasta (n=30)	Kontrol (n=34)	p
Yaş (yıl)	$56,60 \pm 9,12$	$56,00 \pm 9,26$	0,795
Cinsiyet, n (%)			
Erkek	13 (43,3)	16 (47,1)	0,765
Kadın	17 (56,7)	18 (52,9)	

Tablo 1: Yaş ve Cinsiyete Göre Normal ve Hasta Olguların Durumu

Hasta ve kontrol grupları arasında SWE sonucu elde edilen hız değerleri bakımından anlamlı farklılık saptandı. Buna göre hasta grubunda hız değerleri kontrol grubuna göre anlamlı derecede yüksek olarak tespit edildi ($p < 0.001$) (Tablo 2).

	Hasta (n=30)	Kontrol (n=34)	p
Hız (Mean)	$4,582 \pm 1,425$	$3,174 \pm 0,638$	<0,001
Hız (Median)	$4,487 \pm 1,442$	$3,119 \pm 0,666$	<0,001

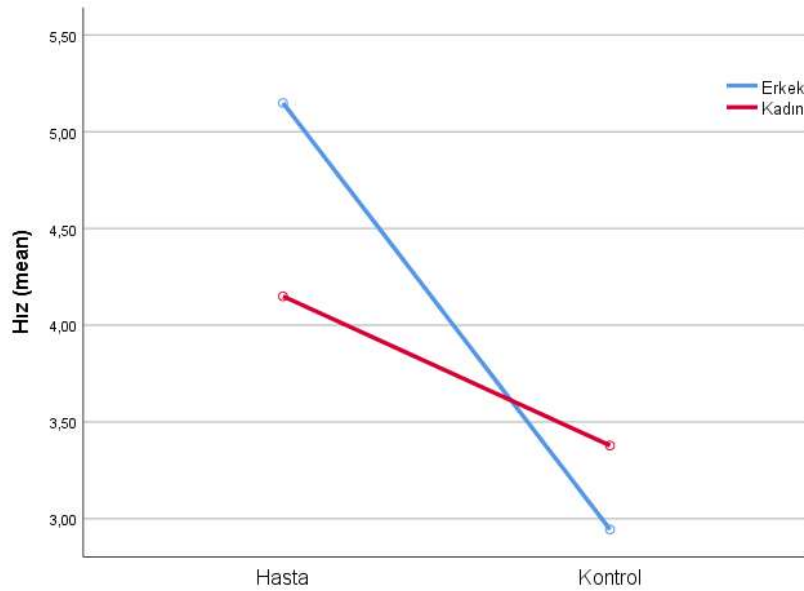
Tablo 2: Mean ve Median Hız Değerlerine Göre Grupların Durumu

Hız (mean) bakımından grup-cinsiyet etkileşimi anlamlı bulunmuştur ($p=0,007$). Yani hasta ve kontrol gruplarındaki cinsiyete göre hız değerlerinin değişimi hasta ve kontrol gruplarında farklı şekilde ortaya çıkmaktadır. Hasta grubunda erkeklerdeki hız değeri daha yüksekken, kontrol grubunda kadınlardaki hız değeri

daha yüksek saptanmıştır. Cinsiyet ana etkisi anlamlı değilken ($p=0,279$) grup ana etkisi ise anlamlı olup ($p<0,001$) genel olarak hasta grubunda hız değerlerinin daha yüksek olduğu görülmüştür (Tablo 3 ve 4).

HIZ (MEAN)	Hasta	Kontrol	Genel	p
Erkek	5,148±1,115	2,944±0,666	3,932±1,419	0,279
Kadın	4,149±1,513	3,378±0,551	3,753±1,176	
Genel	4,582±1,425	3,174±0,638	0,007	
p	<0,001			

Tablo 3: Mean Hız Değerleri Bakımından Grup-Cinsiyet Etkileşim Durumu

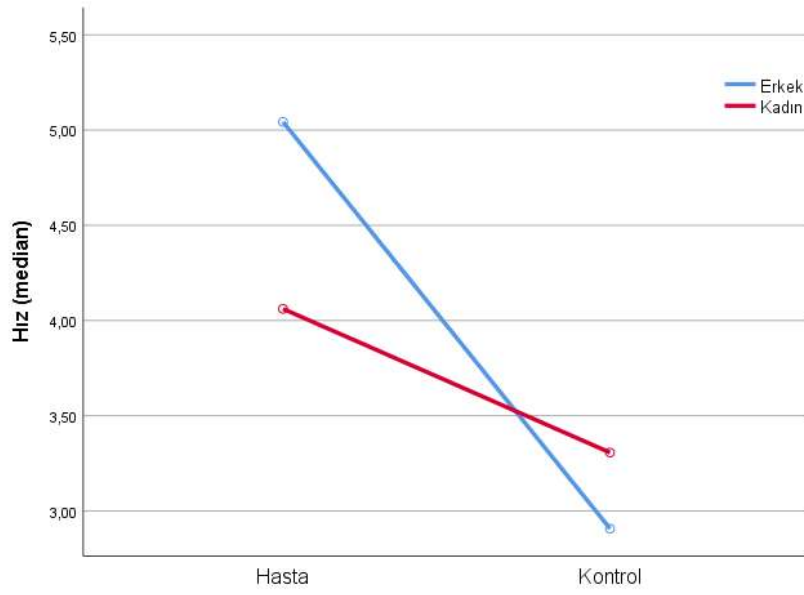


Tablo 4: Erkek ve Kadınlara Göre Hasta ve Kontrol Gruplarının Mean Değerinin Durumu

Çalışma ile elde edilen mean ve median değerlerinin birbirine yakınlığı çalışmanın doğruluğu ve tutarlılığını işaret etmektedir (Tablo 5 ve 6).

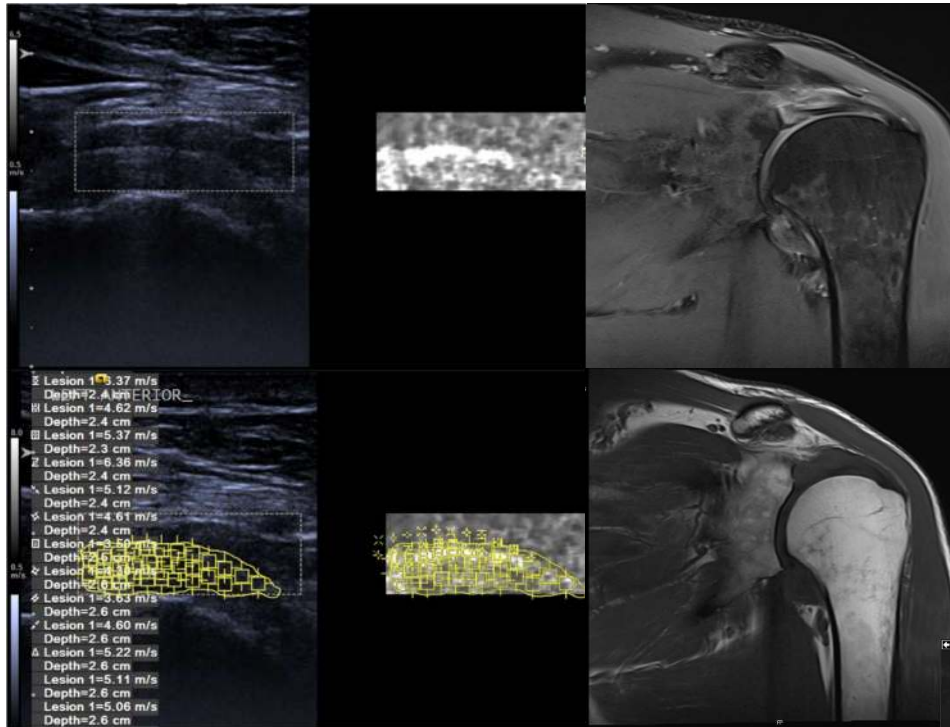
HIZ (MEDIAN)	Hasta	Kontrol	Genel	p
Erkek	5,043±1,134	2,907±0,729	3,865±1,416	0,277
Kadın	4,061±1,537	3,307±0,558	3,673±1,189	
Genel	4,487±1,442	3,119±0,666	0,012	
p	<0,001			

Tablo 5: Median Hız Değerleri Bakımından Grup-Cinsiyet Etkileşim Durumu

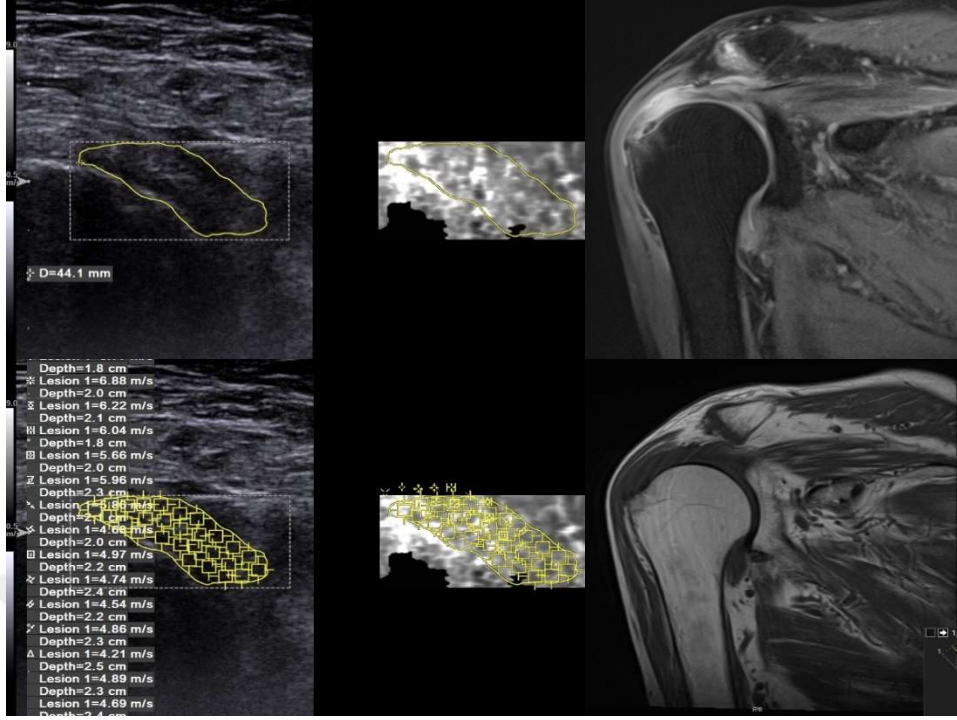


Tablo 6: Erkek ve Kadınlara Göre Hasta ve Kontrol Gruplarının Median Değerinin Durumu

• Olgu Örnekleri



Şekil 6: Olgu 1, 58 yaş, erkek (sol: US, orta : SE, sağ üst : koronal T2A MRG, sağ alt : aksiyel T2A MRG)



Şekil 7: Olgu 2, 76 yaş, Erkek (sol : US, orta : SE, sağ üst: koronal T2A MRG, sağ alt : aksiyel T2A MRG)

5. TARTIŞMA

Adeziv kapsülit, özellikle eksternal rotasyonda olmak üzere, omuz eklemi hareketinde kısıtlanma ve ağrı ile karakterize bir hastalıktır (156). “Donuk omuz” adıyla da bilinen bu antite, sıklıkla idiopatik olmakla birlikte diyabet ve hipotiroidizm olgularında daha sık görülmektedir (157). Adeziv kapsülitin radyolojik görüntülenmesinde MR-artrografi altın standart yöntemdir (146). Ancak MR cihazının tüm merkezlerde bulunmaması, ulaşılabilirliğin zor ve fiyatlandırmanın yüksek olması yeni görüntüleme yöntemlerinin arayışına sebep olabilmektedir (158). USG nispeten fiyatının uygun olması, sağlık merkezlerinin büyük bir kısmında bulunması ve uygulanabilirliğinin MR incelemesine göre kolay olması sebebiyle alternatif arayışın yoğunlaştığı bir alandır. US elastografi ise son dekatta kullanımı giderek artan, dokuların sertliğinin ölçülebilmesini sağlayan bir tekniktir (108). US elastografi özellikle kas-iskelet sistemi görüntülenmesinde tanıya katkı sağlamaktadır (159).

Winn N. ve arkadaşları yaptıkları derlemede US elastografinin kas-iskelet sisteminde kullanım alanlarını tanımlamışlardır. Bu çalışmada US elastografinin kas, tendon, ligament, fasya, eklem yapılarının ve tümöral oluşumların değerlendirilmesinde kullanımı incelenmiştir. US elastografi kullanımının kas-iskelet sistemin görüntülenmesinde giderek artacağını, diğer görüntüleme yöntemlerinin yerini almaktan ziyade tanıda doğrulayıcı ve tamamlayıcı nitelikte olacağını belirtmişlerdir (114). Biz bu çalışmada adeziv kapsülit olgularında shear wave elastografi ile IGHKK’de normal vakalara göre anlamlı sertlik artışı olduğunu gösterdik. Bu bulgular adeziv kapsülitin tanısında US elastografinin rutin kullanımda yer alabileceğini düşündürmektedir.

Adeziv kapsülit olgularında kronik inflamasyona sekonder ödem, kollojen dejenerasyonu ve lenfosit infiltrasyonuna sekonder dokularda kalınlaşma olabilmektedir (160). Ayrıca hareketsizliğe bağlı tendon ve bağlarda glikozaminoglikan, hyalüronik asit, dermatan sülfat, kondroitin sülfat ve su miktarında azalma olduğu bilinmektedir (161). Bu bilgiler ışığında literatürde, adeziv kapsülitli olgularda doku sertliğinin artacağı düşünülerek US elastografi ile yapılan bazı çalışmalar mevcuttur (146,162,163,164). İnferior glenohumeral kapsülogamentöz kompleksin adeziv kapsülit olgularında kalınlaştığı ve MR incelemesinde T2A

görüntülerde yüksek sinyal özelliği gösterdiği bilinmektedir (165). Bu sebeple IGHKK'nin değerlendirilmesi adeziv kapsülit olgularında anahtar rol oynamaktadır (166). Bilgimiz dahilinde çalışmamız bu alanda yapılan ilk çalışmadır.

Michelin P. ve arkadaşları yaptıkları çalışmada adeziv kapsülitli olgularda IGHL kalınlığını US ile değerlendirmiştir. Bu çalışmada adeziv kapsülitli olgularda IGHL kalınlığında normal olgulara göre belirgin artış saptanmıştır (166). Lee JG ve ark. omuz eklemi statik olarak incelediği bir diğer çalışmada IGHL kalınlığını nötral pozisyonda, iç rotasyonda ve dış rotasyonda ölçmüşlerdir. Tüm pozisyonlarda adeziv kapsülitli olguların IGHKK'lerinin kalınlığında anlamlı olarak artış olduğu gözlenmiştir (167). Her iki çalışmada kalınlık artışının sebebinin, literatürdeki bilgiler ile uyumlu olarak, dokuda oluşan inflamasyon ve fibrozis olabileceğini belirtilmiştir. Dokularda gelişen fibrotik süreçlerde US elastografi ile yapılan ölçümlerde sertliğin arttığı bilinmektedir (168). Bizim çalışmamızda da bu bulgular ile paralel olarak adeziv kapsülitli olgularda IGHKK sertliğinde kontrol grubuna göre anlamlı olarak artış saptanmıştır.

Inferior glenohumeral ligamentin sonografi ile değerlendirilmesinde çeşitli kolaylıklar bulunmaktadır: kol abduksiyonda iken ultrason probunun rahatlıkla yerleştirilmesi, ligamentin ultrason ile kolaylıkla saptanıp bilateral karşılaştırılarak değerlendirilmesi ve kalınlığın basit bir şekilde ölçülmesi bunlara örnek verilebilir (169). Bizim çalışmamızda da IGHKK görüntülenmesi ve ölçümlerin yapılması teknik olarak rahatlıkla gerçekleştirilmiştir. Bu bilgiler göz önüne alındığında klinik olarak adeziv kapsülit düşünülen olgularda US elastografinin kolaylıkla uygulanabileceği ve tanısal yöntem olarak kullanılabileceği düşünülebilir. Sonografik değerlendirmenin bir diğer avantajı ise dinamik incelemenin yapılabilmesidir. Omuz eklemi hareketi esnasında eş zamanlı olarak hastanın eklem hareketi kısıtlılığı ve ligamentin statik kalınlığı değerlendirilebilir (166). Buna ek olarak kantitatif değer verebilecek elastografik incelemenin yapılmasının adeziv kapsülitli olgularda tanı duyarlılığının arttıracağını düşünmekteyiz.

C-H Wu ve ark. yaptıkları çalışmada adeziv kapsülitli olgularda korakohumeral ligamentin elastografik değerlendirmesini yapmışlardır. Bu çalışmada adeziv kapsülit olan taraftaki korakohumeral ligamentin sertliğinin normal tarafa göre anlamlı olarak arttığı saptanmış. Ayrıca omuz eklemi eksternal rotasyon derecesine

göre ligamentin sertliğinde değişkenliğin olduğu gözlemlenmiştir (163).

Bir başka çalışmada Zang J. ve ark. adeziv kapsülitli olguları tutulum derecesine göre farklı gruplara ayırıp korakohumeral ligamentin sertliğini değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada evre 2-3 adeziv kapsülitli olguların, evre 1 olgulara göre ligament sertliğinde anlamlı olarak artış olduğunu gözlemlemişler (170). Bu sonuçlar adeziv kapsülitli olguların sonoelastografik olarak değerlendirilebileceğini düşündürmüştür. Ayrıca daha önce belirttiğimiz gibi dinamik incelemenin yapılabilmesi elastografinin üstünlüğünü göstermektedir.

Bizim çalışmamızda IGHKK sertliğinin cinsiyetler arasındaki fark açısından şaşırtıcı bulgular ortaya çıkmıştır. Sağlıklı grupta ligament sertliği kadınlar lehine hafif artmış olup istatistiksel olarak anlamlı fark izlenmemiştir. Ancak hasta grubunda ise IGHKK sertliği erkeklerde, kadınlara göre anlamlı olarak yüksek saptanmıştır. Literatürde ligament sertliğinin cinsiyet ile ilişkisine dair pek fazla çalışma olmamakla birlikte, cinsiyetlere göre tendon sertliği üzerine yapılmış az miktarda çalışma mevcuttur. Burgess ve ark yaptıkları çalışmada postür ve düşme riskini göz önüne alarak homojen bir hasta grubunda patellar tendon sertliğini değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada cinsiyetler açısından anlamlı fark izlenmemiştir (171). Bir başka çalışmada Rougerea G. Ve ark. deltoid ligament sertliğini ayak bileği hareketine göre değerlendirmişlerdir. Derin posterior tibiotalar ligament sertliği kadınlarda erkeklere göre daha az saptanmış. Diğer ligament ise cinsiyetler arası anlamlı farklılık izlenmemiştir (172). Ancak bu çalışmalar yalnızca gönüllüler arasında yapıldığından enflamatuvar sürecin etkilediği sertlik değişiklikleri hakkında veri yoktur. Adeziv kapsülitli erkeklerde kadınlara göre IGHKK sertliğinde daha belirgin artışın sebebine dair bizim hipotezimiz; çalışmamızın yapıldığı bölgede tarım ve hayvancılık gibi sürekli iş gücü gerektiren mesleklerin yaygınbulunması nedeniyle, istirahat önerilen olgularda bu iş gücü sağlayıcısı erkek popülasyonun işine devam etmek zorunda olması, inflamatuvar sürecin progresyonuna ve ligamentte sertlik artışına neden olabileceğini akla getirmektedir. Hasta grubunun istirahat ve fizik tedavi süreci, çalışma alanı ve fiziksel-iş gücünün ligament sertliğini etkileyebileceği ön görülerek ileride yapılacak yeni çalışmalarda değerlendirilebileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızın en önemli limitasyonlarından bir tanesi çalışmaya dahil edilen hasta sayısının az olmasıdır. İkinci limitasyon ölçümlerin dinamik olarak yapılmaması

ve üçüncüsü ise hasta grubunun sosyodemografik özelliklerinin çalışmaya dahil edilmemesidir. Çalışmamızda hasta grubunda hasta sayısının az olması nedeniyle adeziv kapsülitin evresi ile radyolojik sonuçları arasındaki ilişki ayrıca değerlendirilmemiştir. Bunun için yeni çalışmalar yapılmalıdır. Ayrıca çalışmamıza standardizasyon amacıyla sadece IGHKK tutulumu bulunan adeziv kapsülit olguları dahil edilmiş olup rotator interval ve subkorakoid yağ yastıkçığı tutulumu olan olgular dahil edilmemiştir. Son olarak kullandığımız VTQ/ARFI SWE yönteminde 5x5 mm boyutunda önceden belirlenmiş sabit bir ROİ ile ölçüm yapıldığından özellikle kontrol grubunda normal kompleksin yaklaşık 4 mm kalınlığının yanında bir miktar normal doku da ölçüme dahil edilmiş olabilir, bu durumun sonucu olumsuz etkileyebileceği düşünülmüştür.

6. SONUÇ

Çalışmamızda adeziv kapsülit tanılı ve IGHKK tutulumu olan olgularda komplekste istatistiksel olarak anlamlı sertleşme saptanmıştır. Bu da bize, seçilmiş olgularda tanıya destek amacıyla SWE'nin ilk olarak tercih edilebilecek görüntüleme yöntemi olabileceğini düşündürmüştür. Ancak kompleksin elastisitesini etkileyen birçok faktör olabileceğinden adeziv kapsülit bu durumun tek sebebi olmayabilir. Bu konuda ileri ve daha geniş hasta gruplarıyla yapılacak çalışmalar daha net bilgilere ulaşılmasını sağlayacaktır. Sonuçta sonoelastografi adeziv kapsülitli olgularda IGHKK'nin değerlendirilmesinde US ve MR incelemeye yardımcı, radyasyon içermeyen, ucuz, kolay erişilebilir ve güvenilir bir yöntem olarak kullanılabilir.

7. KAYNAKÇA

1. Codman EA. (1934). The Shoulder: Rupture of the Supraspinatus Tendon and Other lesions in or About Subacromial Bursa. Boston, MA: T Todd Company.
2. Nevaiser, T. J. (1945). Adhesive capsulitis of the shoulder: a study of the pathological findings in periartthritis of the shoulder. J Bone Joint Surg. 27:211-222.
3. Surgery., Neviaser JS. (1945). Adesive Capsulitis of Shoulder: A Study of the Pathological Findings in Periartthritis of the Shoulder. The Journal of Bone and Joint.
4. Ozbaydar MU, Tonbul M, Altun M, Yalaman O. (2005). Arthroscopic selective capsular release in the treatment of frozen shoulder. Acta Orthop Traumatol Turc. 39(2):104-113.
5. Neviaser AS, Hannafin JA. (2010). Adhesive Capsulitis: A review of current treatment. The American Journal of Sports Medicine. 38(11): 2346- 2356.
6. Bruce Reider, George Davies, Matthew T Provencher, Orthopaedic Rehabilitation of the Athlete, First Edition, 2015, s:402.
7. Zuckerman JD, Rokito A. Frozen shoulder: a consensus definition. J Shoulder Elbow Surg. 2011 Mar ve 20(2):322-5.
8. Ozkan K, Ozcekic AN, Sarar S, Cift H, Ozkan FU, Unay K. Suprascapular nerve block for the treatment of frozen shoulder. Saudi J Anaesth. 2012 Jan ve 6(1):52-5.
9. Hannafin J, Chiaia TA, Adhesive Capsulitis: a treatment approach. Clin Orthop 2000 ve 372:95.
10. Kelley MJ, Shaffer MA, Kuhn JE, Michener LA, Seitz AL, Uhl TL, Godges JJ, McClure P. Shoulder pain and mobility deficits: Adhesive Capsulitis J Orthop Sports Phys Ther. 2013 May ve 31, 43(5):A1-.
11. Kelley M, McClure P, Leggin B. Donmuş omuz: Kanıt ve rehabilitasyonu rehberlik eden önerilen bir model. J Orthop Sports Phys Ther 2009 ve 39:135-148.
12. Mezian K, Coffey R, Chang KV. Frozen shoulder. InStatPearls [Internet] 2021 Sep 1. StatPearls Publishing.
13. Page P, Labbe A. (2010). Adhesive Capsulitis: Use the evidence to integrate your interventions. North American Journal of Sports Physical Therapy 5(4): 266-273.
14. Cleland J, Dural CJ. (2002). Physical Therapy for Adhesive Capsulitis. Physiotherapy. 88(8): 450-457.
15. Lugo, Roberto, Peter Kung, and C. Benjamin Ma. "Shoulder biomechanics."European journal of radiology 68.1 (2008): 16-24.
16. Neumann DA, Shoulder Complex, Chapter 5. Kinesiology of the Musculoskeletal System, Third Edition, Elsevier, 2017:119-174.
17. Berquist TH: MRI of the Musculoskeletal System, 4 Edition. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2001.
18. Barcelo P, Obach Benach J. [Anatomy, phisology & biomechanics of the region of the shoulder]. Rev Esp Reum Enferm Osteoartic, 1957. 7(4):365-74.
19. Lugo R, Kung P, Ma C.B. Shoulder biomechanics. European journal of radiology, 2008. 68(1):16-24.
20. 2011, Arkun R. Omuz eklemi manyetik rezonans görüntüleme. Türkiye Klinikleri Radyoloji Özel dergisi ve 1-16., 4:.
21. Daruwalla ZJ, Courtis P, Fitzpatrick C, Fitzpatrick D, Mullett H. Anatomic variation of the clavicle: A novel three-dimensional study. Clinical Anatomy, 2010.

23(2): p. 199-209.

22. Moseley HF. The Clavicle: Its Anatomy and Function. Clinical orthopaedics and related research, 1968. 58: p. 17-28.

23. Bryan T. Hanypsiak, Jeffrey M. DeLong, James J. Guerra. Proximal Biceps Tendon Pathology. In: Miller M, Thompson S, editors. DeLee & Drez's Orthopaedic Sports Medicine. 4th Edition ve 569-584., 2014. P.

24. von Schroeder HP, Kuiper SD, Botte MJ. Osseous anatomy of the scapula. Clin Orthop Relat Res, 2001(383): p. 131-9.

25. Rudez J, Zanetti M. Normal anatomy, variants and pitfalls on shoulder MRI. Eur J Radiol 2008 ve 25-35., 68:.

26. Remide Arkun, F. Bilge Ergen , Omuz MRG: Normal Anatomi ve Teknik Özellikler,Türk Radyoloji Seminerleri, Trd Sem 2014 ve 1-15, 2:.

27. Drake RL, Vogl W, Mitchell AWM: GRAY'S Anatomy, Yıldırım, M GRAY'S Tıp Fakültesi Öğrencileri İçin Anatomi. Ankara, Gunes Kitapevi, 2007.

28. Gaillard, F., Yap, J. Acromial types. Reference article, Radiopaedia.org. (accessed on 02 Sep 2022).

29. Cook TS, SteinJM, Simonson S, Kim W. Normal and variant anatomy of the shoulder on MRI. Magn Reson Imaging Clin N Am 2011 ve 581-94., 19:.

30. Presher A, Klumpen T: The glenoid notch and its relation to the shape of the glenoid cavity of the scapula. J Anat 1997 ve 457-60, 190:.

31. Laxmaiah Manchikanti, Alan D. Kaye, Frank J.E. Falco, Joshua A. Hirsch. Essentials of Interventional Techniques in Managing Chronic Pain, 1st Edition ve 471-479., 2018. P:.

32. Rockwood CA, Matsen F: The shoulder. Philadelphia, Saunders, 1990.

33. Stoller D: Magnetic Resonance Imaging in Orthopaedics & Sports Medicine, Lippincott Raven Philadelphia, 1997.

34. Bencardino JT, Beltran J: MR imaging of the glenohumeral ligaments. Magn Reson Imaging Clin N Am 2004 ve 12: 11-24, v.

35. Totterman SM, Miller RJ, Kwok E. MR imaging of the shoulder rotator cuff. In : Book of abstracts: Radiological Society of North America 1992 ve 240.

36. Kiber WB et al: Clinics in sports medicine. current concepts in tendinopathy. vol 22. W.B.Saunders, Philadelphia PA 2003 ve 791-812.

37. Kassarian A, Bencardino JT, Palmer WE: MR imaging of the rotator cuff. Radiol Clin North Am 2006 ve 44: 503-23, vii-viii.

38. De Maeseneer M, Van Roy F, Lenchik L, Shahabpour M, Jacobson J, Ryu KN, Handelberg F, Osteaux M. CT and MR arthrography of the normal and pathologic anterosuperior labrum and labral-bicipital complex. Radiographics, 2000. 20(suppl_1): p. S67-S81.

39. Dunham KS, Bencardino JT, Rokito AS. Anatomic variants and pitfalls of the labrum, glenoid cartilage, and glenohumeral ligaments. Magnetic resonance imaging clinics of North America, 2012. 20(2): p. 213-228.

40. Vinson EN, Wittstein J, Garrigues GE, Taylor DC. MRI of selected abnormalities at the anterior superior aspect of the shoulder: potential pitfalls and subtle diagnoses. American Journal of Roentgenology, 2012. 199(3): p. 534-545.

41. [Çevrimiçi] <https://www.shoulder-pain-explained.com/images/glenohumeral-ligaments-shoulder.png>.

42. Yeh L, Kwak S, Kim YS, Pedowitz R, Trudell D, Muhle C, Resnick D: Anterior labroligamentous structures of the glenohumeral joint: correlation of MR

arthrography and anatomic dissection in cadavers. AJR Am J Roentgenol 1998 ve 1229-36, 171:.

43. Tirman PF, Palmer WE, Feller JF: MR arthrography of the shoulder. Magn Reson Imaging Clin N Am 1997 ve 811-39, 5:.

44. Petersilge CA, Witte DH, Sewell BO, Bosch E, Resnick D: Normal regional anatomy of the shoulder. Magn Reson Imaging Clin N Am 1997 ve 667-81, 5:.

45. Kaya T: Omuz normal anatomisi ve MR inceleme tekniği, KAS-İSKELET Manyetik Rezonans Uygulamaları. Edited by Erden İ. Ankara, Turk Manyetik Rezonans Derneği, 2007, pp 23-28.

46. Beltran J, Bencardino J, Mellado J, Rosenberg ZS, Irish RD: MR arthrography of the shoulder: variants and pitfalls. Radiographics 1997, 1403-12, 17: ve 1412-5, discussion.

47. Blum A, Coudane H, Mole D: Gleno-humeral instabilities. Eur Radiol 2000 ve 63-82, 10:.

48. Shankman S, Bencardino J, Beltran J: Glenohumeral instability: evaluation using MR arthrography of the shoulder. Skeletal Radiol 1999 ve 365-82, 28:.

49. Bowen MK, Warren RF: Ligamentous control of shoulder stability based on selective cutting and static translation experiments. Clin Sports Med 1991 ve 757-82, 10:.

50. Beltran J, Bencardino J, Padron M, Shankman S, Beltran L, Ozkarahan G: The middle glenohumeral ligament: normal anatomy, variants and pathology. Skeletal Radiol 2002 ve 253-62, 31:.

51. Williams MM, Snyder SJ, Buford D, Jr.: The Buford complex--the "cord-like" middle glenohumeral ligament and absent anterosuperior labrum complex: a normal anatomic capsulolabral variant. Arthroscopy 1994 ve 241-7, 10:.

52. ITOIGAWA, Yoshiaki, et al. Attachment of the anteroinferior glenohumeral ligament-labrum complex to the glenoid: an anatomic study. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery, 2012, 28.11: 1628-1633.

53. O'BRIEN, Stephen J., et al. The anatomy and histology of the inferior glenohumeral ligament complex of the shoulder. The American journal of sports medicine, 1990, 18.5: 449-456.

54. Connell DA, Potter HG (1999) Magnetic resonance evaluation of.

55. Provencher MT, Romeo AA. Shoulder Instability: A Comprehensive Approach. Philadelphia: Saunders ve 2012.

56. TURKEL, SPENCER J., et al. Stabilizing mechanisms preventing anterior dislocation of the glenohumeral joint. JBJS, 1981, 63.8: 1208-1217.

57. BURKART, Andreas C. ve DEBSKI, Richard E. Anatomy and function of the glenohumeral ligaments in anterior shoulder instability. Clinical Orthopaedics and Related Research®, 2002, 400: 32-39.

58. MOORE, Susan M., et al. The current anatomical description of the inferior glenohumeral ligament does not correlate with its functional role in positions of external rotation. Journal of orthopaedic research, 2008, 26.12: 1598-1604.

59. KIRCHHOFF, Chlodwig ve IMHOFF, Andreas B. Posterosuperior and anterosuperior impingement of the shoulder in overhead athlete evolving concepts. International orthopaedics, 2010, 34.7: 1049-1058.

60. Liavaag S, Stiris MG, Svenningsen S, Enger M, Pripp AH, Brox JI.

61. ROTHBERG, David L. ve BURKS, Robert T. Capsular tear in line with the inferior glenohumeral ligament: A cause of anterior glenohumeral instability in 2

- patients. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery, 2009, 25.8: 934-936.
- 62.** Bokor DJ, Conboy VB, Olson C (1999) Anterior instability of the.
- 63.** Field LD, Bokor DJ, Savoie FH III (1997) Humeral and glenoid.
- 64.** Bui-Mansfield LT, Banks KP, Taylor DC (2007) Humeral avulsion.
- 65.** Robinson G, Ho Y, Finlay K, Friedman L, Harish S: Normal anatomy and common labral lesions at MR arthrography of the shoulder. Clin Radiol 2006 ve 805-21, 61:.
- 66.** Chung CB, Corrente L, Resnick D: MR arthrography of the shoulder. Magn Reson Imaging Clin N Am 2004 ve 12: 25-38, v-vi.
- 67.** Cooper DE, Arnoczky SP, O'Brien SJ, Warren RF, DiCarlo E, Allen AA: Anatomy, histology, and vascularity of the glenoid labrum. An anatomical study. J Bone Joint Surg Am 1992 ve 46-52, 74:.
- 68.** Toprak M, Müftüoğlu A. Anatomi Ders Kitabı. İstanbul Cerrahpaşa Tıp Fakültesi yayınları 1996 ve 66-67.
- 69.** Odar IV. Anatomi Ders kitabı, (.baskı, I.Cilt. İstanbul. Yeni Desen Matbaası 1972 ve 214-22.
- 70.** Morag Y, Jacobson JA, Shields G, Rajani R, Jamadar DA, Miller B, Hayes CW. MR arthrography of rotator interval, long head of the biceps brachii, and biceps pulley of the shoulder. Radiology, 2005. 235(1): p. 21-30.
- 71.** Press., Zlatkin MB. (1991) MRI of the shoulder. New York: Raven.
- 72.** De Maeseneer M, Van Roy P, Shahabpour M: Normal MR imaging anatomy of the rotator cuff tendons, glenoid fossa, labrum, and ligaments of the shoulder. Magn Reson Imaging Clin N Am 2004 ve 12: 1-10, v.
- 73.** Simovitch R, Sanders B, Ozbaydar M, Lavery K, Warner JJ. Acromioclavicular joint injuries: diagnosis and management. Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2009. 17(4): p. 207-219.
- 74.** Mortada MA, Ezzeldin N, Abbas SF, Ammar HA, Salama NA. Multiple versus single ultrasound guided suprascapular nerve block in treatment of frozen shoulder in diabetic patients. J Back Musculoskelet Rehabil. 2017 ve 30(3):537-542.
- 75.** 2004., Jobe CM. Gross anatomy of the shoulder. The shoulder.
- 76.** Halder AM, Itoi E, An K-N. Anatomy and biomechanics of the shoulder. Orthopedic Clinics. 2000 ve 31(2):159-76.
- 77.** Lee S-B, Kim K-J, O'Driscoll SW, Morrey BF, An K-N. Dynamic glenohumeral stability provided by the rotator cuff muscles in the mid-range and end-range of motion: a study in cadavera. JBJS. 2000 ve 82(6):849.
- 78.** Paine RM, Voight M. The role of the scapula. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy. 1993 ve 18(1):386-91.
- 79.** Steven D. Waldman, Atlas of Interventional Pain Management, 4th Edition, 2015, s: 229-234.
- 80.** Timothy S. Mologne. Shoulder Anatomy and Biomechanics . In: Miller M, Thompson S, editors. DeLee & Drez's Orthopaedic Sports Medicine. 4th Edition ve 437-444., 2014. P.
- 81.** Demirhan M., Göksan M.A.: Omuz eklemi biyomekaniği ve kas kontrolü. Acta Orthop. Traumatol. Turc. 27:212- 217, 1993.
- 82.** Daniels L., Worthington C.: Muscle Testing (techniques of manuel examination) p:90-117 W.B.Sounders Company Philadelphia, 1980.
- 83.** Demir, H., Çelik, A.P., Şigan, Y.T., Özsoy, O., Eser C., Altundağ, S. Primer

Adeziv Kapsülitli Olgularda Fizik Tedavi Sonuçları. T. Klinikleri Tıp Bilimleri 1999 ve 19.

84. Güler, M., Kırnap, M., Önder, Ç. Donuk Omuz. Türkiye Klinikleri 1989 ve 9(6):429-434.

85. Owens, H. Physical Therapy of the shoulder, Ed: Donatelli AR, Frozen Shoulder, 3. Edition 1997 ve s.257-258, Churchill Livingstonei New York.

86. Aydeniz A, Gursoy S, Guney E. Which musculoskeletal complications are most frequently seen in type 2 diabetes mellitus J Int Med Res. 2008 ve 36:505–511.

87. Balci N, Balci MK, Tuzuner S. Shoulder adhesive capsulitis and shoulder range of motion in type II diabetes mellitus: Association with diabetic complications. J Diabetes Complications. 1999 ve 13(3):135-140.

88. TASTO, James P. ve ELIAS, David W. Adhesive capsulitis. Sports medicine and arthroscopy review, 2007, 15.4: 216-221.

89. May, Bunker TD. Frozen shoulder: unravelling the enigma. Ann R Coll Surg Engl. 1997 ve 79(3):210-3.

90. Bunker TD, Anthony PP. The pathology of frozen shoulder. A Dupuytren-like disease. J Bone Joint Surg Br. 1995 Sep ve 77(5):677-83.

91. ANDERSEN, Niels H., et al. Frozen shoulder: arthroscopy and manipulation under general anesthesia and early passive motion. Journal of shoulder and elbow surgery, 1998, 7.3: 218-222.

92. KILIÇ, Semra. Donuk omuz tedavisinde enstrüman destekli yumuşak doku mobilizasyonunun etkinliği. Master's Thesis. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

93. BUNKER, T. D. ve ESLER, C. N. Frozen shoulder and lipids. The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume, 1995, 77.5: 684-686.

94. LAUBSCHER, P. H. ve RÖSCH, T. G. Frozen shoulder: A review. SA Orthopaedic Journal, 2009, 8.3: 24-29.

95. IANNOTTI, Joseph P. ve WILLIAMS, Gerald R. (ed.). Disorders of the shoulder: diagnosis & management. Lippincott Williams & Wilkins, 2007.

96. REDLER, Lauren H. ve DENNIS, Elizabeth R. Treatment of adhesive capsulitis of the shoulder. JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2019, 27.12: e544-e554.

97. Grubbs, N. (1993). Frozen shoulder syndrome: a review of literature. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy, 18(3), 479-487.

98. BULSTRODE, Neil. Dupuytren's disease of the hand. The potential for reducing fibrosis using 5-fluorouracil. University of London, University College London (United Kingdom), 2002.

99. Jiirgel J, Rannama L, Gapeyeva H, Ereline J, Kolts I, Pääsuke M. Shoulder function in patients with frozen shoulder before and after 4-week rehabilitation. Medicina (Kaunas). 2005 ve 38, 41: 30–.

100. 4(4):193–196., Reeves B (1975) The natural history of the frozen shoulder syndrome. Scand J Rheumatol.

101. MJ Kelley, PW McClure, BG Leggin. Frozen Shoulder: Evidence and a Proposed Model Guiding Rehabilitation. J Orthop Sports Phys Ther. 2009 ve 135-148., 39(2):.

102. Hand CG, Athanasui NA, Matthews T, Carr AJ. The pathology of frozen shoulder. J Bone Joint Surg Br. 2007 ve 89:928-32.

103. Ozaki J, Nakagawa Y, Sakurai G, Tamai S. Recalcitrant chronic adhesive capsulitis of the shoulder. Role of contracture of the coracohumeral ligament and

rotator interval in pathogenesis and treatment. *J Bone Joint Surg Am.* 1989 ve 71:1511-1515.

104. RIZK, T. E., et al. Adhesive capsulitis (frozen shoulder): a new approach to its management. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 1983, 64.1: 29-33.

105. Siegel LB, Cohen NJ, Gall EP. Adhesive capsulitis: a sticky issue. *Am Fam Physician* 1999 ve 59:1843-52.

106. Chi AS, Kim J, Long SS, Morrison WB, Zoga AC. Non-contrast MRI diagnosis of adhesive capsulitis of the shoulder. *Clin Imaging.* 2017 Jul - Aug ve 44:46-50.

107. BEGGS, Ian. Shoulder ultrasound. In: *Seminars in Ultrasound, CT and MRI.* WB Saunders, 2011. p. 101-113.

108. KLAUSER, Andrea S., FASCHINGBAUER, Ralph ve JASCHKE, Werner R. Is sonoelastography of value in assessing tendons?. In: *Seminars in musculoskeletal radiology.* © Thieme Medical Publishers, 2010. p. 323-333.

109. TANDON, Anupama, et al. Sonography in diagnosis of adhesive capsulitis of the shoulder: a case-control study. *Journal of Ultrasound*, 2017, 20: 227-236.

110. RYU, Kyung Nam, et al. Adhesive capsulitis of the shoulder joint: usefulness of dynamic sonography. *Journal of ultrasound in medicine*, 1993, 12.8: 445-449.

111. VANHOLSBEECK, M. T., VANDERSCHUEREN, G. M. ve WOHLWEND, J. R. Shoulder sonography in adhesive capsulitis. In: *RADIOLOGY. 20TH AND NORTHAMPTON STS, EASTON, PA 18042: RADIOLOGICAL SOC NORTH AMER*, 1997. p. 579-579.

112. LEE, J. C., et al. Adhesive capsulitis: sonographic changes in the rotator cuff interval with arthroscopic correlation. *Skeletal radiology*, 2005, 34: 522-527.

113. HOMSI, Carlos, et al. Ultrasound in adhesive capsulitis of the shoulder: is assessment of the coracohumeral ligament a valuable diagnostic tool?. *Skeletal radiology*, 2006, 35: 673-678.

114. WINN, Naomi, LALAM, Radhesh ve CASSAR-PULLICINO, Victor. Sonoelastography in the musculoskeletal system: current role and future directions. *World journal of radiology*, 2016, 8.11: 868.

115. Bamber J, Cosgrove D, Dietrich CF, Fromageau J, Bojunga J, Calliada F, vd. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1: Basic principles and technology. *Ultraschall Med Stuttg Ger* 1980. 2013 ve 34:169-84.

116. Correias JM, Pol S. [New developments in ultrasound imaging for chronic liver diseases: from anatomic imaging to structural and functional imaging]. *Presse Medicale Paris Fr* 1983. 2012 ve 41:153-68.

117. Ozkan F, Yavuz YC, Inci MF, Altunoluk B, Ozcan N, Yuksel M, vd. Interobserver variability of ultrasound elastography in transplant kidneys: correlations with clinical-Doppler parameters. *Ultrasound Med Biol.* 2013 ve 39:4-9.

118. Yerli H, Yilmaz T, Kaskati T, Gulay H. Qualitative and semiquantitative evaluations of solid breast lesions by sonoelastography. *Journal of Ultrasound in Medicine.* 2011 ve 30(2):179-86.

119. Insana MF, Pellot-Barakat C, Sridhar M, Lindfors KK. Viscoelastic imaging of breast tumor microenvironment with ultrasound. *Journal of mammary gland biology and neoplasia.* 2004 ve 9(4):393-404.

120. 2003, Hall TJ. AAPM/RSNA physics tutorial for residents: topics in US: beyond the basics: elasticity imaging with US. *Radiographics.* ve 23(6):1657-71.

121. Shiina T, Nightingale KR, Palmeri ML, Hall TJ, Bamber JC, Barr RG, et al.

- WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 1: basic principles and terminology. *Ultrasound in medicine & biology*. 2015 ve 41(5):1126-47.
- 122.** Cosgrove D, Piscaglia F, Bamber J, Bojunga J, Correias JM, Gilja OH, vd. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 2: Clinical applications. *Ultraschall Med Stuttg Ger* 1980. 2013 ve 34:238-53.
- 123.** 2014., Hasdemir E. Polisitemia vera olgularında JAK2 V617F mutasyon durumunun plazma viskozitesi ile ilişkisinin araştırılması.
- 124.** Khaled W, Ermert H. Ultrasonic strain imaging and reconstructive elastography for biological tissue. *Bioengineering in cell and tissue research: Springer* ve 103-32., 2008. p.
- 125.** 2007, Garra BS. Imaging and estimation of tissue elasticity by ultrasound. *Ultrasound quarterly*. ve 23(4):255-68.
- 126.** Kato K, Sugimoto H, Kanazumi N, Nomoto S, Takeda S, Nakao A. Intra-operative application of real-time tissue elastography for the diagnosis of liver tumours. *Liver Int Off J Int Assoc Study Liver*. 2008 ve 28:1264-71.
- 127.** Melodelima D, Bamber JC, Duck FA, Shipley JA. Transient elastography using impulsive ultrasound radiation force: a preliminary comparison with surface palpation elastography. *Ultrasound Med Biol*. 2007 ve 33:959-69.
- 128.** Song P, Zhao H, Manduca A, Urban MW, Greenleaf JF, Chen S. Comb-push ultrasound shear elastography (CUSE): a novel method for two-dimensional shear elasticity imaging of soft tissues. *IEEE Trans Med Imaging*. 2012 ve 31:1821-32.
- 129.** Dhyani M, Anvari A, Samir AE. Ultrasound elastography: liver. *Abdominal imaging*. 2015 ve 40(4):698-708.
- 130.** Gill GV, Daousi C, Barnett AH, Bain SC. Chronic kidney disease in long duration type 1 diabetes lasting more than 50 years. *Curr Med Res Opin*. 2009 ve 25:395-400.
- 131.** GILL, G. V., et al. Chronic kidney disease in long duration type 1 diabetes lasting more than 50 years. *Current medical research and opinion*, 2009, 25.2: 395-400.
- 132.** NIGHTINGALE, Kathryn, MCALEAVEY, Stephen ve TRAHEY, Gregg. Shear-wave generation using acoustic radiation force: in vivo and ex vivo results. *Ultrasound in medicine & biology*, 2003, 29.12: 1715-1723.
- 133.** Lee MH, Ahn JM, Muhle C, et al. Adhesive capsulitis of the shoulder: diagnosis using magnetic resonance arthrography, with arthroscopic findings as the standard. *J Comput Assist Tomogr* 2003 ve 27:901-6.
- 134.** Mengiardi B, Pfirrmann C, Gerber C, Hodler J, Zanetti M. Frozen Shoulder: MR Arthrographic Findings. *Radiology*. 2004 ve 233(2):486-92.
- 135.** Connell D, Padmanabhan R, Buchbinder R. Adhesive Capsulitis: Role of MR Imaging in Differential Diagnosis. *Eur Radiol*. 2002 ve 12(8):2100-6.
- 136.** Zappia M, Di Pietto F, Aliprandi A et al. Multi-Modal Imaging of Adhesive Capsulitis of the Shoulder. *Insights Imaging*. 2016 ve 7(3):365-71.
- 137.** Yeşildağ A, Oyar O. Manyetik rezonans görüntüleme fiziği. Oyar O, Gülsoy UK ed. *Tıbbi Görüntüleme Fiziği*. Tisamat Basım, Ankara, 2003:281-372.
- 138.** Chavhan GB, Babyn PS, Jankharia BG, Cheng HL, Shroff MM. Steady-State MR Imaging Sequences: Physics, Classification, and Clinical Applications, July-August 2008 ve Volume 28, Issue 4.

139. Williams&Wilkins, Grossman CB. Physical Principles of Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging. Magn. Reson. Imaging Comput. Tomogr. Head Spine. 2nd ed., 1996 ve 10–58.
140. 2005:199-201., Pınar T. Temel Radyoloji Fiziki. TRD Sempozyum Kitabı.
141. MRI. Physics, Evert J Blink Application Specialist MRI, 2004.
142. Krouskop TA, Dougherty DR, Vinson FS. A pulsed Doppler ultrasonic system for making noninvasive measurements of the mechanical properties of soft tissue. J Rehabil Res Dev. 1987 ve 24:1-8.
143. DAVID D. STARK, WILLIAM G. BRADLEY, Magnetic Resonance Imaging (Second Edition), Mosby-Year Book ,ISBN: 0801649307 , 1992.
144. OPSHA, Oleg, et al. MRI of the rotator cuff and internal derangement. European journal of radiology, 2008, 68.1: 36-56.
145. STEINBACH, Lynne S. MRI of shoulder instability. European journal of radiology, 2008, 68.1: 57-71.
146. YUN, Seong Jong, et al. Shear-wave and strain ultrasound elastography of the supraspinatus and infraspinatus tendons in patients with idiopathic adhesive capsulitis of the shoulder: a prospective case-control study. Korean journal of radiology, 2019,.
147. IBRAHİM, M., et al. Efficacy of a static progressive stretch device as an adjunct to physical therapy in treating adhesive capsulitis of the shoulder: a prospective, randomised study. Physiotherapy, 2014, 100.3: 228-234.
148. GAUJOUX-VIALA, Cécile, DOUGADOS, Maxime ve GOSSEC, Laure. Efficacy and safety of steroid injections for shoulder and elbow tendonitis: a meta-analysis of randomised controlled trials. Annals of the rheumatic diseases, 2009, 68.12: 1843-1849.
149. BUCHBINDER, Rachelle, et al. Short course prednisolone for adhesive capsulitis (frozen shoulder or stiff painful shoulder): a randomised, double blind, placebo controlled trial. Annals of the rheumatic diseases, 2004, 63.11: 1460-1469.
150. Vermeulen HM, Obermann WR, Burger BJ, Kok GJ, Rozing PM, van Den Ende CH. End-range mobilization techniques in adhesive capsulitis of the shoulder joint: A multiple-subject case report. Phys Ther. 2000 ve 80:1204-1213.
151. JEROSCH, Joerg. 360 arthroscopic capsular release in patients with adhesive capsulitis of the glenohumeral joint–indication, surgical technique, results. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2001, 9.3: 178-186.
152. AKPINAR, Sercan, et al. Arthroscopic capsular release for frozen shoulder. Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica, 2003, 37.3: 213-218.
153. OMARI, Abdullah ve BUNKER, Timothy D. Open surgical release for frozen shoulder: surgical findings and results of the release. Journal of Shoulder and Elbow Surgery, 2001, 10.4: 353-357.
154. http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/.
155. PARK, Jina, et al. Anterior capsular abnormality: another important MRI finding for the diagnosis of adhesive capsulitis of the shoulder. Skeletal Radiology, 2019, 48: 543-552.
156. NAKANDALA, Piumi, et al. The efficacy of physiotherapy interventions in the treatment of adhesive capsulitis: A systematic review. Journal of back and musculoskeletal rehabilitation, 2021, 34.2: 195-205.
157. RAMIREZ, Jason. Adhesive capsulitis: diagnosis and management. American family physician, 2019, 99.5: 297-300.

- 158.** Tuite MJ, Small KM. Imaging Evaluation of Nonacute Shoulder Pain. *AJR Am J Roentgenol.* 2017 Sep ve 209(3):525–33.
- 159.** RYU, JeongAh ve JEONG, Woo Kyoung. Current status of musculoskeletal application of shear wave elastography. *Ultrasonography,* 2017, 36.3: 185.
- 160.** DEPALMA, Anthony F. The classic. Loss of scapulohumeral motion (frozen shoulder). *Ann Surg.* 1952 ve 135: 193-204. *Clinical orthopaedics and related research,* 2008, 466.3: 552-560.
- 161.** YASUDA, Kazunori ve HAYASHI, Kozaburo. Changes in biomechanical properties of tendons and ligaments from joint disuse. *Osteoarthritis and Cartilage,* 1999, 7.1: 122-129.
- 162.** WADA, Tomoki, et al. Increased stiffness of rotator cuff tendons in frozen shoulder on shear wave elastography. *Journal of Ultrasound in Medicine,* 2020, 39.1: 89-97.
- 163.** WU, Chueh-Hung, CHEN, Wen-Shiang ve WANG, Tyng-Guey. Elasticity of the coracohumeral ligament in patients with adhesive capsulitis of the shoulder. *Radiology,* 2016, 278.2: 458-464.
- 164.** OZBALCI, Aysu Basak ve PISKIN, Ahmet. Clinical Significance of Shear Wave Ultrasound Elastography in Patients With Idiopathic Adhesive Capsulitis: Can It Be Used Instead of Magnetic Resonance Imaging as an Early Indicator?. *Ultrasound Quarterly,* 2022, 38.3:.
- 165.** BANG, Yun-Sic, et al. Value of anterior band of the inferior glenohumeral ligament area as a morphological parameter of adhesive capsulitis. *Pain Research and Management,* 2019, 2019.
- 166.** MICHELIN, Paul, et al. Thickening of the inferior glenohumeral capsule: an ultrasound sign for shoulder capsular contracture. *European radiology,* 2013, 23: 2802-2806.
- 167.** Lee J-G, Peo H, Cho J-H, Cho C-H, Kim D-K, Kim D-H. Dynamic Ultrasonographic Measurement of Inferior Joint Capsule Thickness in Patients with Unilateral Frozen Shoulder. *Diagnostics (Basel, Switzerland).* 2021 May ve 11(5).
- 168.** Sigrist RMS, Liao J, Kaffas A El, Chammass MC, Willmann JK. Ultrasound Elastography: Review of Techniques and Clinical Applications. *Theranostics.* 2017 ve 7(5):1303–29.
- 169.** Kim I, Yi JH, Lee J, Bae JH, Lim J-K, Yoon JP, et al. Limited subacromial gliding of the supraspinatus tendon during dynamic ultrasonography can predict a decrease in capacity and MR arthrographic features of the shoulder joint. *Eur Radiol.* 2012 Nov ve 22(1).
- 170.** ZHANG, Jingfeng, et al. Shear wave elastography of the coracohumeral ligament with frozen shoulder in different stages. *Journal of Ultrasound in Medicine,* 2022, 41.10: 2527-2534.
- 171.** BURGESS, K. E., et al. Tendon structural and mechanical properties do not differ between genders in a healthy community-dwelling elderly population. *Journal of orthopaedic research,* 2009, 27.6: 820-825.
- 172.** ROUGEREAU, Grégoire, et al. A Preliminary Study to Assess the Relevance of Shear-Wave Elastography in Characterizing Biomechanical Changes in the Deltoid Ligament Complex in Relation to Ankle Position. *Foot & Ankle International,* 2022, 43.6: 840-849.

