

Rotator manşet: Görüntüleme

Diagnostic imaging of the rotator cuff

Remide ARKUN

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı

Rotator manşet değerlendirilmesinde, görüntüleme yöntemlerinin önemi invaziv olmayan tekniklerin gelişimi ile artmıştır. En uygun teknik uygulama, klinik bulgular eşliğinde anatominin ve yarılmanın iyi bilinmesi tanı doğruluğunu artırıcı etkenlerdir. Ultrason ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) rotator manşet patolojilerinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ultrasonun tam kat kalınlık yırtığında tanı doğruluk oranı yüksektir. Kullanıcıya bağımlı olması, öğrenme süresinin uzunluğu yöntemin dezavantajlarıdır. Ancak her iki yöntem de gelişmiş cihazları gerektirir ve her iki yöntemle de kısmi yırtık ile küçük tam kat kalınlık yırtığının ayrımı zordur. Tam kat kalınlık yırtığı bulunan hastalarda, görüntüleme yöntemleri cerrahi tedaviyi değiştirecekse, MRG kullanılabilir. Ultrason ile tendinozis saptanan olgularda MRG endikasyonu yoktur. Ancak, konservatif tedaviye yanıt vermeyen olgularda kısmi yırtık veya şüpheli küçük tam kat kalınlık yırtığının değerlendirilmesinde MRG veya MR artrografi yapılabilir. Rotator manşetin değerlendirilmesinde klinik bulgular iyi bilinmeli ve radyolog ve ortopedist birlikte çalışmalıdır. İncelemelerin kas-iskelet radyoloğu tarafından yapılması tanı doğruluğunu artıracaktır.

The importance of imaging modalities in the evaluation of the rotator cuff has increased thanks to the development of non-invasive methods. An optimum application of the technique, appreciation of the anatomical details and imaging pitfalls, and proper interpretation of clinical findings should be incorporated in order to increase diagnostic accuracy. Ultrasonography (US) and magnetic resonance imaging (MRI) are commonly used for rotator cuff pathologies. The former has a high diagnostic accuracy in full-thickness tears, but requires operator dependency and long-term training. Both US and MRI require sophisticated equipment and present difficulties in distinguishing between partial and small full-thickness tears. In full-thickness tears, MRI may be more appropriate if imaging findings are likely to alter the course of surgical treatment. However, it is not necessary in patients in whom US may clearly show tendinosis. Magnetic resonance imaging or MR arthrography may be required in order to evaluate partial tears or suspicious small full-thickness tears in patients unresponsive to conservative therapy. A close collaboration is essential between the radiologist and the shoulder surgeon in the interpretation of clinical findings. The diagnostic accuracy will increase if the examinations are performed by a musculoskeletal radiologist.

Görüntüleme teknolojisinde geçtiğimiz 25 yıllık süreçte birbirini izleyen gelişmeler, vücudun en kompleks eklemlerinden biri olan omuz eklemine ait kemik ve yumuşak doku komponentlerinin anatomisinin daha iyi anlaşılmasını sağlamış ve patolojik değişiklikleri tanımlamada yeni ufuklar açmıştır. Omuz ekleminde, özellikle eklemi çevreleyen ve fonksiyonu sağlayıcı özellikteki rotator manşete ait görüntüleme özelliklerinin iyi

bilinmesi, sık görülen bir klinik sorun olan omuz ağrısının değerlendirilmesinde radyolog ve ortopedist açısından önem taşımaktadır. Modern tıpta radyoloğa düşen görev, en çabuk, en doğru ve en ucuz şekilde tanı koymak ve hastanın tedavisini yönlendirmektir. Ortopedist ise bu yöntemlerden en yüksek yararı sağlayabilecek kadar görüntüleme teknikleri ve tanı algoritması hakkında bilgi sahibi olmalıdır.

Rotator manşet görüntülenmesinde, uzun yıllar indirekt tanı yöntemleri olan direkt radyografik incelemeler ve tek veya çift kontrast artrografi kullanılmıştır. Daha sonra, bilgisayarlı tomografinin (BT) kullanıma girmesiyle birlikte, artrografik incelemeler bu yöntem ile korele edilmiştir. Ancak aksiyel planda elde edilen görüntüler, rotator manşetin subskapularis ve infraspinatus komponentlerini daha iyi görüntülerken, patolojik değişikliklerin büyük bir kısmının olduğu supraspinatus patolojilerinde yetersiz kalmıştır. Ayrıca bu yöntem, verdiği bilgiyle karşılaştırıldığında invaziv özelliği ile de fazla yarar bulmamıştır. Ultrasonografi (US), radyolojik görüntüleme yöntemlerine yeni bir boyut kazandırmış; X-ışını ile değerlendirilemeyen yumuşak dokuları da görünür hale getirmiştir. Ultrasonografi ile ayrıca ilk kez, fonksiyona yönelik bilgiler de elde edilmiştir. Ancak, daha sonra da belirtileceği gibi, US kullanıcıya ve kullanılan cihazın teknolojisine bağımlı bir yöntemdir; literatürde rotator manşet patolojilerinin tanısında çok değişik sonuçlar bildirilmiştir. Radyolojik görüntüleme teknolojisinin bugün ulaştığı en son boyut olan manyetik rezonans görüntüleme (MRG), özellikle kas iskelet sisteminde, eklemde çok değişik özellik gösteren kemik, kırık, tendon, bağ ve kas gibi tüm komponentlerini görüntüleyebilmektedir. Burada, kullanıcı faktörü kısmen ortadan kalkmakta; anatomik detaya, yöntemin multiplanar görüntüleme özelliği ile kolayca ulaşılabilmektedir. Ancak MRG yalnız ülkemiz koşullarında değil, tüm dünyada halen pahalı bir tanı yöntemidir ve tanı duyarlılığı cihaz teknolojisine bağımlıdır.

Rotator manşetin görüntüleme özellikleri tanımlanırken, yukarıda belirtilen yöntemlerden bugün rutin kullanıma elverişli olan US ve MRG üzerinde durulacaktır. Bu yöntemlerin daha iyi anlaşılabilmesi için ilk bölümde teknik özellikler ve rotator manşetin normal US ve MRG özellikleri, daha sonraki bölümlerde ise her iki yöntemle ait patolojik değişiklikler, yanılgılar ve tanı algoritması tanımlanacaktır.

Teknik özellikler, normal US ve MRG bulguları

Ultrasonografi

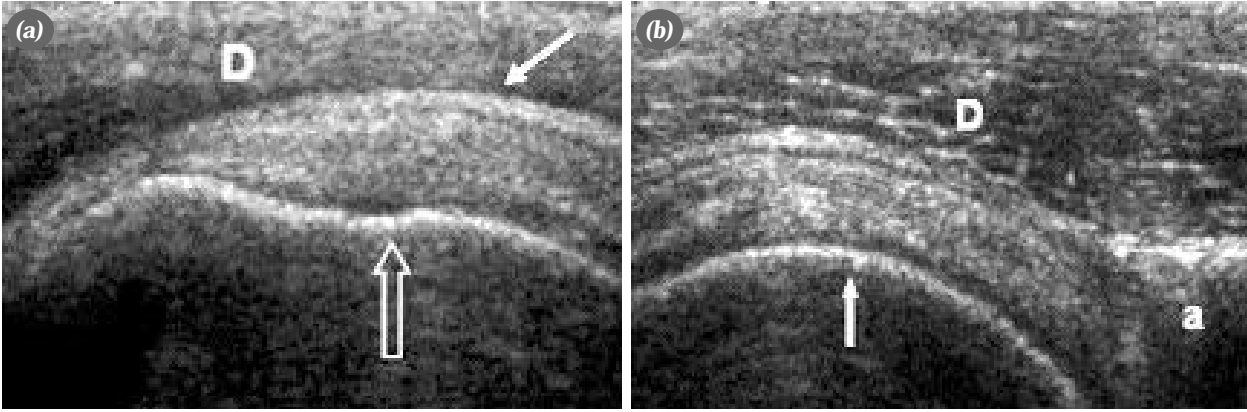
Teknik özellikler

Rotator manşet görüntülenmesinde US kullanımına ait ilk yayın 1979 yılına aittir.^[1-3] Rotator manşetin incelenmesinde yüksek rezolüsyonlu lineer

prob kullanılmaktadır. Bu transdüserler geniş bant teknolojisine sahiptir; frekansı 5 MHz'nin aşağısında olmamalı, tercihen de hastanın kalınlığına bağlı olarak 7.5-13 MHz arasında değişmeli ve elektronik odaklı olmalıdır. Bu şekilde, geniş görüş açılı ve uniform bir görüntü elde etmek mümkündür.^[4] Sektör veya "curved lineer" tarayıcı, anizotropi etkisine neden olacağından kullanılmamalıdır. Ultrasonografi öncesi, yanıtıcı faktörlerin en aza indirilmesi için hastanın direkt radyogramlarının bulunması gereklidir. İncelemeye mutlaka yakınma olmayan normal omuzdan başlanmalı; hastanın iki omuzunda da yakınma varsa yakınmanın daha tolere edilebilir olduğu tarafa öncelik verilmelidir.^[1,4-6] Enflamatuvar patolojilerin değerlendirilmesinde akut ve kronik faz ayrımında power Doppler US yararlıdır.^[4,5]

Normal anatomi ve inceleme yöntemi

Rotator manşeti oluşturan subskapularis, supraspinatus, infraspinatus ve teres minör tendonları sırasıyla incelenmelidir. Kas iskelet sistemine ait yapılardan rotator manşetin de içinde yer aldığı tendinöz yapılar, içerdikleri kollajen nedeniyle hiperekojen özellikte izlenir. Hiyalin kırık ve sıvılar hipoekoik özellikteyken, kas planları içinde yer yer lineer ekojenik yapılar içeren mikst ekopatemi gösterir. Ses geçirmez özellikte olan kortikal kemik ise, lineer hiperekojen yapı şeklinde izlenir.^[4] Rotator manşetin US incelemesinde, hasta hekimin karşısında oturur pozisyonudadır. İncelemede dikkat edilecek bir başka yapı da biceps tendonudur; US incelemesinde de öncelikle bu tendon lokalize edilir. Humerus 10-20 derece internal rotasyonda ve dirsek eklemi fleksiyondayken, transdüser transvers planda, humerus uzun eksenine dik olarak uygulanır. Biceps tendonu, intertüberküler olukta ekojenik yuvarlak veya oval bir yapı şeklindedir. Daha sonra transdüser bu alanda humerusun uzun eksenine paralel hale getirilerek, tendonun fibriler yapısı değerlendirilir. Ardından transdüser tekrar transvers plana getirilerek, subskapularis kasının muskulotendinöz parçası ve tendonu, biceps tendonunun mediyalinde, proksimalinde ve deltoid kasın altında üçgen tarzında hiperekojen bir yapı olarak seçilir. Sonra, transdüser daha kranyale doğru yönlendirilerek, supraspinatus tendonu incelenmeye başlanır. Koronal planda supraspinatus tendonu üçgen şeklinde ve hiperekojen özelliktedir. Humerus nötral pozisyondayken supraspinatus tendonun büyük bir bölümü akromiyonun altında yer aldığı için, bu tendonun değerlendirilmesinde kol internal rotasyon-



Şekil 1. Supraspinatus tendonunun normal US görünümü. **(a)** Longitudinal (açık beyaz ok: humerus başı; beyaz ok: peribursal yağ dokusu; D: deltoid kas). **(b)** Transvers planda supraspinatus tendonu homojen hiperekoik yapıda izleniyor (beyaz ok: humerus başı; D: deltoid kas; a: akromiyon).

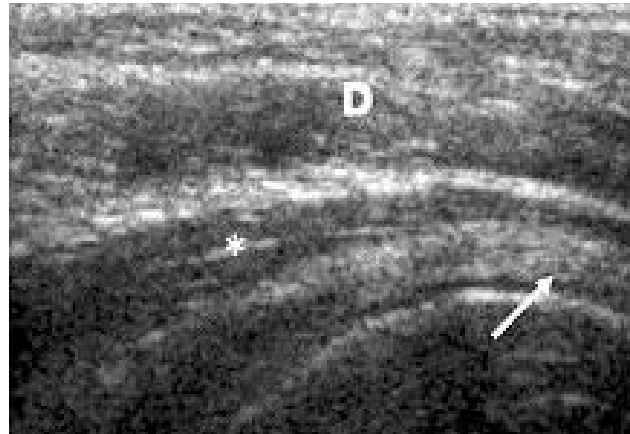
da, abduksiyonda ve hiperekstansiyonda tutulur; hastadan elini sırtına doğru yerleştirilmesi istenir. Ağrılı omuzda yapılması zor olan bu hareket için hastadan diğer eli ile ağrılı tarafa destek vermesi istenebilir. Koronal planda supraspinatus tendonu, tepesi humerus büyük tüberkülünde sonlanan homojen hiperekojen bir yapıdır; mediyalde tabanı akromiyona uzanır. Supraspinatus tendonunun üst yüzü ile deltoid kas arasında subakromiyo-subdeltoid bursa bulunur. Ancak, normalde sıvı içermeyen bu yapı, US ile çevresindeki ekojenik peribursal yağ dokusu nedeniyle indirekt olarak değerlendirilir. Tendon daha sonra, transdüser 90 derece çevrilerek transvers planda değerlendirilir. Bu planda yüzeyden derine doğru cilt ve cilt altı yağ dokusu, hipoeoik özellikte deltoid kas, ince lineer ekojenik özellikte peribursal yağ dokusu, bir bant şeklinde hiperekojen supraspinatus tendonu, humerus başına ait hipoeoik hiyalin kıkırdak ve ekojenik korteks izlenir (Şekil 1). Supraspinatus tendonundan sonra, transdüser daha posteriora doğru, spina skapulanın inferioruna doğru yönlendirildiğinde, longitudinal ve transvers planlarda infraspinatus tendonu değerlendirilir (Şekil 2). Burada tendon supraspinatustan daha incedir; infraspinatus kası da tendonla birlikte inceleme alanına dahildir. Supraspinatusun inferiorunda, içindeki lineer ekojenik yapıları daha oblik seyreden teres minör da değerlendirilmelidir.^[1,3-8]

Manyetik rezonans görüntüleme

Teknik özellikler

Manyetik rezonans görüntüleme, yumuşak doku rezolüsyonu yüksek ve multiplanar görüntüleme yapabilme kapasitesine sahip bir yöntemdir ve omuz

ekleminde 1986 yılından beri kullanılmaktadır.^[1] Kas iskelet sistemindeki kullanımında en büyük avantajı, bir eklemde ait intra- ve ekstraartiküler yapıların tamamını yukarıda tanımlanan özellikleri ile görünür kılmaktır. Manyetik rezonans görüntüleme, radyasyon içermeyen ve invaziv olmayan bir yöntemdir; ancak maliyeti halen yüksektir. Omuz eklemine ve dolayısıyla rotator manşetin görüntülenmesinde amaç, en yüksek sinyal rezolüsyonu, yani doku çözünürlüğüne ulaşmaktır. Bu amaçla kullanılacak alemin gradient gücü yüksek olmalıdır. Günümüzde kullanılan açık MRG cihazlarında, kas iskelet sistemi için en uygun gradient gücüne erişmek mümkün değildir. İncelemede hasta MRG masasına sırtüstü yatırılır, kolu eksternal rotasyona getirildikten sonra omuz eklemine yönelik yüzey sarmalı kullanılır. Bu pozisyonda, rotator manşetin en önemli bölümünü



Şekil 2. İnfraspinatus kas ve tendonunun normal US görünümü (beyaz ok: tendinöz bölüm; *: infraspinatus kasının supraspinatusla komşu bölümü, D: deltoid kas).



Şekil 3. Supraspinatus kasının oblik koronal planda normal MR görünümü. (a) SE T₁-A (T₁-ağırlıklı spin-eko); (b) TSE T₂-A (T₂-ağırlıklı turbo-spin-eko) (yağ baskılamalı). Tendon homojen hipointens (beyaz ok) izleniyor.

oluşturan supraspinatus, standart inceleme planları olan oblik koronal ve oblik sagittal plana dik gelir ve daha sonraki bölümlerde tanımlanacak olan yanılıklar azaltılabilir.^[1] Omuz MRG incelemesinde mutlaka üç plan görüntü elde edilmeli; en uygun spatial ve kontrast rezolüsyonu sağlanmalı ve inceleme mümkün olan en kısa sürede bitirilmelidir.^[1,9] Radyolojik olarak rutin MRG ile sınırlı bilgi elde edilen durumlarda, omuz eklemi içine paramanyetik kontrast madde verilerek MR arthrografi (MR-A) yapılmaktadır. Ancak, burada yöntem invaziv özellik kazanmakta ve inceleme süresi uzamaktadır. Bu yöntemin rotator manşet için en önemli endikasyonu, eklem yüzünde oluşmuş kısmi yırtığın küçük tam kat kalınlık yırtığından ayrılmasıdır.

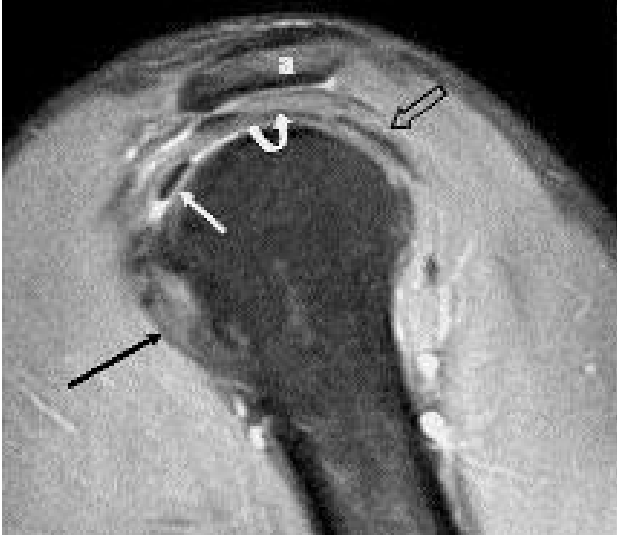
Normal anatomi

Rotator manşet tendonlarından supraspinatus en iyi oblik koronal planda şekillenir. Supraspinatus, humerus büyük tüberkülüne anterolateralde yapışır ve bu alanda vücudun koronal planı ile 45 derece açı yapar. Oblik koronal planda supraspinatus kası ve muskulotendinöz parçası intermediate sinyal özelliği gösterirken, tendon sinyalsizdir (Şekil 3). Subskapularis, infraspinatus ve teres minör kas ve tendonları en iyi aksiyel planda görüntülenir. Subskapularis, skapulanın anteriorunda seyredir; 4-6 tendondan oluşan muskulotendinöz parça daha sonra tek tendon olarak eklem kapsülünün anteriorundan geçerek, humerus küçük tüberkülüne yapışır. İnfraspinatus ve distalindeki teres minör ise, posteriorda humerus büyük

tüberkülünün inferoposterioruna yapışır (Şekil 4). Oblik sagittal plan ise, bu dört tendonun humerus başı ile ilişkisini ve rotator interval yapılarını görüntüleme önem taşır (Şekil 5). Subakromiyo-subdeltoid bursadaki patolojik sıvı birikimi en iyi bu planda görüntülenir. Ayrıca, subakromiyal mesafedeki daralma da bu planda değerlendirilir.^[1,9]



Şekil 4. Subskapularis ve infraspinatus tendon ve kaslarının normal MR görüntüsü. TSE T₂-A (Yağ baskılamalı) aksiyel görüntüde humerus başının anteriorunda subskapularis tendonu (siyah ok) ve subskapularis kası (**), posteriorda derinde infraspiantus tendonu (beyaz ok) ve kası (*) ile yüzye de deltoid kas (D) izleniyor.



Şekil 5. Rotator manşet tendonlarının TSE T₂-A (yağ bas-kılamalı) oblik sagittal MR görüntüsünde humerus başının anteriorunda uzun segmentte başa paralel subskapularis tendonu (siyah ok), humerus başı ile akromiyon (a) arasında superiorda supraspinatus tendonu (kıvrık ok), başın posteriorunda infraspinatus tendonu (açık siyah ok) ve rotator intervalde supraspinatus ve subskapularis tendonları arasında sinyalsiz biceps tendonu (beyaz ok).

Patolojik değişiklikler

Ultrasonografi

Rotator manşette, bugün geçerliliği tartışılmakla birlikte, daha çok ekstrensek, kısmen de intrensek mekanizmalarla, tendonda tendinozisten başlayan ve yırtıkla sonlanan bir dizi değişiklik meydana gelmektedir.^[1,8,10,11] Yırtık daha çok supraspinatus tendonunda olmak üzere tam kat kalınlık yırtığı, supra- ve

infraspinatusu tutan masif yırtık veya tendonun eklem veya bursal yüzünü tutan kısmi yırtık şeklinde görülebilir. Tam kat kalınlık yırtığında aşağıdaki US ölçütleri önemlidir:^[1,3-5,8-12]

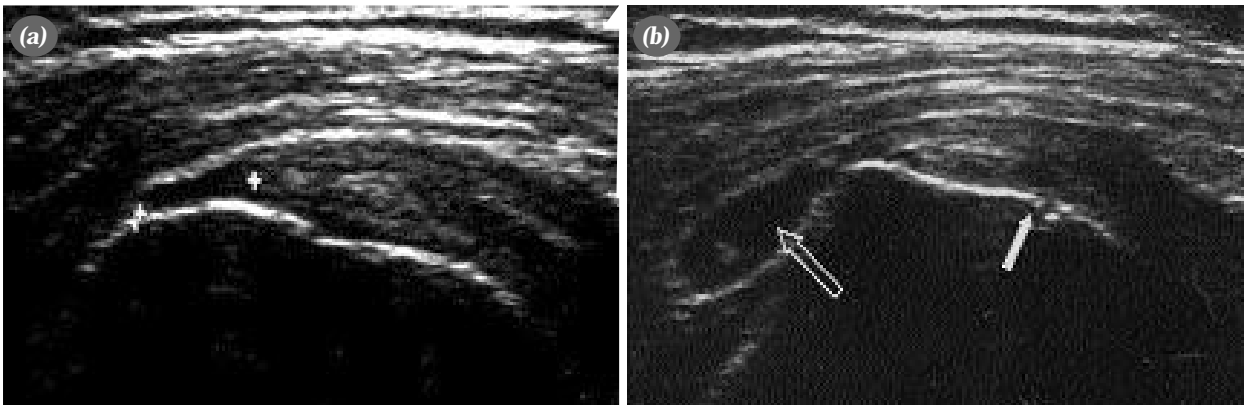
1. Tendonun izlenememesi.
2. Deltoid kasın humerus başı üzerine apozyonu.
3. Tendonda fokal hipoekoik alan.
 - a. Transvers ve longitudinal planda kalıcı.
 - b. Kompresyonla boyutu artar.
4. Tendonun dış yüzünde konveksite kaybı.
5. Subakromiyal-subdeltoid bursada sıvı (Şekil 6, 7).

Kısmi yırtıklarda ise aşağıdaki bulgular izlenir:^[1,3-6,8,11]

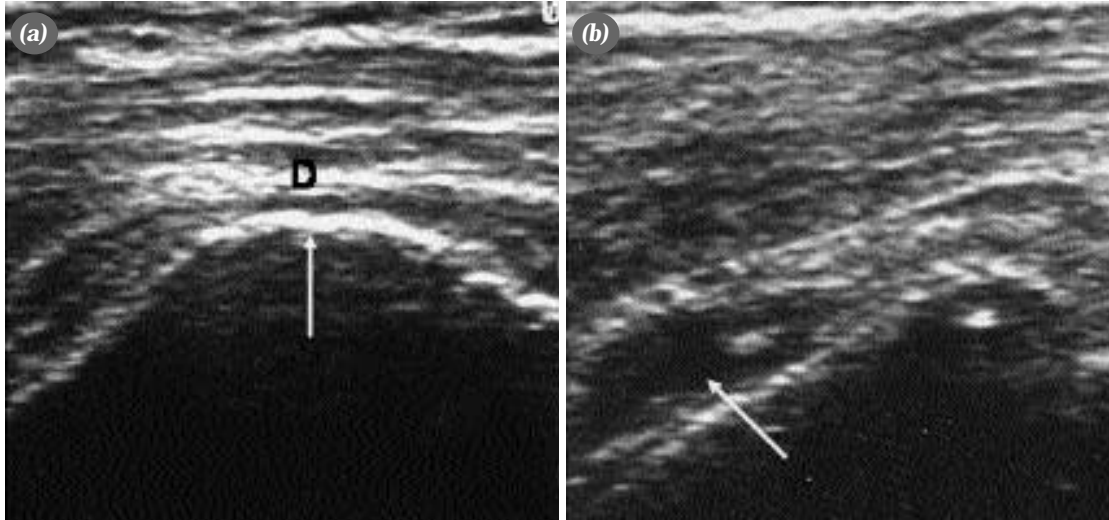
1. Tendon içinde fokal hipoekoik alan.
2. Tendonda incelleme.
3. Tendon içinde lineer ekojenik odak.
4. Bursal yüzde hafif düzleşme.
5. Derin eklem yüzünde fokal hipo veya mikst eko yapısı gösteren defekt (Şekil 8, 9).

Tendon içinde ekojenik fokus veya santral ekojenik bant, daha çok kronik faz yırtıklarının bulgusudur; yırtık alanı içine bursa proliferasyonu ve granülasyon dokusu birikimine bağlıdır. Bu alanda histolojik olarak dağınık granülasyon dokusu vardır.^[10]

Tendonda ilerleyici dejenerasyonun bulgusu olan ve yırtıktan önce görülen tendinoziste ise, Neer sınıflamasına göre birinci evrede tendonda diffüz eko azalması ile birlikte inhomojen eko paterni izlenirken, ikinci evrede tendonda düzensiz incelleme ve yer yer artmış ekopaternalin eşlik ettiği inhomojen görü-



Şekil 6. Supraspinatusta tam kat kalınlık yırtığı, US incelemede longitudinal görüntüde; (a) tendonda fokal hipoekoik alan (+ + işaretleri arası); (b) humerus başında düzensizlik (beyaz ok) ve subakromiyal-subdeltoid bursada sıvı (açık beyaz ok).



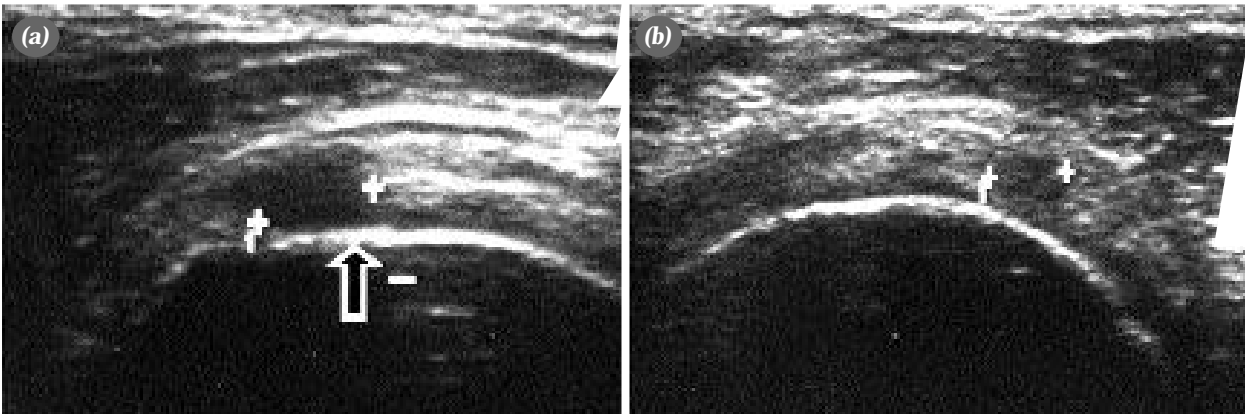
Şekil 7. Supraspinatusta tam kat kalınlık yırtığı, US incelemede (a) transvers görüntüde deltoid kasın humerus başı üzerine apozisyonu (beyaz ok: humerus başı; D: deltoid kas); (b) longitudinal görüntüde subakromiyo-subdeltoid bursada sıvı (beyaz ok).

nüm vardır. Tendonun eklem veya bursal yüzeyinde düzensizlik yoktur ve tendon devamlılığını korumaktadır.^[5,13]

Ultrasonografi kullanımının rotator manşet tam veya kısmi yırtıklarının tanısındaki değerine ait pek çok yayın vardır. Tam kat kalınlık yırtıklarının tanısında US duyarlılığı %57-100, özgüllüğü %50-98 arasında bildirilmiştir. Yöntemin kullanılmaya başlandığı ilk yıllarda %90 gibi yüksek sonuçlar bildirilirken, daha sonra bu oranlar MRG'nin yaygın kullanımı ile belirgin oranda düşmüş, son 10 yılda ise tekrar yükselme göstermiştir. Bu çalışmalardaki farklılık kullanıcı farklılığından, çalışmalardaki hasta popülasyonunun değişkenliğinden ve kullanılan

cihazın teknik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, bazı ülkelerde US incelemesi radyoloji kliniklerinde, doktor dışı teknik personelce gerçekleştirilmekte; daha sonra bu görüntüler radyologlarca yorumlanmaktadır. Bu da yöntemin duyarlılık ve özgüllüğünü etkilemektedir.^[1,7,10-13]

Ultrasonografi ile saptanan yırtık boyutunun cerrahiyle korelasyonu üzerine çeşitli çalışmalar vardır. Wiener ve Seitz^[8] 800 hastalık çalışmalarında, yırtık boyutunu saptamada US için %91 oranında duyarlılık, %94 oranında özgüllük bildirmişlerdir. Ancak, yırtık boyutunun cerrahi sonuçlarla karşılaştırıldığı çalışmalarda, özellikle supraspinatusun anteriorunda lokalize yırtıklarda US sonuçlarının ameliyat sonuç-



Şekil 8. Supraspinatusta kısmi yırtık, US incelemede transvers görüntüde; (a) geniş kısmi yırtığa ait tendonun humerus başına komşu yüzünde bursal yüze uzanmayan fokal hipoekoik alan (++ işaretleri arası); (b) tendonun orta bölümünde daha küçük boyutlu kısmi yırtığa ait fokal hipoekoik alan (++ işaretleri arası).

larına göre daha düşük değerde olduğu bildirilmiştir.^[12] Ayrıca, özellikle küçük boyutlu yırtıklarda, yırtık boyutunu belirlemede US başarısının daha düşük olduğunu belirtilmiştir.^[11]

Kısmi yırtıkların tanısında duyarlılık ve özgüllük, tam kat kalınlık yırtıklarına göre daha düşüktür. Özellikle, küçük tam kat kalınlık yırtıkları ile kısmi yırtıkları ayırmada güçlük çekilmektedir. Tam kat kalınlık yırtıkları yukarıda da belirtildiği gibi transdüserin kompresyonu ile büyümekte, kısmi yırtıklarda ise bir değişiklik olmamaktadır.^[3,10] Van Holsbeeck ve ark.^[6] US ile, kısmi yırtıklarda duyarlılığı %93, özgüllüğü %94 bulmuşlardır. Başka çalışmalarda daha düşük sonuçlar da bildirilmiştir. Bu nedenle, US incelemede transvers planın çok önemli olduğu ve standart tekniğe özen gösterilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.^[11,12]

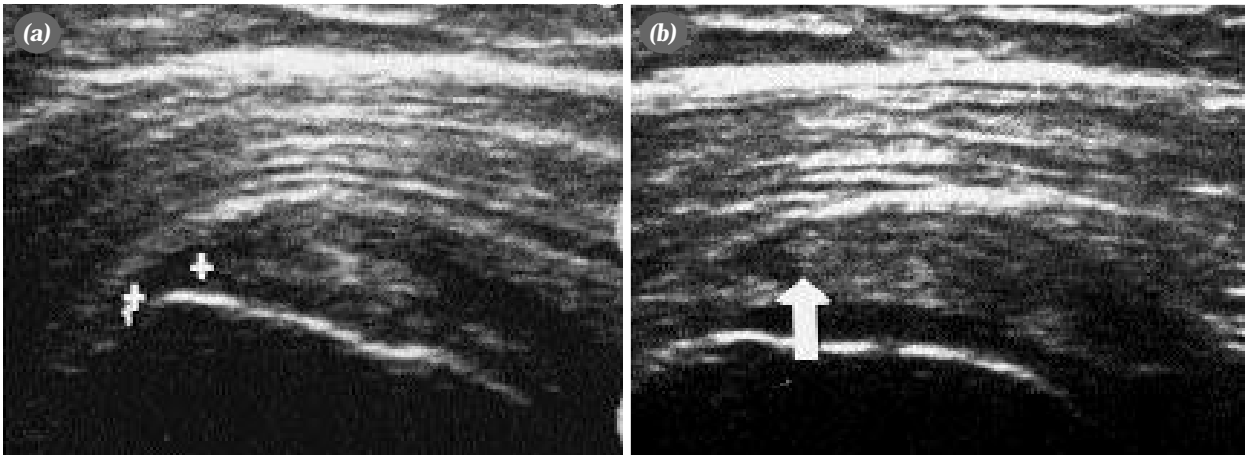
Omuz US, teknik olarak güç ve öğrenilme süresi uzun olan bir yöntemdir.^[1,2,8-13] Chang ve ark.,^[2] iki farklı kullanıcı grubunda elde ettikleri sonuçları MRG ve ameliyat bulguları ile karşılaştırmışlar ve deneyimli kullanıcılar grubunda, yırtık tanısı koyamadaki başarının yüksek olduğunu göstermişlerdir.

Manyetik rezonans görüntüleme

Tendinozis: Yukarıda da belirtildiği gibi, akut travma dışında neden ne olursa olsun, rotator manşette normal morfolojiyi değiştiren ilk patolojik değişiklik tendinozistir. Bu değişikliğin en belirgin olduğu komponent ise supraspinatustur. Tendinoziste, önce tendonda ödem, kanama ve enflamasyona bağlı MRG bulguları oluşmaktadır. Bu aşamada, normalde sinyalsiz olan tendonda T₁-ağırlıklı görüntüde

orta derecede sinyal artışı oluşmaktadır. Proton yoğunluğundaki görüntülerde devamlılık gösteren bu değişiklik, T₂-ağırlıklı görüntülerde izlenemez; tendonda ayrıca volüm de artmıştır. Buradaki sinyal artışının nedeni, tendon içindeki kimyasal ve histolojik özelliğin değişmesine bağlıdır. Peribursal yağ dokusu tüm sekanslarda korunmaktadır (Şekil 10).^[9,14,15] Lezyonun kronisite kazanmasıyla, tendonda sinyal değişikliği ve tendon kalınlığında inhomojenite meydana gelir. Bu dönemde tendon içinde oluşan küçük yırtıkların ayırıcı tanısı güçtür. Bu nedenle omuz eklemine, özellikle rotator manşete yönelik görüntüleme, yağ baskılaması yapabilen protokollerin önemi büyüktür ve kesit kalınlığı da azaltılmıştır.^[9] Teknik özellikler kısmında da belirtilen yüksek gradient gücündeki cihazların kullanımı, bu nedenle önemlidir.

Rotator manşet yırtığı: Tendinozisin ileri döneminde, önce tendon içi liflerden başlayan intrasubstans yırtık, daha sonra eklem veya bursal yüze lokalize kısmi yırtık ve nihayet tam kat kalınlık yırtığı haline gelir. Manyetik rezonans görüntüleme bulguları da yırtığın evresine göre değişkenlik gösterir. Tam kat kalınlık yırtığı büyük oranda bu dejeneratif sürecin sonucu olmakla birlikte, özellikle 35 yaşın altındaki bireylerde yırtıklar akut travmaya bağlı da oluşabilir.^[15] Tam kat kalınlık yırtığında, bazı yazarlar yırtığın boyutunu ölçerek bir sınıflama yapmışlardır. Ancak bugün yırtığın yerleşiminin belirlenmesi; kas, tendon ve komşu yapılar üzerinde oluşan değişikliklerin tanımlanmasının daha önemli olduğu düşünülmektedir.^[1,14] Bu yırtıklarda, tendonda T₁-ağırlıklı görüntülerde oluşan sinyal artışı, T₂-ağırlıklı



Şekil 9. Supraspinatusta kısmi yırtık; (a) longitudinal, (b) transvers plan US görüntülerde tendon içinde fokal hipoekoik alan (beyaz ok), peribursal yağ dokusu ekojenitesinde bozulma yok.



Şekil 10. Supraspinatusta tendinozise ait değişiklikler. **(a)** TSE T₂-A (yağ baskılamalı) oblik koranal MR görüntüde tendon şiş ve ödemli olup, tendonun humerus büyük tüberkülüne yapıştığı alanda kemik iliği ödemi ile hiperintensite; **(b)** SE T₁-A oblik sagittal MR görüntüde tendonda dejenerasyona bağlı sinyal artışı (siyah ok), tendon ile deltoid kas arasında lineer hiperintens peribursal yağ dokusunun korunduğu izleniyor.

lı görüntülerde belirgin hale gelir ve buradaki sinyal paterni vücut sıvılarına özdeş özellik kazanır. T₁-ağırlıklı görüntülerde peribursal yağ dokusu oblitere olurken, özellikle yağ baskılamalı T₂-ağırlıklı görüntülerde subakromiyo-subdeltoid bursa içinde sıvı ile uyumlu sinyal artışı meydana gelir (Şekil 11).^[1,9,14] Yırtık boyutu büyükse, tendonda retraksiyon ve kasta yağlı dejenerasyonda izlenen bulgular oluşur. Kas volümünde yağlı dejenerasyon oranı cerrahi planlamayı etkileyeceğinden, bu oranın radyolojik bulgular kısmında tanımlanması gerekmektedir (Şekil 12).^[16] Nadiren tam kat kalınlık yırtığı olduğu halde, yırtık, tendon içinde oluşan granülasyon dokusu ve fibrozise bağlı nedenlerle T₂-ağırlıklı görüntülerde sinyal artışı şeklinde izlenemez ve subakromiyo-subdeltoid bursa değişiklikleri çok belirgin değildir. Bu durumda klinik korelasyon, US ve halen tanı konamıyorsa, konvansiyonel veya MR artrografinin yararı vardır.^[9,14] Tam kat kalınlık yırtıklarında MRG ile duyarlılık %84-100, özgüllük %93-99 arasında değişmektedir.^[11]

Daha nadir olmakla birlikte, travma sonucu oluşan tam kat kalınlık yırtıklarında, yırtık, tendonun daha çok kemiğe yapıştığı alanda oluşmakta ve komşu humerus başı içinde artmış kemik iliği ödemiine ait, yağ baskılamalı T₂-ağırlıklı görüntülerde daha da belirgin hale gelen ödem izlenmektedir (Şekil 13).^[15]

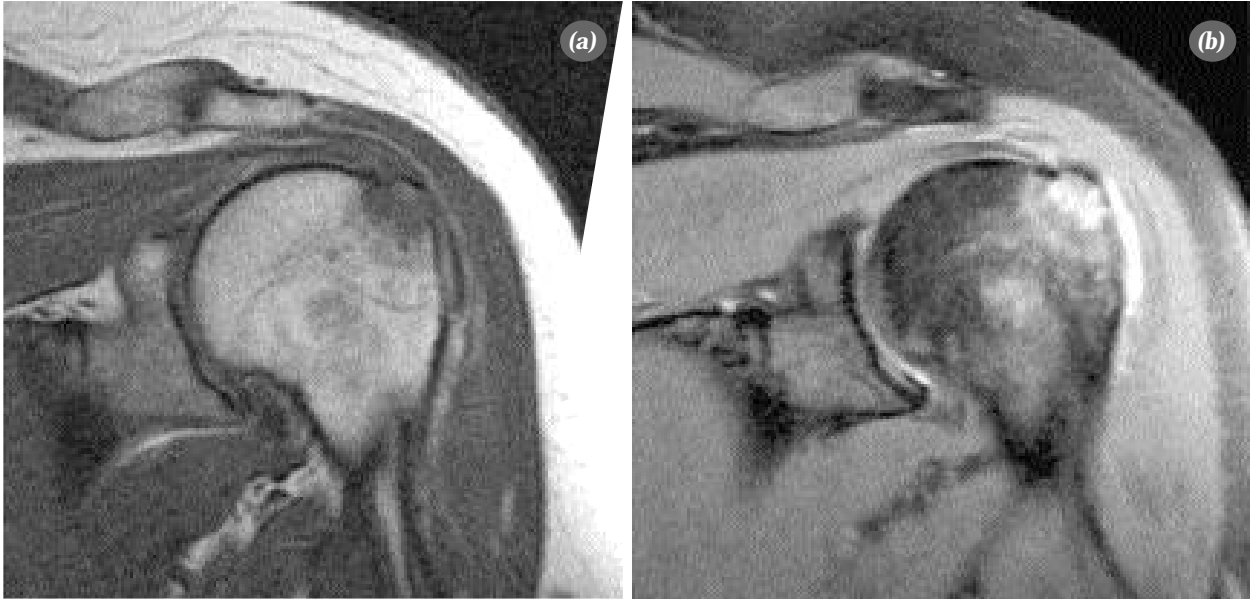
Ultrasonografide olduğu gibi, MR görüntülemesinde de en önemli tanı sorununu kısmi yırtık oluşturur.^[14,17] Bu tip yırtıklarda, T₂-ağırlıklı görüntüde tendon içinde oluşan hiperintens alan tendonun sadece



Şekil 11. Supraspinatus tendonunda tam kat kalınlık yırtığı. TSE T₂-A (yağ baskılamalı) oblik koranal MR görüntüde hipointens supraspinatus tendonu humerusa yapıştığı alanda devamlılığını kaybetmiş ve burada sıvı ile uyumlu hiperintens görünüm (beyaz ok).



Şekil 12. Supraspinatus tendonunda tam kat ve infraspinatus tendonunda kısmi yırtık ve omuz ekleminde dejeneratif artrit bulguları. **(a)** Sağ omuz ön-arka direkt radyografide akromiyon alt yüzünde osteofit ile uyumlu görünüm; **(b)** TSE T₂-A (yağ baskılamalı) oblik koranal MR görüntüde supraspinatus tendonunda retraksiyon, akromiyon (*) alt yüzündeki osteofite bağlı subakromiyal aralıkta daralma ve subakromiyal-subdeltoid bursada sıvıya ait hiperintensite; **(c)** longitudinal planda US incelemede sağ tarafta (R) sol (L) ile karşılaştırıldığında supraspinatus tendonu izlenemiyor ve humerus başı düzensiz; **(d)** transvers planda sağ tarafta deltoid kasın humerus başı üzerine apozisyonu; **(e)** TSE T₂-A (yağ baskılamalı) aksiyel MR görüntüde infraspinatus tendonu düzensiz ve tendon içi sinyal artışı mevcut (siyah ok); **(f)** longitudinal planda US incelemede sol taraf ile karşılaştırıldığında sağ infraspinatus tendonu ince ve inhomojen eko yapısında.



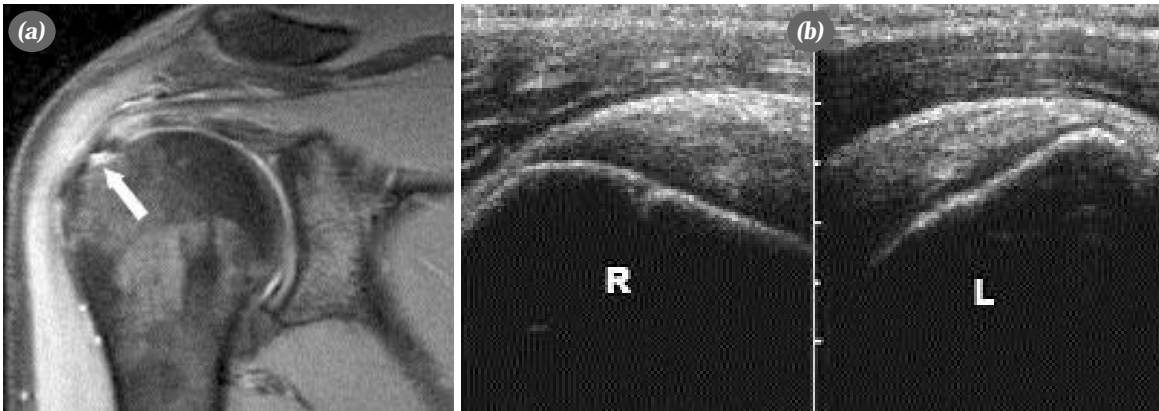
Şekil 13. Supraspinatus tendonunda posttravmatik tam kat kalınlık yırtığı. (a) SE T₁-A ve (b) TSE T₂-A (yağ baskılmalı) oblik koranal MR görüntülerde tendonda devamsızlık ve humerus başında kemil iliği ödemeine ait sinyal değişikliği.

bir yüzünde izlenmektedir (Şekil 14).^[1,9,17] Bursal yüz yırtıklarında tendon konturları düzenini kaybetmiştir ve akromiyon inferiorunda osteofitik değişiklikler vardır (Şekil 15).^[14]

Eklem yüzünde oluşan kısmi yırtıkların büyük bir bölümü, tendonun humerus büyük tüberkülüne yapıştığı alandan yaklaşık bir santimetre mediyalde, “kritik zon”da görülür.^[18] Codman, tendonun kemiğe yapıştığı alanda eklem yüzü ile komşu kısmi yırtıkları “rim-rent” yırtık olarak ayrı bir grupta toplamıştır. Bu yırtık, kritik zonda görülenlere göre daha na-

dirdir; MRG’de büyük tüberkülün horizontal superior parçasına paralel, ince lineer yüksek sinyal alanı şeklindedir. Bu tip yırtıklar daha genç yaş grubundaki bireylerde görülür.^[14,18]

Manyetik rezonans görüntülemeyle kısmi yırtıklarda duyarlılık %35-92, özgüllük %85-99 arasında değişmektedir. Yanlış pozitif sonuçlar tendinozise, yanlış negatif sonuçlar ise tendonda ayrılmaya neden olmayan, supraspinatusun inferior posterior yüzünde oluşmuş flap tarzındaki yırtıklara aittir. Bu hastalarda MR-A, tanı duyarlılığını artırmaktadır.^[11,16]



Şekil 14. Supraspinatus tendonunda kısmi yırtık. (a) TSE T₂-A (yağ baskılmalı) oblik koranal MR görüntüde tendonun eklem yüzünde fokal sinyal artışı (beyaz ok); (b) longitudinal US görüntüde sol (L) omuz ile karşılaştırıldığında, sağ tarafta (R) tendonun humerus büyük tüberkülüne yapıştığı alanda bursal yüze uzanmayan fokal hipoekoik alan.

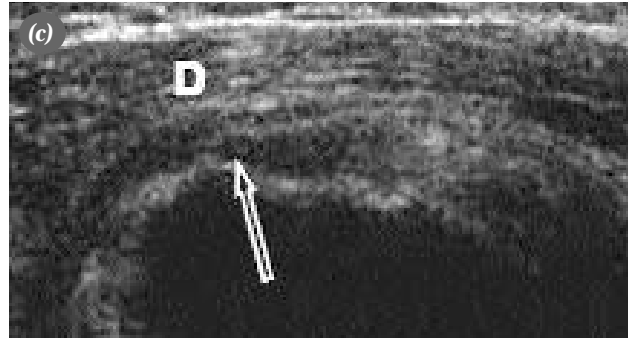


Şekil 15. Supraspinatus tendonunda bursal yüzde kısmi yırtık, TSE T2-A (yağ baskılamalı) oblik koronal MR görüntüde tendonun humerus başı ile komşu yüzü hipointens, ancak bursal yüzde (*) tendon sinyalinde artma.

Ancak US gibi, MRG ile de yırtık boyutunu saptamak, özellikle küçük boyutlu yırtıklarda kolay olmamaktadır. Yırtık boyutunu saptamada MRG ile %50 oranında başarı bildirilmiştir.^[1]

Rotator manşet yırtıklarının büyük bir bölümü supraspinatustadır. Geniş tam kat kalınlık yırtıklarında infraspinatusa uzanım ve çok büyük masif yırtıklarda subskapularis tutulumu da söz konusudur. İzole infraspinatus yırtığı %7 oranında görülmektedir.^[18] İzole subskapularis yırtığı da nadirdir ve daha çok travmatik özelliktedir. Subskapularisin özellikle kraniyal parçasında gelişen yırtıklara supraspinatus anterior parçasında oluşan yırtıklar eşlik eder; burada, sagittal planda subkorakoid bursada sıvı izlenir (Şekil 16). Özellikle rotator interval olarak bilinen bu bölgedeki yırtıkların tanısında, oblik sagittal plan görüntülerinin değerlendirilmesi önemlidir.^[1,16,19]

Rutin MRG ile küçük tam kat kalınlık yırtığı ve kısmi yırtık ayırımına karar verilemeyen olgularda, MR-A tanıda yararlı olmaktadır.^[17] Özellikle supraspinatusun posterosuperiorunda oluşmuş horizontal özellikteki yırtıklarda ve infraspinatus ve subskapulariste oluşmuş kısmi yırtıklarda MR-A önem taşır. Manyetik rezonans artrografi ile duyarlılık %71-100, özgüllük %84-100 arasında bildirilmiştir.^[16] Özellikle supraspinatusun postero-superiorunda oluşmuş horizontal yır-



Şekil 16. Supraspinatusta tam kat, subskapulariste kısmi yırtık. (a) TSE T2-A (yağ baskılamalı) oblik koronal MR görüntüde supraspinatus tendonunda tam kat kalınlık yırtığı; (b) TSE T2-A (yağ baskılamalı) aksiyel MR görüntüde subskapularis tendonunun humerus küçük tüberkülüne yapıştığı alanda tendonda sinyal artışı (beyaz ok); (c) transvers planda US incelemede subskapularis tendonu düzensiz ve inhomojen eko yapısı gösteriyor (US görüntüde supraspinatus tendonundan farklı olarak, deltoid kas tendonu anterolateralden çevrelemekte).

tıklarda ve küçük infraspinatus yırtıklarında, MR-A'da rutin olarak kullanılan standart yağ baskılamalı T₁-ağırlıklı üç plan görüntüye ek olarak ABER (abdüksiyon, eksternal rotasyon) pozisyonu yararlı olmaktadır. Bu pozisyonda, hasta kolunu başının altına yerleştirmekte ve elini mümkün olduğu kadar orta hatta, sırtına dayamaktadır (Şekil 17).^[1,17,18]

Kalsifik tendinit: Etiyolojisi bilinmemekle birlikte, ılımlı bir travmayla stimüle olduğu düşünülmektedir. Travma vaskülarizasyonu iyi olmayan tendonda mikroyırtıklara ve ardından nekroza yol açmakta ve iyileşme fazında, bu alanda kalsiyum depolanmaktadır. Bu durum hastalarda şiddetli omuz ağrısı ile birlikte supraspinatus tendonunda ve subakromiyal bursada enflamasyona neden olmaktadır.^[14] Ultrasonografi ile tendon içindeki kalsifikasyon değerlendirilebilir ve yine US eşliğinde aspire edilebilir. Ultrasonografik bakıda kalsifik plak ark şeklinde, fragmante veya punktat, nodüler ve kistik formlarda olmak üzere dört çeşitte izlenir. Kalsifi-

kasyonun oluş döneminde tendon içinde akustik gölgenleme gösteren ekojenik alanlar izlenirken, rezorbsiyon fazında tendon inhomojen ekopatren göstermektedir; renkli Doppler US incelemede artmış vaskülarizasyona ait değişiklikler izlenir.^[20] Manyetik rezonans görüntülemeye, kalsiyumun sinyalsiz olması nedeniyle peribursal enflamasyon dışında bir bulgu söz konusu değildir. Bu hastalarda direkt radyogram ayırıcı tanıda yardımcı olur.

Ameliyat sonrası değişiklikler: Rotator manşete yönelik ameliyat geçiren hastalarda, normal anatominin değişmesi nedeniyle MRG bulgularını yorumlamak kolay değildir. Radyoloğun görüntüleri yorumlarken, hastaya uygulanan ameliyat şeklini bilmesi gerekir. En önemli teknik sorun, ameliyat sırasında yerleştirilen metalik kliplerin oluşturduğu artefaktlardır. Bu tür hastalarda gradient-eko sekanslardan kaçınmak gerekir; ayrıca, optimum yağ baskılamalı görüntüler elde edilemeyebilir.^[21] Akromiyoplastiden sonra subakromiyal-subdeltoid bursanın



Şekil 17. Normal ve patolojik MR-A. (a) Koronal oblik ve (b) ABER (abdüksiyon, eksternal rotasyon) pozisyonunda SE T₁-A (yağ baskılamalı) MR görüntülerde normal bir omuz ekleminde supraspinatus tendonu, anterior ve posterior labrum sinyalsiz; eklem içine serum fizyolojik ile dilüe edilerek verilen kontrast madde ise hiperintens. (c) Supraspinatus tendonunda tam kat kalınlık yırtığında tendonda devamsızlık ve subakromiyal-subdeltoid bursada sinyal artışı.

çevresindeki yağın kaybolması, akromiyondaki kemik iliği sinyal değişiklikleri ve akromiyon inferioruna uygulanan traşlama sırasında çevreye saçılan metalik kliplerin oluşturduğu artefaktlar izlenmektedir. Rotator manşet tamirinde tekrarlayan yırtık ile tamir dokusunun ayrımı önemlidir. Burada MR-A ile doğru tanı oranı, konvansiyonel MRG'ye göre daha yüksektir.

Tanı yanlışları

Ultrasonografik bakıda en önemli yanlış, uygun teknik özellikte ekipman kullanılmamasına bağlı oluşmaktadır. Tendonun fibriller özelliği ile ses dalgası arasında 90 derecelik bir açı sağlanmazsa, normalde hiperekojenik görünen tendonda fokal hipokoik alanlar meydana gelecektir. Anizotropi olarak bilinen bu etki, önemli tanı yanlışları oluşturmaktadır. Ayrıca, kalsifik tendinitte, rotator intervalde oluşan yırtıklarda biceps tendonundan kaynaklanan yanlış görüntüler de akılda tutulmalıdır.^[1,3,4,6]

Manyetik rezonans görüntüleme de tendonun oryantasyonuna bağlı yanlışlar ortaya çıkabilmektedir. Supraspinatusun normal oryantasyonu ana manyetik alana 55 derece açılı olup, hastanın cihaz içine hatalı yerleştirildiği durumlarda ve düşük gradient güçlü cihazlarda "sihirli açı" (magic angle) denen durum ortaya çıkmaktadır. Burada tendon içinde yalancı pozitif sinyal artışı görülmektedir.^[1]

Rotator manşet yırtıklarında görüntüleme algoritması

Geçen 10 yılda rotator manşetin değerlendirilmesinde invaziv olmayan tekniklerdeki gelişmeler, omuz ağrısına yaklaşımda görüntüleme yöntemlerinin önemini artırmıştır. Tanının doğruluğu, uygulanacak tekniğin optimizasyonu, anatominin iyi bilinmesi, görüntüleme yanlışlarının bilinmesi ve hastanın klinik bakı bulguları ile birlikte patolojik değişikliğin iyi anlaşılmasına bağlıdır.^[1] Rotator manşetin değerlendirilmesinde geleneksel görüntüleme yöntemi olan artrografi ve daha sonraları daha çok instabilite tanısında kullanılan BT-artrografi, bugünkü pratikte rutin olarak kullanılmamaktadır.^[14] İnvaziv olmayan yöntemlerden US ve/veya MRG kullanımında öncelik sırası ülkelere ve uygulayıcı faktörüne göre değişiklik göstermektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde MRG, Avrupa ülkelerinde ise US ilk başvuru yöntemi olmaktadır.^[22] Manyetik rezonans görüntüleme ile tendinozis ve tam kat kalınlık yırtığı

tanısında doğruluk oranının yüksek ve kullanıcı bağımlılığının daha az olması, yöntemin en önemli avantajlarıdır. Ancak, maliyet önemli bir faktör olarak düşünüldüğünde, US ile de tam kat kalınlık yırtığında doğru tanı oranı yüksektir. Bununla birlikte, US'de kullanıcı faktörü ve yöntemi öğrenme süresinin uzun olması, kullanımına sınırlılık getirmektedir.^[12,22] Her iki yöntem de gelişmiş teknik ekipman gerektirmekte ve en çok kısmi yırtık ve küçük tam kat kalınlık yırtıklarının tanısında zorlanılmaktadır. Burada MR-A, tanı doğruluğunu artırmakta; ancak yöntemi invaziv hale getirmektedir.^[22] Bütün bunlar dikkate alındığında, rotator manşetin değerlendirilmesinde öncelikle klinik bakı bulgularının bilinmesi ve radyoloğun da omuz eklemi ve rotator manşet muayenesinden haberdar olması gerekmektedir. Her hastaya ait direkt omuz radyogramı mutlaka bulundurulmalıdır. Daha sonra başvurulacak tanı yöntemi ucuz, tekrar edilebilir, karşılaştırmaya ve dinamik bakıya elvermesi nedeniyle US olmalıdır. Tam kat kalınlık yırtığı saptanan hastalarda cerrahi tedavi planını etkileyecek bulgular elde edilemiyorsa, ilave MRG yapılabilir. Ultrasonografi ile tendinozis saptanan olgularda konservatif tedaviye yanıt alınırsa, MRG'ye gerek kalmaz. Konservatif tedaviye yanıt alınamayan olgularda ise, kısmi yırtık veya kuşku küçüğü tam kat kalınlık yırtığının araştırılması için MRG ve gerekirse MR-A uygulanabilir.^[1,2,22,23]

Rotator manşetin değerlendirilmesinde hastanın klinik bulgularının bilinmesi, radyolog ve omuz cerrahının yakın işbirliği içinde çalışması çok önemlidir. Kullanılacak yöntem ne olursa olsun, gerek US gerekse MRG kullanımında incelemelerin kas iskelet sistemine yönelik çalışan bir radyolog tarafından, uygun ekipmanla yapılması tanı doğruluğunu artıracaktır.

Kaynaklar

1. Seibold CJ, Mallisee TA, Erickson SJ, Boynton MD, Raasch WG, Timins ME. Rotator cuff: evaluation with US and MR imaging. *Radiographics* 1999;19:685-705.
2. Chang CY, Wang SF, Chiou HJ, Ma HL, Sun YC, Wu HD. Comparison of shoulder ultrasound and MR imaging in diagnosing full-thickness rotator cuff tears. *Clin Imaging* 2002;26:50-4.
3. Allen GM, Wilson DJ. Ultrasound of the shoulder. *Eur J Ultrasound* 2001;14:3-9.
4. Hashimoto BE, Kramer DJ, Wiitala L. Applications of musculoskeletal sonography. *Clin Ultrasound* 1999;27:293-318.
5. Thain LM, Adler RS. Sonography of the rotator cuff and biceps tendon: technique, normal anatomy, and pathology. *J Clin Ultrasound* 1999;27:446-58.

6. van Holsbeeck MT, Kolowich PA, Eyler WR, Craig JG, Shirazi KK, Habra GK, et al. US depiction of partial-thickness tear of the rotator cuff. *Radiology* 1995;197:443-6.
7. Turrin A, Cappello A. Sonographic anatomy of the supraspinatus tendon and adjacent structures. *Skeletal Radiol* 1997;26:89-93.
8. Wiener SN, Seitz WH Jr. Sonography of the shoulder in patients with tears of the rotator cuff: accuracy and value for selecting surgical options. *AJR Am J Roentgenol* 1993;160:103-7.
9. Vahlensieck M. MRI of the shoulder. *Eur Radiol* 2000;10:242-9.
10. Farin PU, Jaroma H. Acute traumatic tears of the rotator cuff: value of sonography. *Radiology* 1995;197:269-73.
11. Teefey SA, Hasan SA, Middleton WD, Patel M, Wright RW, Yamaguchi K. Ultrasonography of the rotator cuff. A comparison of ultrasonographic and arthroscopic findings in one hundred consecutive cases. *J Bone Joint Surg [Am]* 2000;82:498-504.
12. Zehetgruber H, Lang T, Wurnig C. Distinction between supraspinatus, infraspinatus and subscapularis tendon tears with ultrasound in 332 surgically confirmed cases. *Ultrasound Med Biol* 2002;28:711-7.
13. Takagishi K, Makino K, Takahira N, Ikeda T, Tsuruno K, Itoman M. Ultrasonography for diagnosis of rotator cuff tear. *Skeletal Radiol* 1996;25:221-4.
14. Rafii M. Shoulder. In: Firooznia HF, Golimbu C, Rafii M, Rauschnig W, Weinreb J, editors. *MRI and CT of the musculoskeletal system*. 1st ed. St. Louis: Mosby-Year Book; 1992. p. 465-547.
15. Anzilotti KF Jr, Schweitzer ME, Oliveri M, Marone PJ. Rotator cuff strain: a post-traumatic mimicker of tendonitis on MRI. *Skeletal Radiol* 1996;25:555-8.
16. Pfirrmann CW, Zanetti M, Weishaupt D, Gerber C, Hodler J. Subscapularis tendon tears: detection and grading at MR arthrography. *Radiology* 1999;213:709-14.
17. Lee SY, Lee JK. Horizontal component of partial-thickness tears of rotator cuff: imaging characteristics and comparison of ABER view with oblique coronal view at MR arthrography initial results. *Radiology* 2002;224:470-6.
18. Tuite MJ, Turnbull JR, Orwin JF. Anterior versus posterior, and rim-vent rotator cuff tears: prevalence and MR sensitivity. *Skeletal Radiol* 1998;27:237-43.
19. Grainger AJ, Tirman PF, Elliott JM, Kingzett-Taylor A, Steinbach LS, Genant HK. MR anatomy of the subcoracoid bursa and the association of subcoracoid effusion with tears of the anterior rotator cuff and the rotator interval. *AJR Am J Roentgenol* 2000;174:1377-80.
20. Chiou HJ, Chou YH, Wu JJ, Hsu CC, Huang DY, Chang CY. Evaluation of calcific tendonitis of the rotator cuff: role of color Doppler ultrasonography. *J Ultrasound Med* 2002;21:289-95.
21. Zlatkin MB. MRI of the postoperative shoulder. *Skeletal Radiol* 2002;31:63-80.
22. Oh CH, Schweitzer ME, Spettell CM. Internal derangements of the shoulder: decision tree and cost-effectiveness analysis of conventional arthrography, conventional MRI, and MR arthrography. *Skeletal Radiol* 1999;28:670-8.
23. Blanchard TK, Bearcroft PW, Constant CR, Griffin DR, Dixon AK. Diagnostic and therapeutic impact of MRI and arthrography in the investigation of full-thickness rotator cuff tears. *Eur Radiol* 1999;9:638-42.