

Normal Spinal Kemik İliği ve Patolojileri

Normal Spinal Bone Marrow and Pathologies

Sena Ünal , Elif Peker 

ÖĞRENME HEDEFLERİ

- Kemik iliği patolojilerinde manyetik rezonans görüntüleme (MRG) tekniği ve protokolünü anlatmak
- Kemik iliği normal ve patolojik görünümünün birbirinden ayırt edilmesini sağlamak
- Kemik iliği patolojilerinin MRG bulgularını açıklamak

Ünal S, Peker E. Normal spinal bone marrow and pathologies. *Trd Sem 2024;12(3):536-60.*

ÖZ

Kemik iliği patolojileri çok geniş bir hastalık grubunu kapsamaktadır. Kemik iliği hastalıklarında doğru tanı için kemik iliğinin normal görünümünün bilinmesi ve bu hastalıkların radyolojik bulguların tanınması kilit rol oynamaktadır. Biz bu makalede normal ve patolojik kemik iliğinin görüntüleme bulgularını sunmayı amaçladık.

Anahtar Kelimeler: Kemik iliği, MRG, hematopoetik, multipl myelom, T1 ağırlıklı görüntüleme, vertebra

ABSTRACT

Bone marrow pathologies cover a very wide group of diseases. For the correct diagnosis of bone marrow diseases, knowing the normal appearance of the bone marrow and recognizing the radiological findings of these diseases play a key role. In this article, we aimed to present the imaging findings of normal and pathological bone marrow.

Keywords: Bone marrow, MRI, hematopoietic, multiple myeloma, T1-weighted imaging, vertebrae

GİRİŞ

Spinal görüntüleme sıklıkla dejeneratif hastalıkların değerlendirilmesi için yapılırsa da gö-

rüntülerde normal-patolojik kemik iliğinin ayırt edilmesi ve kemik iliği patolojilerinin değerlendirilmesi, hem patolojilerin atlanmaması, hem de normal bulguların yanlışlıkla patolojik olarak değerlendirilmemesi açısından önemlidir.

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

✉ Elif Peker • elifozyurek0@yahoo.com

Geliş Tarihi: 09.10.2024 • Kabul Tarihi: 05.12.2024



Kemik iliğinde zaten var olan hücrelerin, su/yağ dengesini bozmadan medüller kaviteyi infiltre etmesi, fokal değişikliklerin proliferan hücrelerin yanı sıra rejeneran hücrelerin kemik iliğine de bağlı olabilmesi ve difüz kemik iliği değişikliklerinin anemi, metabolik hastalıklar gibi benign patolojilere ek olarak, kemik iliği infiltrasyonuna bağlı olarak da gelişebilmesi tanıyı güçleştirmektedir [1].

Tüm radyolojik görüntüleme yöntemleri arasında kemik iliğinin değerlendirilmesinde yüksek rezolüsyonu sebebiyle manyetik rezonans görüntüleme (MRG) öne çıkmaktadır. MRG ile kemik iliğindeki lokal, bölgesel ve sistemik değişiklikler non-invazif olarak ortaya konabilir.

Normal Kemik İliği

Kemik iliği fibröz retikulumla çevrili kemik trabeküllerin arasında yerleşimli, yağ dokuları ve hematopoetik hücrelerden oluşan, oksijen transportu, bağışıklık ve koagülasyondan sorumlu bir yapıdır [1].

Kırmızı ve sarı kemik iliği dengesi cinsiyet ve yaşa bağlı olarak değişir [2]. Kadınlarda erken erişkin dönemde erkeklere göre daha fazla hematopoetik kemik iliği bulunur [2]. Kemik iliğindeki sıvı/yağ oranı erkeklerde 25, kadınlarda 45 yaşından sonra azalmaya başlar [3]. Aksiyel iskelette kırmızı kemik iliği 40 yaşın altındaki kişilerde difüz dağılım gösterir ve sadece basivertebral pleksus çevresinde sarı kemik iliği seçilir (Resim 1) [2].

Genellikle 40 yaşından sonra kırmızı kemik iliği yerini sarı kemik iliğine bırakmaya başlar. Bu değişim kemik iliğinde büyük ya da küçük yağlı alanlar ya da vertebra end-platelarında bant şeklinde yağlı kemik iliği alanları şeklinde izlenir (Resim 2) [2].

Manyetik rezonans görüntülemede kemik iliğinin görünümü sarı ve kırmızı kemik iliği oranlarına bağlı olarak değişir. Kemik iliği değerlendirmede ilk tercih edilecek yöntem T1 ağırlıklı spin eko (SE) sekansıdır. Sarı kemik iliği subkutan yağ doku ile benzer intensitede, kırmızı kemik iliği subkutan yağ dokuya göre daha düşük intensitede, ancak disk veya kas do-

kusunda göre daha yüksek, intermediate sinyal intensitesinde izlenir (Resim 1) [1, 2].

T2A fast-spin eko (FSE) görüntülerde sarı kemik iliği kasa göre daha hiperintens ve subkutan yağ dokuya eşit veya hafif düşük intensitede izlenir [4]. Su ve yağ dokusunun sinyal intensitelerinin birbirlerine yakın olması sebebiyle T2A FSE görüntülerde su-yağ doku ve kırmızı-sarı kemik iliği arasında olması istenen kontrast farkı oluşmaz, kırmızı kemik iliği sarı kemik iliğine göre sadece hafif hipointenstir [2]. Bu sebeple yağ baskısız T2A FSE görüntüler kemik iliği değerlendirmesinde tercih edilmemelidir. Yağ baskılama teknikleri kullanılarak T2A FSE görüntülerde normal kemik iliği-lezion arasında oluşan düşük kontrast artırılabilir ya da STIR görüntüler kullanılabilir. Yağ baskılı T2A FSE ve STIR görüntülerde kırmızı kemik



Resim 1. Yirmi yaşında bel ağrısı olan kadın hastanın lomber MR görüntüsü. Sagittal T1 ağırlıklı spin eko görüntüde komşu intervertebral diske göre nisbeten hiperintens olarak izlenen normal kemik iliği intensitesi izlenmektedir. Basivertebral pleksus lokalizasyonunda normal yağ dokusuna ait sinyal intensiteleri seçilmektedir (oklar). MR, manyetik rezonans.



Resim 2. Yetmiş dört yaş erkek hastada vertebra korpuslarında T1AĞ'de hiperintens yaş ile ilişkili yağlı sinyal değişiklikleri görülmektedir (oklar). T1AĞ, T1 ağırlıklı görüntüleme.

iliği, kasa benzer şekilde ara sinyal intensitesinde, yağlı kemik iliği ise kasa göre düşük intensitede izlenir. Kemik iliği patolojilerinin büyük çoğunluğu kırmızı kemik iliğine göre daha hiperintensdir [4].

Yağ baskılı görüntüler, geniş FOV, ilgilenilen alanın görüntünün merkez noktasında olmaması, operasyon materyallerinin oluşturduğu manyetik alan inhomojenitesi gibi sebeplerle optimal olmayabilir (Resim 3) [4].

Difüzyon ağırlıklı görüntülerde (DAG) selülaritenin yüksek olduğu alanlarda, “*apparent diffusion coefficient*” (ADC) değerlerinin düşük olması beklenirken, benign ve metastatik vertebra lezyonlarını ayırt etmede DAG'nin kullanımını tartışmalıdır [2]. Bununla birlikte, multipl myelomda (MM) DAG'lerin difüz ve fokal lezyonlarda hem tanı hem prognozun belirlenmesi hem de tedaviye yanıtın değerlendirilmesinde üstünlüğü ortaya konulmuştur [5, 6].

Kemik iliği değerlendirirken özellikle malignite ve enfeksiyon olgularında ve spinal kanal içine yayılım araştırılmasında kontrastlı görüntüleme başvurur. Kontrastlı görüntülerde normal kemik iliğinde yaşla azalan oranda kontrastlanma beklenir [2]. Kontrastlı görüntülerin, kontrastlanan lezyon ile baskılanmış yağlı



Resim 3. Altmış bir yaşında sırt ağrısı olan kadın hastanın sagittal planda T1 (a), T2 (b) ağırlıklı ve STIR (c) görüntüleri. Görüntülerin üst kısmında vertebradaki operasyon materyaline bağlı oluşan manyetik alandaki distorsiyonlar hem T1 hem de T2 ağırlıklı görüntülerde bu alanların hiperintens görülmesine yol açmaktadır. STIR görüntüler ile korele edildiğinde üst vertebralarda aslında anormal sinyal değişikliği olmadığı görülüyor. STIR, *structured time-dependent inverse regression*.

kemik iliği arasındaki kontrast rezolüsyonunun belirgin hale gelmesi için normal kemik iliğini baskılayacak şekilde yağ baskılı olarak alınması önerilir (Resim 4). Kemik iliğinin normal görüldüğü olgularda metastatik lezyonları daha görünür hale getirmek için dinamik kontrastlı görüntüler kullanılabilir [7]. Dinamik kontrastlı görüntüler lenfoproliferatif hastalıklar ve kemik iliği infiltrasyonu yanısıra kemoterapi yanıtının değerlendirilmesinde ve osteoporotik kırık prognozunun belirlenmesinde kullanılabilir [2].

Kimyasal çift görüntüleme kemik iliğinde bolca bulunan yağ ve su protonlarının rezonans frekanslarındaki farklılığa dayanan bir görüntüleme yöntemi olduğu için kemik iliği patolojilerinin değerlendirilmesinde faydalıdır. Opposed görüntülerde su ya da yağın baskın olduğu durumlarda yüksek sinyal izlenirken, su ve yağın karışık olduğu normal hematopoetik kemik iliği gibi durumlarda düşük sinyal izlenir (Resim 5) [1]. Opposed görüntülerde yağdan zengin kemik iliğinde sıvı içeriğin saptanması ve sıvıdan zengin alanlarda da yağın saptanması kolaylaştığı için kemik iliği infiltrasyonunu kemik iliği deplesyonu veya kemik iliği replasmanından ayırmada faydalıdır [1]. Kemik iliği sinyali, infiltrasyon olmasına rağmen yağ miktarının değişmediği durumlarda gradient eko görüntülerde normal kalabilir [1].

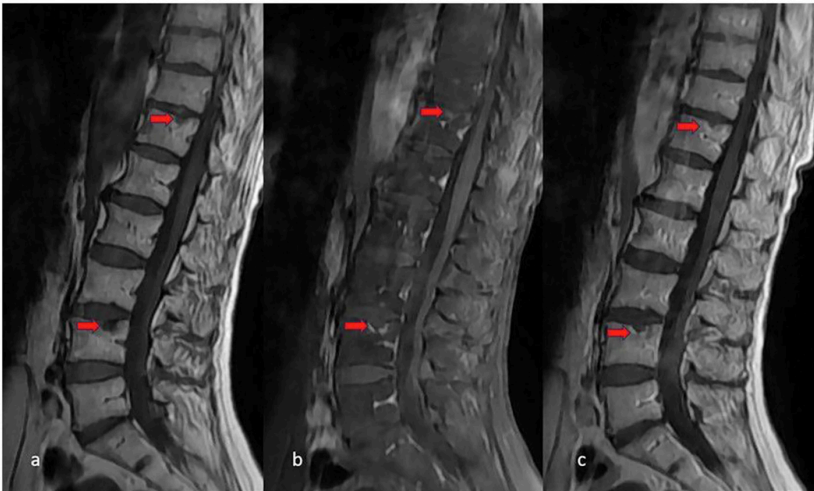
DİFÜZ LEZYONLAR

Hematopoetik Hiperplazi

Benign durumlar

Doğumda tamamen kırmızı olan kemik iliği, yaş ilerledikçe ekstremitelerin distalinden ve uzun kemiklerin santralinden başlayarak sarı kemik iliğine konversiyon gösterir [1]. Mevcut kırmızı kemik iliği hematopoez ihtiyacını karşılayamazsa rekonversiyon oluşur, bu durumda kemik iliği rekonversiyonu aksiyel iskeletten başlayarak periferde doğru ilerler [1].

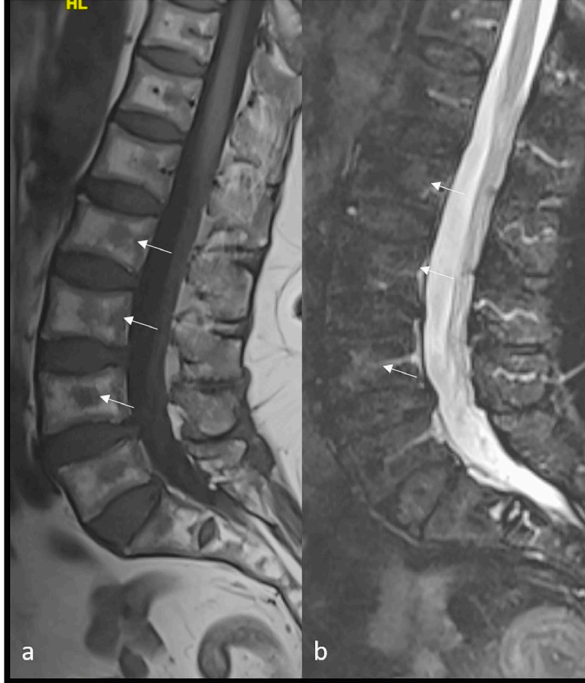
Ağır sigara içicilerinde, obezlerde ve uzun mesafe koşucularında, hemoglobinopati, sistemik enflamasyonu olanlarda ve hematopoetik hücreleri aktive edici ajanlar kullanan kanser hastalarında difüz benign hematopoetik hiperplazi (DBHH) görülebilir [8-17]. Yağ duyarlı ve sıvı duyarlı sekanslarda kemik iliği sinyalinde yamasal tarzda azalma görülür (Resim 6) [1, 2]. Bu azalma kemik iliği yağ fraksiyonundaki azalma ya da demirle ilişkili değişikliklere bağlı olabilir [12]. Medüller boşlukta hematopoetik hücre artışına bağlı olarak kortikal kemik incelir ve güçsüzleşir ve karakteristik balık vertebra



Resim 4. Yetmiş üç yaşında erkek hastada yağ baskısız T1AG (a), yağ baskılı post-kontrast T1AG (b) ve yağ baskısız T1AG (c) lomber MR incelemesi görülmektedir. Yağ baskısız post-kontrast görüntülerde kemik iliği ve yağ doku baskılanmadığından Schmorl nodüllerine eşlik eden ödem (oklar), yağ baskılı post-kontrast görüntülerdeki kadar net seçilememektedir. T1AG, T1 ağırlıklı görüntüleme; MR, manyetik rezonans.



Resim 5. Altmış altı yaşında erkek hastaya ait torakal T1 ağırlıklı (a) ve opposed (b) görüntüler. Normal hematopoetik kemik iliği sinyali baskılanırken (uzun ok), Modic tip 2 yağlı dejenerasyon alanlarına bağlı yüksek sinyal intensitesi izlenmektedir (kısa oklar).



Resim 6. Rekonversiyon 86 yaşında poliartrozu olan kadın hastanın T1 ağırlıklı (a) ve STIR (b) lomber MR görüntüleri. T1 ağırlıklı görüntüde yağlı kemik iliği alanları arasında end-platolarda ve baziler ven komşuluğunda rekonversiyon ile uyumlu kırmızı kemik iliği alanları görülüyor (oklar). Bu alanlar STIR görüntülerde silik hiperintens olarak seçilmektedir (oklar). STIR, *structured time-dependent inverse regression*; MR, manyetik rezonans.

görünümüne yol açar [18]. DBHH'de kemik iliği sinyali kırmızı kemik iliği ile benzerdir ve hafif kontrastlanır [19]. Kırmızı kemik iliği sinyalinden farklı herhangi bir görünüm ve yalnızca yağ görüntülerde sinyal void görülmesi (DIXON) neoplastik süreçleri akla getirmelidir çünkü DBHH'de her zaman rezidü yağ doku bulunduğu için DIXON beklenmez [19].

değerlendirilmesine yönelik bir ölçüm sistemi öne sürülmüştür. L1-4 vertebra korpuslarına ait ortalama sinyal intensitesinin, L3 düzeyinde beyin omurilik sıvısından elde edilen sinyal intensitesine bölünerek referans değerler ile karşılaştırılması yoluyla yapılan değerlendirmede osteopeni/osteoporozun %81 tanısal doğrulukla saptanabildiği bildirilmiştir [20].

Osteoporoz/Osteopeni

Osteoporozda kemik iliğinin hücresel komponentlerinin azalmasına ve yağlı kemik iliğinin artışına bağlı olarak kemik iliği T1 ağırlıklı görüntülemelerde (T1AG) heterojen hiperintens veya tamamen yağlı kemik iliği şeklinde izlenebilir (Resim 7) [18]. Birbirleriyle birleşme eğiliminde yuvarlak yağlı kemik iliği adacıklarını multipl hemanjiomlardan ayırt etmek güçleşir [18]. Spinal MRG çekilen ve özellikle vertebra instrumentasyonu yapılacak olan hastalarda osteoporoz/osteopeninin ortaya konması, potansiyel komplikasyonların önüne geçilmesi açısından önemlidir [20]. MRG ile kemik kalitesinin

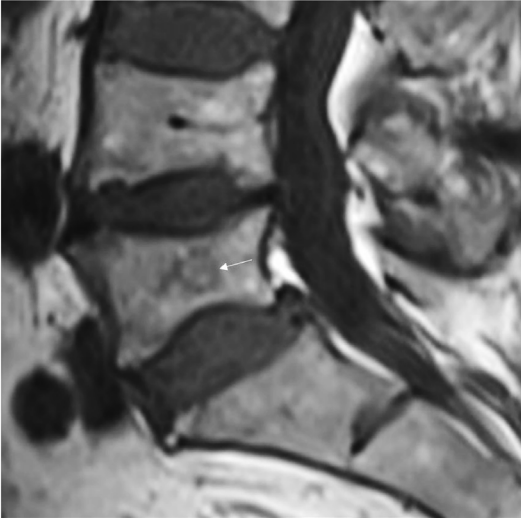
Yaşlılarda Kemik İliği Heterojenitesi

Kemik iliği intensitesi 4. dekattan önce homojendir [19]. Vertebra korpusundaki kemik iliği sellüleritesindeki gelişigüzel lokal varyasyonlara bağlı olarak kemik iliği heterojen görülebilir [21]. Örneğin; vertebra korpuslarının anterior kesimlerinde ve end-platolarında daha sellüler kemik iliği izlenirken, baziler ven komşuluğunda daha az sellüler kemik iliği mevcuttur [21]. Hematopoetik hücreler kemik iliğinde kümeleşerek, yeterince büyürlerse MRG'de görülebilir hale gelen kırmızı kemik iliği adacıklarını oluştururlar [22]. Bunlar özellikle vertebra korpuslarının periferinde yerleşmeye eğilimlidir [19].



Resim 7. Osteoporoz ve yetmezlik kırıkları. Yirmi dört yaşında yakın zamanda gebelik geçirmiş olan, yaşına göre düşük lumbal kemik mineral yoğunluğu değerleri saptanan kadın hastanın lomber MR görüntülerinde T1 ağırlıklı görüntüde (a). L3, L4 ve L5 vertebra korpusları üst end-platolarında yetmezliğe bağlı olabilecek fraktür hatları (oklar) seçilmektedir. STIR görüntüde (b) fraktür hatlarına komşu ödem alanları (oklar) hiperintens olarak izlenmektedir. STIR, *structured time-dependent inverse regression*.

Dördüncü dekattan sonra kemik iliği sinyali MRG'de daha heterojen hale gelir [19]. Kırmızı kemik iliği adacıklarının sınırları konversiyon sürecinin şiddeti ile ilişkili olup, sınırlı formda konturlar belirsizken, ilerlemiş formda sınırları keskindir [23]. Lezyon içerisinde T1AG'de hiperintensite izlenmesi ile oluşan hedef görüntüsü %95 sensitivite ve %99,5 spesifisite ile normal hematopoetik kemik iliğine işaret eder (Resim 8) [24]. Kırmızı kemik iliği adacıklarının sıvıya hassas görüntülerde düşük-ara sinyal intensitesinde olması ve yoğun kontrastlanmaması beklenir [19]. Takip MRG'lerinde fark olmaması, bilgisayarlı tomografi (BT) incelemelerinde trabekülasyon kaybı gelişmemesi benign süreçleri destekler [19]. Yağ baskılı sıvıya duyarlı sekansta orta derecede veya yüksek sinyal intensitesinde, post-kontrast serilerde belirgin kontrastlanan lezyon normal kabul edilemez [19].



Resim 8. Seksen yedi yaşında kronik bel ağrısı olan kadın hastanın lomber MR görüntüsü. Sagittal T1 ağırlıklı görüntüde L1 vertebra korpusunda izlenen silik hipointens sinyal özelliğinde lezyonun santralinde normal hematopoetik kemik iliğinin oluşturduğu T1 ağırlıklı görüntülerde hiperintensite izlenmektedir (hedef bulgusu) (ok). MR, manyetik rezonans.

Malign Durumlar

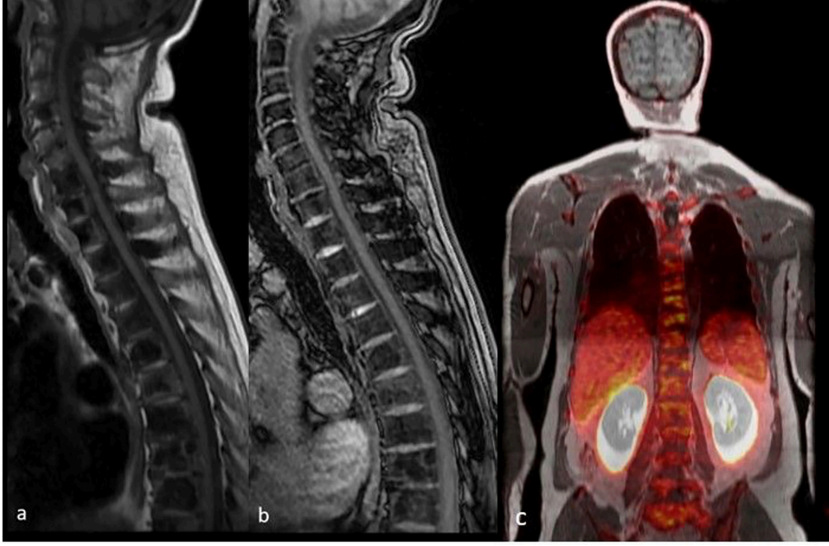
Kemik iliği infiltrasyonu veya replasmanı medüller kavitede tümör veya enfeksiyonlara bağlı olarak anormal hücreler veya maddelerin mevcut olmasıdır [19]. Arada normal yağ doku intensiteleri seçiliyorsa infiltrasyon, seçilmiyorsa replasman olarak adlandırmak uygundur [19].

Kemik iliği infiltrasyonu olgularının %10-20'sinde MRG'de kemik iliği sinyali normal olmakla birlikte, genel olarak T1AG'de disk veya kasa göre daha hiperintens olmaya devam eden, korunmuş yağlı kemik iliği alanları ile birlikte fokal hipointens infiltrasyon alanları kemik iliğinde heterojen görünüme yol açar [19]. İnfiltrasyon alanları opposed görüntülerde kemik iliğindeki sıvı-yağ dengesi yüksek sinyal oluşturacak kadar bozulmadığı için hipointens olarak izlenir ve post-kontrast görüntülerde homojen kontrastlanır (Resim 9) [19].

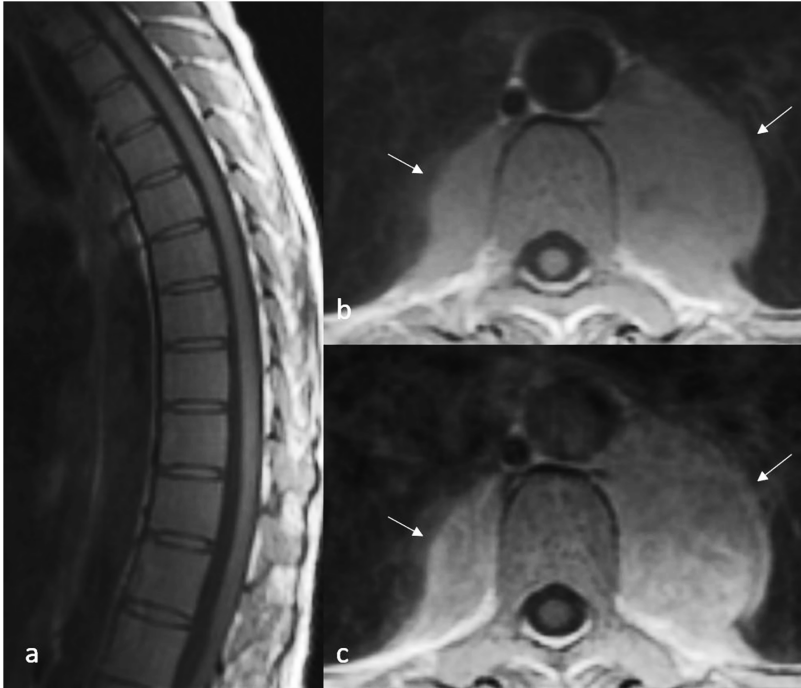
Kemik iliği replasmanında kemik iliği intensitesi T1AG'de azalmış olup, tipik olarak disk ve kas dokusuna göre intensitesi daha düşük, kortikal kemiğe göre yüksektir (Resim 10) [19]. 1.5 Tesla MRG cihazında kemik iliği intensitesini komşu kas ve intervertebral diskten daha düşük olarak gördüğümüzde %94-98 etkinlikle patolojik olduğunu söyleyebiliriz [4]. Üç Tesla cihazda ise tanısal etkinlik daha düşük olup, kemik iliğini kas ile karşılaştırmak, disk ile karşılaştırmaya göre daha etkindir (%89 vs. %78) [25].

Myelofibrozis

Myelofibrozis medüller kavitenin fibrotik doku ile dolmasına bağlı oluşur ve kemik iliği T1 ve T2AG'de belirgin hipointens, yağ baskılı T2AG'de hafif hiperintens olarak izlenir [18]. Ekstramedüller hematopoez eşlik eder.



Resim 9. Serviko-torakal MR. 56 yaşında prostat kanseri hastasında metastazlara bağlı yaygın infiltrasyon alanları. Sagittal planda T1 ağırlıklı görüntüde (a) vertebralarda hipointens sinyal özelliğinde yaygın lezyonlar izlenmekte olup, kemik iliği intensitesi difüz azalmıştır. Sagittal planda opposed görüntüde (b) lezyonlar hipointens olarak izlenmektedir. Hem normal kemik iliği, hem de sklerotik lezyonlar opposed görüntülerde baskılandığı için opposed görüntüler yanlış negatif sonuç verebilir. Koronal planda PET/MR görüntüsünde (c) vertebralarda izlenen yaygın lezyonlarda patolojik aktiviteler izlenmektedir (Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalının izniyle). MR, manyetik rezonans; PET, pozitron emisyon tomografi.



Resim 10. Difüz kırmızı kemik iliği replasmanı ve ekstramedüller hematopoezi olan 50 yaşında kadın hasta. Kemik iliğinde azalmış olan yağ T1 ağırlıklı (a) sagittal plandaki görüntüde diske göre daha düşük intensitede izleniyor. Aksiyel planda kontrastsız (b) ve kontrastlı (c) T1 ağırlıklı görüntülerde vertebra komşuluklarında her iki tarafta yaygın ekstramedüller hematopoez alanları (oklar) görülebilir.

Multipl Myeloma ve Prekürsörleri

MM Tanısı

Multipl myeloma erişkinde görülen en sık 2. malign kemik tümörüdür. MM tanısı için monoklonal plazma hücrelerinin %10 veya daha fazla olması veya kemik iliği infiltrasyonu ya da ekstramedüller hematopoezin patolojik olarak ortaya konması gereklidir. Bunun yanı sıra end-organ hasarı bulgularının varlığı (hiperkalsemi, böbrek yetmezliği, anemi veya kemik lezyonları) ve/veya monoklonal kemik iliği hücrelerinin %60 veya üstünde olması, MRG'de birden fazla lezyon olması ve serbest ince zincir oranının >100 olması gibi bulgulardan en az birinin eşlik etmesi gerekir [26].

MM Öncülleri

Multipl myeloma gelişmeden önce sıklıkla protein elektroforezinde monoklonal protein artışının insidental olarak saptanmasıyla ortaya çıkan, önemi bilinmeyen monoklonal gamopati (MGUS) veya smoldering (sessiz-sinsi) MM (SMM) denen premalign fazları vardır [26]. SMM MM'ye dönüşüm açısından MGUS'a göre daha risklidir (sırasıyla ilk 5 yılda yıllık risk: %10, ve %1'den az).

Soliter kemik ya da ekstramedüller plazmositom varlığında en uygun görüntüleme stratejisi tartışmalıdır [27]. Uluslararası myelom çalışma grubu (IMWG) bu hastaların görüntülenmesinde pozitron emisyon tomografi (PET)/BT (level 5) ve tüm vücut veya vertebra/pelvis MRG (level 4) önermektedir. Soliter plazmositom olan olgularda hastanın uygun tedaviyi alabilmesi için elde olan en hassas görüntüleme yönteminin kullanılması ve en az 3-4 yıl boyunca her yıl görüntülenmenin tekrarı önerilmektedir [27].

MM Görüntüleme Yöntemleri

Son yıllarda MM tedavisindeki gelişmeler, erken tanı koyulmasının öneminin artmasına

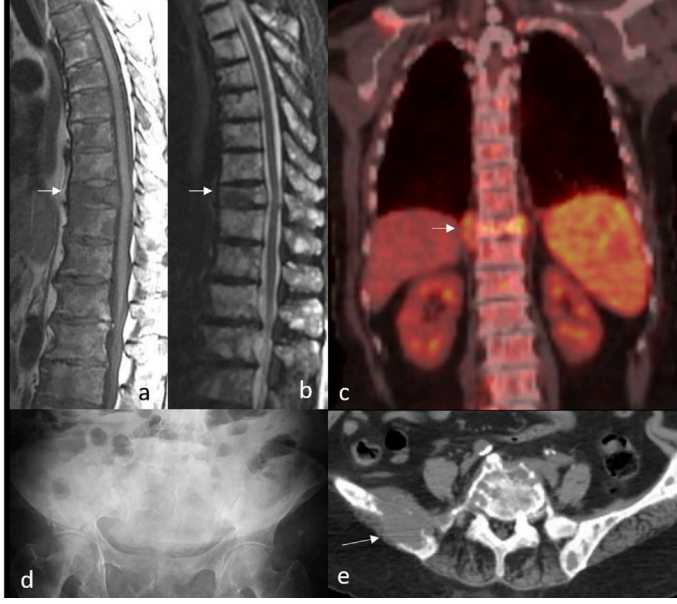
yol açmıştır. Görüntüleme stratejilerindeki en önemli değişikliklerden biri birinci basamak olan direkt grafinin yerine tüm vücut düşük doz BT'nin (TVBT) kullanılmaya başlanmasıdır [27]. Direkt grafi ile iskelet sistemi taraması negatif olan hastaların 1/4'ünde TVBT'de litik lezyon mevcuttur [27]. Bir diğer önemli gelişme ise görüntüleme bulguları ile prognoz arasındaki ilişkinin ortaya konmasıdır. MM'de kemik iliğinin değerlendirilmesi, evreleme, tedavi ve prognoz belirlenmesi için önemli olup, yüksek sensitivitesi sebebiyle PET/BT, TVBT ve MRG tercih edilmektedir (Resim 11) [26].

MM Görüntüleme BT

Tüm vücut düşük doz BT litik lezyonları saptamada direkt grafiye göre daha üstün olsa da PET/BT ve MRG'ye göre daha az hassastır [28]. Mineralize kemik yapısında difüz ya da fokal destrüksiyon yapan her tür patoloji BT ile saptanabilir. Ancak BT destrüksiyon yapmayan plazma hücre infiltratlarını saptamada yetersizdir [26]. Bunun yanı sıra kemik destrüksiyonu yapsa da osteoporotik kırık ve metastaz gibi diğer destrüktif süreçler ile MM'nin litik lezyonları BT ile birbirinden ayırt edilemez [26]. Bununla birlikte, tetkik süresi kısa, yaygın bulunabilir ve diğer modalitelere göre daha ucuzdur. PET/BT'ye göre daha düşük iyonizan radyasyon dozu içerir, ancak MRG ve PET/BT'nin aksine prognoz hakkında bilgi vermez [28].

MM Görüntüleme MRG

Manyetik rezonans görüntüleme, osteolitik olsa da olmasa da myelom infiltratlarını saptamada çok sensitiftir [26]. Ayrıca difüz tutulumun saptamasında en sensitif yöntemdir [28]. Yeni tanı myelomların %1,7-4,5'inde, relaps hastalarının %10'unda görülebilen ekstramedüller hastalık saptanmasında, PET/BT gibi tercih edilebilir [27]. MRG ile patolojik kırık ve benign kırık ayrımı yapılabilir ve kord basısı saptanabilir (Resim 12). PET/BT'ye üstünlükleri iyonizan radyasyon içermemesi, difüz kemik iliği infiltrasyonunun daha iyi ortaya konması,



Resim 11. Multipl myelom farklı görüntüleme teknikleri. Multipl myelom hastası olan 69 yaşında kadın hastanın sagittal T1 (a) ve T2 ağırlıklı (b) MR görüntülerinde vertebralarda T1 ağırlıklı görüntülerde hipointens, T2 ağırlıklı görüntülerde hipo-hiperintens sinyal özelliğinde lezyonlar izleniyor. T10 vertebra korpusunda patolojik kırık mevcut (oklar). Koronal planda PET/BT görüntüsünde vertebralarda yaygın hastalığa işaret eden F-18 FDG tutulumları izlenmektedir. T10 vertebra korpusunda izlenen patolojik kırık ve sağda eşlik eden yumuşak doku componentinde de patolojik aktivite izlenmektedir (ok) (Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı'nın izniyle). Pelvis AP grafisinde (d) sağ iliak kemikte belirgin lezyon izlenmezken, aksiyel planda BT görüntüsünde (e) sağ iliak kanatta yumuşak doku componenti olan lezyon seçilmektedir (ok). MR, manyetik rezonans; PET, pozitron emisyon tomografi; BT, bilgisayarlı tomografi; FDG, florodeoksiglukoz; AP, anterior-posterior.

karaciğer ve kalvaryumun daha iyi görüntülenmesi, PET/BT'de yanlış negatif sonuçlara neden olan düşük heksokinaz ekspresyonunun MRG'yi etkilememesidir [27]. MRG'nin dezavantajları pahalı olması ve uzun tetkik süresidir [28]. MRG'de birden fazla lezyon saptanması MM tanı kriterleri arasında yer aldığı için SMM hastalarında vertebraların ve pelvisin MRG'si önemlidir [27].

Difüzyon ağırlıklı görüntülerde normal ve patolojik kemik iliği arasında görsel değerlendirmeye izin verecek kontrast farkı oluşmasının yanı sıra, ADC değerlerinden yapılan ölçümler ile kantitatif değerlendirme yapılabilmesi sebebiyle MM hastalarında tanı, evreleme ve tedavi yanıtının değerlendirilmesinde kullanılabilir [5]. BT ve konvansiyonel MRG'de reaktif veya stimüle edilmiş kemik iliği, juvenil kemik iliği ve myelom benzer şekilde görüntü verilirken, ADC değerlerinin ölçümü ile ayırıcı tanı yapılabilir [5]. *Structured time-dependent*

inverse regression (STIR) görüntüler ile karşılaştırıldığında DAG'de lezyon görünürlüğünün daha fazla olduğu ve ^{18}F -florodeoksiglukoz (FDG)-PET BT ile karşılaştırıldığında lezyon saptanma oranının daha yüksek olduğu gösterilmiştir [29, 30]. Özellikle difüz kemik iliği infiltrasyonu olduğunda myelomatöz kemik iliği lezyonlarının tanısında DAG'nin sensitivitesi %96, spesifisitesi %99 olarak bulunmuştur [5]. Tedaviye yanıtın değerlendirilmesinde de DAG kullanılabilir [5]. Tedaviye yanıt verenler ve vermeyenleri ayırt etmede DAG'nin sensitivitesi %78, spesifisitesi %73 olarak bulunmuştur [5].

Yapılan bir klinik çalışmada tüm vücut difüzyon MRG'nin (TVDMRG) lezyon yükünü saptamada PET/BT'ye göre daha başarılı olduğu; kostalar, skapula, klavikula ve servikal vertebralar dışında tüm anatomik lokalizasyonlardaki lezyonları saptamada PET/BT'ye üstün olduğu ve PET/BT'de saptanan lezyonların tümünün



Resim 12. Multipl myelom kord basısı. Daha önce vertebra lezyonları sebebiyle radyoterapi hikayesi olan, dirençli multipl myelom olan 40 yaşında erkek hastanın sagittal T1 ağırlıklı görüntüsünde (a) üst torakal vertebralarda radyoterapiye bağlı yağlı kemik iliği değişikliklerinin yanı sıra, vertebralarda T1 ağırlıklı görüntülerde hipointens sinyal özelliğinde yaygın lezyonlar ve en belirgin T12 vertebra korpusunda olmak üzere vertebra korpuslarında çeşitli seviyelerde yükseklik kayıpları (ok) izlenmektedir. Sagittal STIR (b) görüntüde T12 vertebra korpusunda izlenen patolojik kırığın posteriorda spinal kanala uzandığı ve spinal kordda myelopatiye sebep olduğu (ok) izlenmektedir. STIR, *structured time-dependent inverse regression*.

TVDMRG'de de saptanabildiği gösterilmiştir [31]. PET/BT'ye difüzyon MRG verisi eklendiğinde tedavi başlanan hastaların oranı %87'den %93'e çıkmıştır [32].

Multipl myelomda MRG, tümör yükünün belirlenmesinin yanı sıra laboratuvar bulgular ve prognozla da ilgili bilgi verir [27]. TVDMRG'de difüz infiltrasyon paterni varlığı saptanan olgularda, saptanmayanlara göre kemik iliği plazma hücre infiltrasyonunun daha yüksek olduğu (%60 vs. %15 sırasıyla $p=0,03$) [31], daha yüksek paraprotein ve S2 mikroglobulin seviyeleri ve düşük hemoglobin düzeyleri ile ilişkili olduğu gösterilmiştir [31, 33]. İlk

MRG'de 7'den fazla lezyon olması yüksek laktat dehidrogenaz ve düşük albümin seviyeleri ile ilişkilidir [34].

Multipl myeloma lezyonlarının boyutunun fazla olması ve sayıca çok olmaları kötü prognoza ve aynı zamanda asemptomatik MM'dan semptomatik hastalığa ilerlemeye işaret edebilir [19]. Yeni tanı MM olgularında 7'den fazla fokal lezyon saptanmasının, sitogenetik de dahil olmak üzere diğer klinik parametrelerden bağımsız olarak genel sağkalım için kötü prognostik faktör olduğu bildirilmiştir [34]. MM'de en az 3 tane lezyonu olan hastalarda lezyonun birbirine dik çaplarının çarpımı 5 cm^2 'yi geçiyorsa progresyonsuz sağkalım ve genel sağkalım oranları düşüktür (median: 2,3 ve 3,6 yıl, sırasıyla) [35].

Smoldering MM olan bir hastada MRG'de fokal lezyon veya difüz kemik iliği infiltrasyonu görülmesi halinde, kemik destrüksiyonu olmasa bile progresyon riski yüksektir [26]. Şu an için difüz kemik iliği infiltrasyonu fokal lezyon yokluğunda myelom tanımlayıcı olay olarak kabul edilmemektedir [27]. İlk MRG'de 2 veya daha fazla fokal lezyon olması semptomatik MM gelişme riskini 6,6 kat, lezyonda progresyon olması 16,5 kat artırır [36]. Bu sebeple IMWG MRG'de birden fazla fokal lezyon olması durumunda tedavi başlanması gerektiğini söylemektedir [37]. Birden fazla fokal lezyonu olan SMM hastalarında semptomatik MM'ye progresyon için geçen zamanın median 1 yıl olduğu bildirilmiştir [38]. Progresyon demek için yeni gelişimli fokal lezyon veya daha önceden normal olan alanlarda difüz infiltrasyon olması, ya da daha önceden var olan bir lezyonda 1 cm veya daha fazla boyut artışı olması veya daha önce olan bir infiltrasyon alanında T1 sinyalinde azalma, T2 sinyalinde artış olması gerekir [36]. Direkt grafi veya BT'de litik kemik iliği lezyonu ve progresif osteoporoz görülmesi semptomatik MM'ye progresyon işaretleridir [36].

Prognozun belirlenmesinin yanısıra myelom infiltrasyonlarının yaptığı kemik destrüksiyonu, olası patolojik kırıklar ve buna bağlı kord kompresyonu gibi komplikasyonların önlenmesi hastalığın prognozu açısından önemlidir [19].

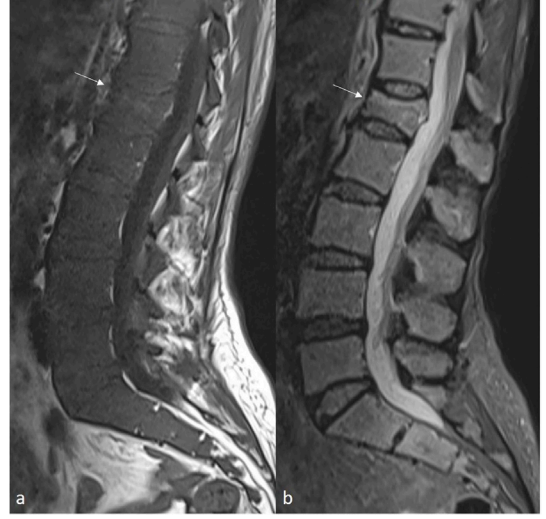
Bu sebeplerden ötürü kemik destrüksiyonunu önceden tahmin edebilecek radyolojik bulgular üzerinde çalışılmıştır. MRG'de saptanan fokal lezyonlardan daha büyük olanların küçük lezyonlara göre daha erken dönemde litik hale geldiği, aksiyel iskeletteki bir lezyonun osteolitik olma ihtimalinin apendiküler iskelete göre 1,46 kat daha fazla olduğu gösterilmiştir [19]. Bunun sebebi vertebralarda süngerimsi kemiğin daha fazla bulunması ve kırmızı kemik iliğinin daha fazla olması sebebiyle kanser hücrelerinin daha yaygın olmasıdır [19].

Günlük pratikte tüm lezyonların tek tek değerlendirilmesi vakit alıcı olduğu için radyolojik olarak önemi olan lezyonları ayırt etmek önemlidir [26]. MRG'de T1AG'de 5 farklı kemik iliği tutulum paterni tanımlanmıştır: Difüz, fokal, kombine fokal ve difüz, heterojen (variegated) ve normal [19].

Difüz tutulum paterni yağa duyarlı sekanlarda vertebral kemik iliği intensitesinde difüz azalma ile karakterize olup, kemik iliği intensitesi disk ve kas ile izointens ya da hipointenstir [19]. Sıvıya duyarlı sekansta kemik iliği intensitesi intermediate-yüksek, homojen-heterojendir ancak, görsel değerlendirmede kemik iliği intensitesinin normal veya patolojik olduğuna karar vermeye yarayacak referans olmaması sebebiyle değerlendirmede T1AG tercih edilir (Resim 13) [19].

Fokal paternde, yağa duyarlı sekansta hipointens, sıvıya duyarlı sekansta, difüzyon görüntülerde ve post-kontrast serilerde hiperintens izlenen, komşu kemik iliği ile geçiş zonu sıklıkla keskin olan ve bazen lezyon etrafında yağ benzeri sinyal seçilen, çapı 5 mm veya daha büyük olan iyi sınırlı lezyon izlenir. T1AG'de izlenen sinyal azalması MM hastalarında sıklıkla ılımlı düzeydedir ve lezyonun sinyal intensitesi kırmızı kemik iliğine göre hafif düşük veya izointenstir [19].

Heterojen veya tuz-biber görünümünde kemik iliğinde bulunan 5 mm'den küçük nodüller ve ufak odaklar sıvıya duyarlı sekansta genellikle düşük-ara sinyal intensitesinde ve bazen sıvıya duyarlı sekansta ve yağ baskılı kontrastlı görüntülerde hiperintens odaklar şeklinde izlenir (Resim 14) [19]. Kemik iliğinde tuz biber



Resim 13. Multipl myelom difüz tutulum paterni. Elli yaşında yeni tanı almış myelom hastasının T1 ağırlıklı görüntüsünde (a) kemik iliği intensitesinin difüz azaldığı, vertebra korpuslarının disk mesafesine göre daha hipointens izlendiği görülmektedir. STIR görüntüde (b) ise kemik iliği intensitesi heterojen ve hafif yüksek olarak izlenmektedir. L1 vertebra korpusunda patolojik kırık mevcuttur (oklar). STIR, structured time-dependent inverse regression.



Resim 14. Multipl myelom heterojen tutulum paterni. Multipl myelom olan 54 yaşındaki erkek hastanın sagittal planda T1 ağırlıklı görüntülerinde (a) 5 mm'den küçük nodüller izlenmekte olup, "tuz-biber" görünümüne neden olmaktadır. STIR sekansta (b) lezyonlar ara sinyal intensitesinde ve hiperintens odaklar şeklinde izlenmektedir. STIR, structured time-dependent inverse regression.

görünümü siliktir ancak femur başına bakıldığında arka planda yağlı kemik iliği olması sebebiyle lezyonların daha görünür hale geldiği görülebilir [19]. Post-kontrast serilerde lezyon sinyali artabilir ancak çok silik de olabilir [19]. Aslında MM için kullanılan uluslararası sınıflama sistemlerine heterojen paternin çok dahil edilmemesi muhtemelen bariz bir tanı kriterinin ve tutulum paterni için semikantitatif değerlendirme imkanının olmamasına bağlıdır [19].

Normal tutulum paterni olguların 1/3'ünde, tümör yükü daha az olan hastalarda izlenir ve bu paternde kemik iliği fokal veya difüz değişiklik olmadan normal gözükür [19]. Bu hastalarda lomber bölgeden elde edilen ADC değerleri de normal sınırlar içindedir [19].

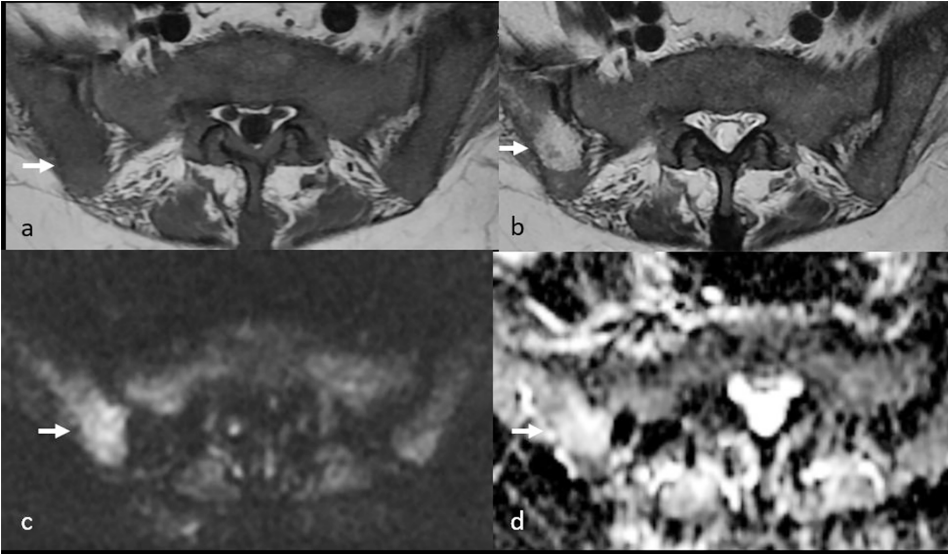
MM Tedaviye Bağlı Değişikliklerin Değerlendirilmesi

Tedavi yanıtının değerlendirilmesi ve minimal rezidüel hastalığın saptanması için ileri fonksiyonel görüntüleme önerilmektedir [39]. MRG'de tedavi sonrası fokal lezyonların benzer

şekilde devam etmesi konvansiyonel MRG'nin spesifitesini düşürmektedir [40]. **DAG kullanıldığında fokal lezyonlarda tedavi yanıtı daha iyi değerlendirilebilmektedir [41]. Başarılı bir şekilde tedavi edilmiş fokal lezyonda ADC değerlerinde artış görülür (Resim 15) [27].** Fokal lezyonlar için tedavi sonrası tedaviye yanıt veren ve vermeyenlerin hem ADC değerleri (1.585 vs. $0,698 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$; $p < 0,001$) hem de ortalama maksimum standartlaştırılmış alım (SUV_{maks}) değerleri (2,05 vs. 5,33, $p < 0,001$) farklı bulunmuştur [6]. Ancak difüz kemik iliği infiltrasyonunda tedaviye yanıt veren ve vermeyenlerin ADC değerleri arasında anlamlı fark varken, SUV_{maks} değerlerinde fark saptanmamıştır [6]. Tedavi sonrası hem görüntüleme hem de yanıtın değerlendirilmesine yönelik olarak hazırlanmış standart bir rehber mevcuttur (MY-RADS) [41].

Kemik iliği Nekrozu

Kemik iliği nekrozu (KİN) genellikle orak hücreli anemi başta olmak üzere hematolojik



Resim 15. Multipl myelom tedavisiyle ilişkili değişiklikler. Relaps refrakter multipl myelom olan 38 yaşındaki kadın hastanın sakral MR görüntülerinde T1 ağırlıklı aksiyel görüntüde (a) relaps ile uyumlu olarak kemik iliği intensitesinde difüz azalma, sağ iliak kanatta silik hipointens lezyon (ok) izleniyor. Aksiyel planda T2 ağırlıklı görüntüde (b) lezyon hiperintens olarak izleniyor. Aksiyel planda difüzyon görüntüsü (c) ve ADC haritası (d) birlikte değerlendirildiğinde tanımlanan lezyonda difüzyon kısıtlanmasız izlenmemiş olup, ADC değeri $2,006 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ olarak ölçülmüştür. Bulgular bu lezyon için tedaviye bağlı değişiklik olarak değerlendirilmiştir. MR, manyetik rezonans; ADC, *apparent diffusion coefficient*.

patolojiler, maligniteler, ilaç kullanımı ve enfeksiyonlar ile ilişkili, normal kemik iliği yapısının yıkımı, myeloid dokuda ve stromada nekroz ile karakterize, yaygın jeografik şekilli sinyal anormalliyidir [42]. KİN malignitelerin tanı aşamasında görülebileceği gibi, kemoterapi sonrası ve hatta rekürrens olduğunda da görülebilir [43]. **Ayrırcı tanısında yer alan avasküler nekroz sıklıkla femur başı gibi apendiküler iskeleti tutan, periartiküler alanları tutma eğiliminde ve daha focal bir lezyondur [43]. KİN ise daha yaygın, vertebraları tutma ihtimali daha yüksek olan bir patolojidir [43].** Avasküler nekrozun aksine vertebrada yükseklik kaybı nadiren gözükür [44].

Kemik iliği nekrozunda MRG'de santrali T1 ve T2AG'de değişen sinyal intensitelerinde izlenebilen, ancak kontrastlanmayan, periferinde içte hiperintens, dışta hipointens, lineer kontrastlanan hatların izlendiği lezyonlar görülür (Resim 16) [43].

Fokal Benign Lezyonlar

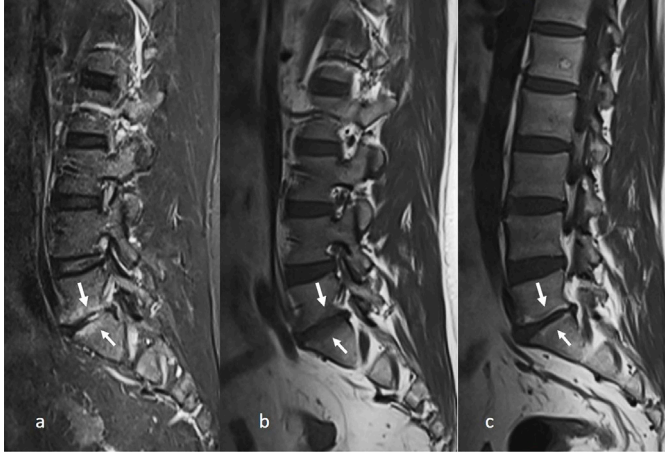
Dejeneratif Disk Hastalığı

Modic değişiklikleri MRG'de görülebilen subkondral kemik iliği değişiklikleridir [45]. Modic tip 1 değişiklik T1AG'de hipointens, T2AG'de hiperintens; Modic tip 2 değişiklik T1AG ve T2AG'de hiperintens ve Modic tip 3 değişiklik de T1AG ve T2AG'de hipointens olarak izlenir.

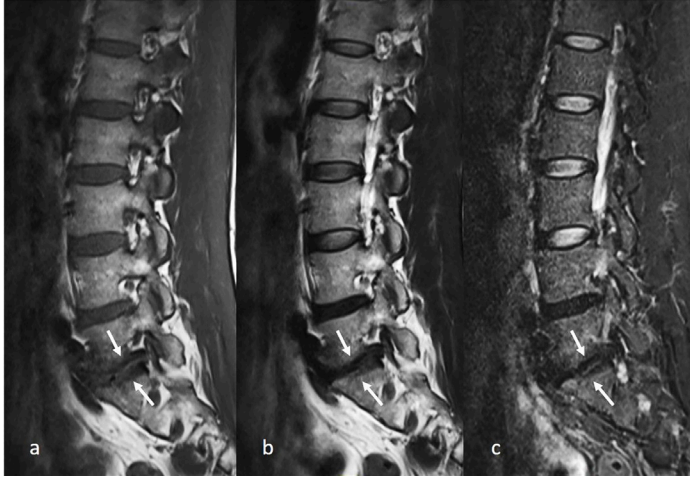
Modic tip 1; reaktif veya enflamatuar değişiklikleri, Modic tip 2; yağlı kemik iliği replasmanı ve Modic tip 3 de end-plato ve subkondral kemik iliği kalsifikasyonunu/fibrotik değişiklikleri temsil eder (Resim 17, 18) [45]. En sık L4-5 ve L5-S1 düzeyinde görülürler [46]. Üç Modic tipinden tip 1 ve daha az olmak üzere tip 2'nin ağrı kaynağı olduğu öne sürülmüştür [47].



Resim 16. Otuz altı yaşında difüz büyük B-hücreli lenfoma tanılı hastada T1AG'de (a) L2, L3, L4 ve L5 vertebralarda RT'ye ikincil yağlı sinyal değişiklikleri ve T1AG'de hipointens, STIR sekansa (b) hiperintens sinyal özelliğinde RT'ye ikincil kemik nekrozuna ait bulgular (oklar) izlenmektedir. Kemik iliği nekrozunda lenfoma tutulumundan farklı olarak, kontrastlanmayan, santrali T1 ve T2 ağırlıklı görüntülerde değişen sinyal intensitelerinde izlenebilen, periferinde içte hiperintens, dışta hipointens lineer hatların izlendiği lezyonlar görülür. T1AG, T1 ağırlıklı görüntüleme, RT, radyoterapi; STIR, *structured time-dependent inverse regression*.



Resim 17. L5-S1 düzeyinde karşılıklı end-platolarda STIR sekansa (a) ve T1AG'de (b) Modic tip 1 değişiklik ile T1AG'de Modic tip 2 değişiklik (c) görülmektedir. STIR, *structured time-dependent inverse regression*, T1AG, T1 ağırlıklı görüntüleme.



Resim 18. L5-S1 düzeyinde karşılıklı end platolarda T1AG (a), T2AG (b) ve STIR sekansa (c) Modic tip 3 sinyal değişiklikleri izlenmektedir. T1AG, T1 ağırlıklı görüntüleme; T2AG, T2 ağırlıklı görüntüleme; STIR, *structured time-dependent inverse regression*.

Modic değişikliğinin genişliği de klinik bulgular ile korelasyon gösterir [48]. Modic değişikliği vertebra korpus yüksekliğinin $>25\%$ 'ini ilgilendiriyorsa diskojenik ağrıyla daha güçlü ilişki gösterir [49]. Modic tip 1 değişikliklerin gerilemesi hastanın klinik düzelmesi ile ilişkilidir [50]. Modic tip 1 ve 2'nin dejeneratif disk değişiklikleri ile ilişkili olduğu öne sürülmüştür [51]. Modic tip 2 tip 1'e göre stabildir, ancak travma, enfeksiyon gibi patolojiler eklenirse Modic tip 1'e dönüşebilir [45].

Hemanjiom

Yaklaşık 10 kişiden birinde görülen, vertebra'nın en sık primer tümürüdür [52]. Nadiren semptomatiktir [52]. Hem korpus, hem posterior elemanı tutabilir. Tek veya multipl olabilir.

Bilgisayarlı tomografide trabeküllerin kalınlaşması sebebiyle sagittal görüntülerde akordiyon benzeri görünüm, aksiyel görüntülerde "polka dot" (puantiyeli) paterni izlenir.

Tipik hemanjiomlar MRG'de T1 ve T2AG'de hiperintensdir. STIR görüntülerde yağ ve vaskü-

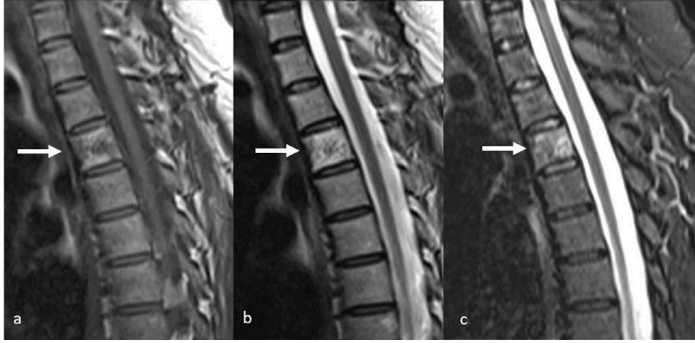
ler eleman içeriğine bağlı olarak intensitesi değişkendir (Resim 19). Yoğun kontrastlanır.

Tipik bulgular BT incelemelerinin %20'sinde, MRG'lerin ise %48'inde görülmeyebilir [53].

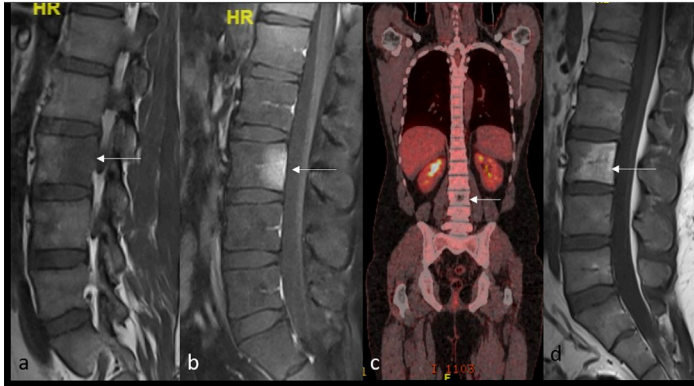
Atipik hemanjiomların TIAG'de hipointensitir (Resim 20). Semptomatik olma ihtimali daha yüksektir [53, 54]. Korteks destrüksiyonu, ekstradural yumuşak doku komponenti, posterior eleman, komşu yumuşak doku veya spinal kanal uzanımı olduğunda atipik/agresif hemanjiom olarak isimlendirilir [53].

Atipik formları metastazla karışabilir. Atipik hemanjiomlar, olguların çoğunda minimal ve gecikmiş kontrastlanma gösterip, washout göstermezken, metastazlar hızlı kontrast tutar, daha yüksek pik değerlere ulaşır ve belirgin

washout gösterir [55]. Atipik hemanjiomların plazma volüm ve K^{trans} değerleri metastazlara göre daha düşüktür [55]. Atipik hemanjiomlara ait ADC ve gerçek difüzyon katsayısı değerleri ($1,14 \pm 0,28 \times 10^{-3} \text{ mm}^2$ ve $0,76 \pm 0,14 \times 10^{-3} \text{ mm}^2$, sırasıyla) metastazlara ($0,70 \pm 0,12 \times 10^{-3} \text{ mm}^2$ ve $0,47 \pm 0,07 \times 10^{-3} \text{ mm}^2$, sırasıyla) göre daha yüksek olup, sensitivite ve spesifisite ADC için sırasıyla %87,5, %88,5; gerçek difüzyon katsayısı için %93,8 ve %92,3 olarak bulunmuştur [56]. Kimyasal çift görüntüleme hemanjiomlarda $> \%20$ sinyal azalması, metastazda $< \%20$ sinyal azalması görülür [57]. Metastazdan ayırmada PET kullanılabilir, ancak glikozu az kullanan miksoid liposarkom gibi tümörler ^{18}F FDG-PET'de ametabolik olabilir, bu sebeple atipik



Resim 19. Hemanjiom. Otuz beş yaşında sırt ağrısı etyolojisi araştırmak üzere torakal MR çekilen kadın hastada T4 vertebra korpusunda T1 (a) ve T2 (b) ağırlıklı görüntülerde hiperintens olarak izlenen, STIR görüntülerde baskılanmayan lezyon izleniyor. MR, manyetik rezonans; STIR, *structured time-dependent inverse regression*.



Resim 20. Atipik hemanjiom. L3 vertebra korpusunda T1 ağırlıklı görüntülerde hipointens (a), post-kontrast görüntüde (b) kontrastlanmayan lezyon (oklar) izlenen hastada yapılan PET-BT (c) incelemesinde lezyonun hipoaktif olduğu (ok) görülmüştür (Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı'nın izniyle). Yapılan biyopsi sonucunda malignite izlenmeyen hastanın 2 yıl sonraki takip incelemesinde lezyon T1 ağırlıklı görüntüde (d) hiperintens olarak izlenmektedir (ok). Bu bulgular ile hastada atipik hemanjiom düşünülmüştür. PET/BT, pozitron emisyon tomografi/bilgisayarlı tomografi.

lezyon/metastaz ayrımı açısından kısa aralıklı MRG takibi, hatta biyopsi gerekebilmektedir [58]. Hemanjiom olan vertebraya metastazın da yerleşmesiyle oluşabilecek kollizyon tümörler de akılda bulundurulmalıdır [59].

Kemik İliğinde Radyoterapiye Bağlı Değişiklikler

Radyoterapi (RT) sonrasında hematopoetik kemik iliği yağlı ve hiposellüler kemik iliği ile yer değiştirir [18]. Bu değişiklikler 30 Gy altında geri dönüşlüdür [18]. Oluşan kemik iliği depresyonuna bağlı olarak T1AG'de kemik iliği intensitesi artar (Resim 21) [1]. RT sonrası ilk 3 haftada SE görüntülerde anlamlı bir değişiklik izlenmezken, STIR görüntülerde hafif bir intensite artışı saptanır [60]. Sonrasında vertebralarda basivertebral pleksusun etrafının korunduğu heterojen görünüm izlenir ve bu süre 3-6 hafta sürer [60]. Altı haftadan sonra hastaların bir kısmında radyasyon alanında keskin sınırlı T1AG'de difüz intensite artışı alanları, diğer kısmında ise özellikle genç hastalarda muhtemelen kemik iliğinin rejenere olmasına bağlı olarak basivertebral pleksusun etrafında yağlı kemik iliğinin korunduğu periferik ara sinyal intensitesinde alanlar izlenir [18, 60].

Spondiloartropati

Romanus lezyonları ankilozan spondilitin post-enflamatuar evresinde, anterior veya posterior longitudinal ligamentöz komplekslerin entezitine bağlı olarak, end-plateoların anterior köşelerinde fokal T1 hiperintensiteleri şeklinde görülür (Resim 22) [60]. MRG'de üçgen şekilli ve düzgün sınırlı olduklarında bu bulguya "MRG köşe bulgusu" adı verilir [61]. Dejeneratif değişikliklerden ayrımında, şekline (dejenerasyonda yarım daire şeklinde) ve eşlik eden disk dejenerasyonu, herniasyonu ve osteofit gibi diğer bulguların eşlik edip etmediğine bakılması önerilmektedir [61]. Dejeneratif değişiklikler daha çok alt lomber vertebralarda görülürken, MRG köşe bulgusu torakolomber bölgede görülür [61].

Amiloid

Spinal amiloidoz yaşlı diyaliz hastalarında, sıklıkla alt servikal vertebraları tutan bir patolojidir [62]. Tipik olarak end-plateolarda T1 ve T2AG'de hipointens sinyal değişikliği görülür [62]. Spinal amiloidomal, BT'de kalsifik olabilir ve oluşturdukları destrüktif görünüm maligniteleri taklit edebilir [63].



Resim 21. Radyoterapiye bağlı değişiklikler. Pankreas kanseri sebebiyle RT alan 55 yaşındaki erkek hastanın T8-T12 vertebralarında yağlı kemik iliği değişikliklerine bağlı T1 (a) ve T2 (b) ağırlıklı görüntülerde hiperintens sinyal değişiklikleri (oklar) izleniyor. T11 vertebra korpusunda yetmezliğe bağlı kırık hattı seçilmektedir (kalın ok). RT, radyoterapi.

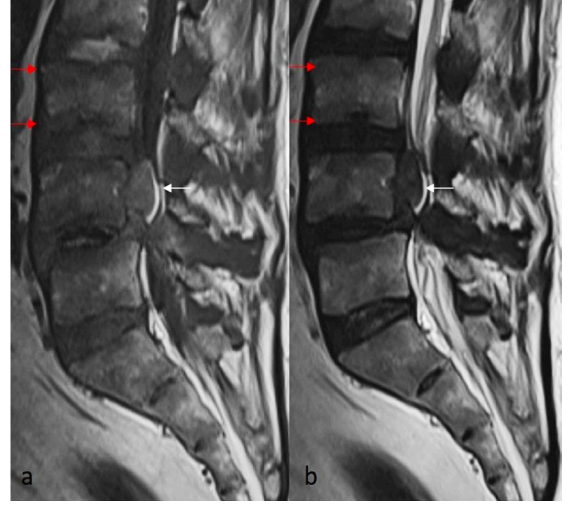
Renal Osteodistrofi

Renal osteodistrofide vertebralarda osteopenik görünüm ve heterojen T1 sinyali izlenir. End-platolarda skleroz artışı ve santralde demineralizasyon sebebiyle end-platolar T1 ve T2AG'de hipointens izlenir (Resim 23) [18].

Fokal Malign lezyonlar

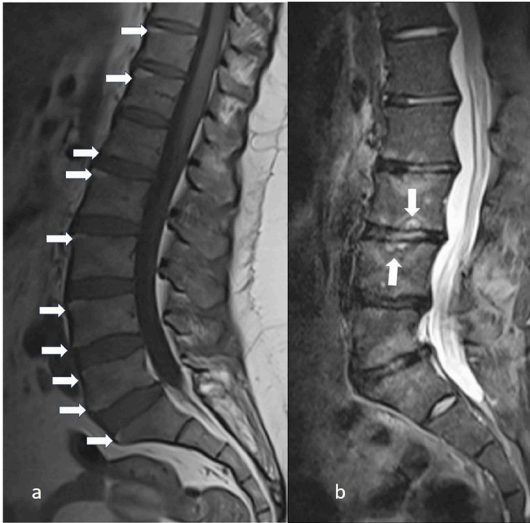
Metastaz

T2 Ağırlıklı görüntüleme metastazların periferinde halkasal hiperintensite izlenebilir, buna halo bulgusu denir ve maligniteye ve aktif lezyona işaret eder (Resim 24) [1, 64]. Hem halo bulgusu olması hem de lezyonun T2AG'de difüz hiperintens olması o lezyonun %75 sensitivite ve %99,5 spesifisite ile metastatik olduğunu işaret eder [61].

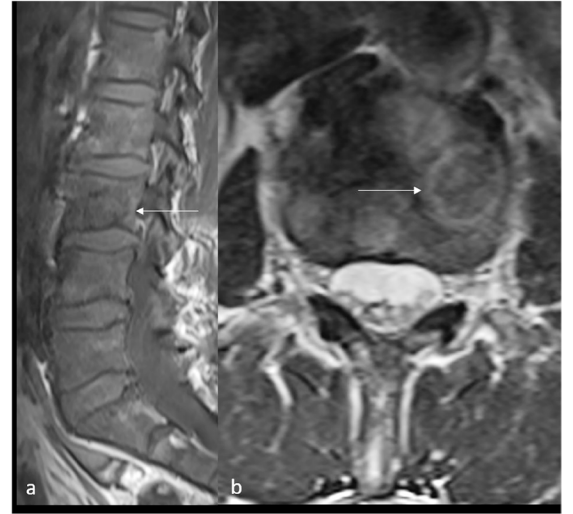


Resim 23. Kronik böbrek yetmezliği. Elli dokuz yaşında diyaliz hastasının lomber MR incelemesinde T1 (a) ve T2 (b) ağırlıklı görüntülerde vertebra korpuslarının end-platolarında hipointens sinyal değişikliği (oklar) izleniyor. L4 vertebra korpusu posteriorunda (beyaz ok) sekte disk hernisine ait yumuşak doku izlenmektedir. L4-5 düzeyinde spondilolistezis ve spinal kanalda daralma mevcuttur. MR, manyetik rezonans.

EĞİTİCİ
NOKTA



Resim 22. Ankilozan spondilit tanılı 50 yaşında kadın hastada T1AG'de (a) end-platolarda yağlı sinyal değişiklikleri (romanus lezyonları-oklar) ve ankilozan spondilit tanılı 27 yaşında erkek hastada STIR sekansta (b) karşılıklı end platolarda yarım halka şeklinde hiperintens lezyonlar (andersson lezyonları-oklar) görülmektedir. T1AG, T1 ağırlıklı görüntüleme; STIR, structured time-dependent inverse regression.



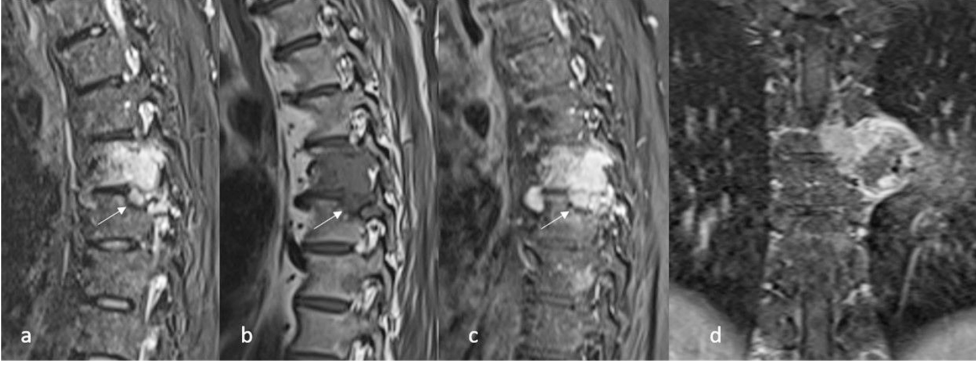
Resim 24. Halo bulgusu. A ve B, 55 yaşında prostat adenokarsinomu olan erkek hastanın aksiyel plandaki MR görüntülerinde T1 ağırlıklı görüntüde (A) düşük intensitede (ok) izlenen lezyonun periferinde (T2 ağırlıklı görüntüde (T2) hiperintensite (ok) izleniyor. Halo bulgusunun varlığı metastaza işaret etmektedir. MR, manyetik rezonans.



Resim 25. On dokuz yaşında akut myeloid lösemi olan erkek hastanın torakal MR görüntüleri. Sagittal T1 ağırlıklı görüntülerde kemik iliği intensitesinde difüz azalma (ok) izlenmekte olup, intervertebral diske (kalın ok) göre daha hipointenstir. Tutulumun difüz olması sebebiyle yanlışlıkla normal olarak değerlendirilmemeli, kemik iliği intensitesi mutlaka intervertebral disk mesafesi ve kas dokusu ile karşılaştırılmalıdır. MR, manyetik rezonans.



Resim 26. Lenfoma. Marjinal zon lenfoma tanısı olan 60 yaşında erkek hastaya ait sagittal planda T1 ağırlıklı torakal MR görüntüsünde (a) kemik iliği intensitesinde difüz azalma ile, T2-5 düzeyleri arasında spinal kanalı dolduran yumuşak doku kitlesi (ok) izleniyor. Aksiyel planda T2 ağırlıklı görüntüde (b) kemik iliği değişikliklerine eşlik eden paravertebral yerleşimli, epidural mesafeye uzanan, spinal kordu basılayan ve spinal kordda myelopatik sinyal değişikliğine neden olan yumuşak doku komponentler izlenmektedir. MR, manyetik rezonans.



Resim 27. Elli sekiz yaşında multipl myelom nedeniyle tetkik edilen erkek hastada, torakal MRG'de T6 vertebra korpusundan, disk mesafesini katederek T7 vertebra korpusuna uzanan (ok), STIR sekansa (a) hiperintens, T1 ağırlıklı görüntüde (b) hipointens sinyal özelliğinde, post-kontrast sagittal (c) ve koronal (d) görüntüde kontrastlanma gösteren kitle izlenmektedir. MRG, manyetik rezonans görüntüleme; STIR, structured time-dependent inverse regression.

SE T2A görüntülerin FSE görüntülere göre metastaz saptamada anlamlı bir üstünlüğü olmaması sebebiyle daha hızlı olan FSE görüntüler klinik pratikte tercih edilir [4]. T1AG'de hipointens sinyal özelliğinde lezyonun periferinde kemik iliği depresyonu bulgusu olarak T1AG'de intensite artışı izlenmesi tedavi edilmiş lezyon düşündürür [1].

Lösemide kemik iliği infiltrasyonu genellikle sistemik tutulumun bir parçasıdır (Resim 25) [18]. Lenfoma ise ektranodal lenfomanın nadir bir şekli olan primer spinal lenfoma şeklinde olabileceği gibi sistemik tutulumu sekonder de olabilir [65]. Primer spinal lenfoma epidural yumuşak doku ve eşlik eden kemik iliği patolojisi şeklinde görülebilir (Resim 26) [65]. T1 ve T2AG'de intermediate sinyal intensitesinde izlenir ve yoğun kontrastlanır [66].

Metastaz ve MM yumuşak doku komponenti olan litik lezyonlar yaptıkları için birbirlerinden ayırt etmek güç olabilir. İntervertebral disk ve komşu vertebra tutulumu MM veya plazmositoma işaret ederken, erken dönemde posterior eleman tutulumu ve litik lezyonlara eşlik eden sklerotik lezyon varlığı ise metastazı düşündürür (Resim 27) [67].

Teşekkür

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim dalı'na PET/BT görüntülerini kullanmamıza izin verdikleri için teşekkür ederiz.

Dipnotlar

Çıkar Çatışması

Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

KAYNAKLAR

- [1]. Vande Berg BC, Malghem J, Lecouvet FE, Maldague B. Classification and detection of bone marrow lesions with magnetic resonance imaging. *Skeletal Radiol.* 1998; 27: 529-45. [CrossRef]
- [2]. Shah LM, Hanrahan CJ. MRI of spinal bone marrow: part I, techniques and normal age-related appearances. *AJR Am J Roentgenol.* 2011; 197: 1298-308. [CrossRef]
- [3]. Ishijima H, Ishizaka H, Horikoshi H, Sakurai M. Water fraction of lumbar vertebral bone marrow estimated from chemical shift misregistration on MR imaging: normal variations with age and sex.

- AJR Am J Roentgenol.* 1996; 167: 355-8. [CrossRef]
- [4]. Carroll KW, Feller JF, Tirman PF. Useful internal standards for distinguishing infiltrative marrow pathology from hematopoietic marrow at MRI. *J Magn Reson Imaging.* 1997; 7: 394-8. [CrossRef]
 - [5]. Torkian P, Mansoori B, Hillengass J, Azadbakht J, Rashedi S, Lee SS, et al. Diffusion-weighted imaging (DWI) in diagnosis, staging, and treatment response assessment of multiple myeloma: a systematic review and meta-analysis. *Skeletal Radiol.* 2023; 52: 565-83. [CrossRef]
 - [6]. Paternain A, García-Velloso MJ, Rosales JJ, Ezponda A, Soriano I, Elorz M, et al. The utility of ADC value in diffusion-weighted whole-body MRI in the follow-up of patients with multiple myeloma. Correlation study with (18)F-FDG PET-CT. *Eur J Radiol.* 2020; 133: 109403. [CrossRef]
 - [7]. Mossa-Basha M, Gerszten PC, Myrehaug S, Mayr NA, Yuh WT, Jabehdar Maralani P, et al. Spinal metastasis: diagnosis, management and follow-up. *Br J Radiol.* 2019; 92: 20190211. [CrossRef]
 - [8]. Shellock FG, Morris E, Deutsch AL, Mink JH, Kerr R, Boden SD. Hematopoietic bone marrow hyperplasia: high prevalence on MR images of the knee in asymptomatic marathon runners. *AJR Am J Roentgenol.* 1992; 158: 335-8. [CrossRef]
 - [9]. Poulton TB, Murphy WD, Duerk JL, Chapek CC, Feiglin DH. Bone marrow reconversion in adults who are smokers: MR imaging findings. *AJR Am J Roentgenol.* 1993; 161: 1217-21. [CrossRef]
 - [10]. Hajimoradi M, Haseli S, Abadi A, Chalian M. Musculoskeletal imaging manifestations of beta-thalassemia. *Skeletal Radiol.* 2021; 50: 1749-62. [CrossRef]
 - [11]. Fraenkel PG. Anemia of inflammation: a review. *Med Clin N Am.* 2017; 101: 285-96. [CrossRef]
 - [12]. Tsujikawa T, Oikawa H, Tasaki T, Hosono N, Tsuyoshi H, Rahman MGM, et al. Integrated [¹⁸F] FDG PET/MRI demonstrates the iron-related bone-marrow physiology. *Sci Rep.* 2020; 10: 13878. [CrossRef]
 - [13]. Stäbler A, Doma AB, Baur A, Krüger A, Reiser MF. Reactive bone marrow changes in infectious spondylitis: quantitative assessment with MR imaging. *Radiology.* 2000; 217: 863-8. Erratum in: *Radiology.* 2001; 219: 300. [CrossRef]
 - [14]. Ciray I, Lindman H, Aström GK, Wanders A, Bergh J, Ahlström HK. Effect of granulocyte colony-stimulating factor (G-CSF)-supported chemotherapy on MR imaging of normal red bone marrow in breast cancer patients with focal bone metastases. *Acta Radiol.* 2003; 44: 472-84. [CrossRef]
 - [15]. Hollinger EF, Alibazoglu H, Ali A, Green A, Lamonica G. Hematopoietic cytokine-mediated FDG uptake simulates the appearance of diffuse metastatic disease on whole-body PET imaging. *Clin Nucl Med.* 1998; 23: 93-8. [CrossRef]
 - [16]. Minutoli F, Pergolizzi S, Blandino A, Mormina E, Amato E, Gaeta M. Effect of granulocyte colony-stimulating factor on bone marrow: evaluation by intravoxel incoherent motion and dynamic contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Radiol Med.* 2020; 125: 280-7. [CrossRef]
 - [17]. Chow LT, Ng AW, Wong SK. Focal nodular and diffuse haematopoietic marrow hyperplasia in patients with underlying malignancies: a radiological mimic of malignancy in need of recognition. *Clin Radiol.* 2017; 72: 265. [CrossRef]
 - [18]. Hanrahan CJ, Shah LM. MRI of spinal bone marrow: part 2, T1-weighted imaging-based differential diagnosis. *AJR Am J Roentgenol.* 2011; 197: 1309-21. [CrossRef]
 - [19]. Vande Berg BC, Kirchgessner T, Acid S, Malghem J, Vekemans MC, Lecouvet FE. Diffuse vertebral marrow changes at MRI: multiple myeloma or normal? *Skeletal Radiol.* 2022; 51: 89-99. [CrossRef]
 - [20]. Ehresman J, Pennington Z, Schilling A, Lubelski D, Ahmed AK, Cottrill E, et al. Novel MRI-based score for assessment of bone density in operative spine patients. *Spine J.* 2020; 20: 556-62. [CrossRef]
 - [21]. Ricci C, Cova M, Kang YS, Yang A, Rahmouni A, Scott WW Jr, et al. Normal age-related patterns of cellular and fatty bone marrow distribution in the axial skeleton: MR imaging study. *Radiology.* 1990; 177: 83-8. [CrossRef]
 - [22]. Travlos GS. Normal structure, function, and histology of the bone marrow. *Toxicol Pathol.* 2006; 34: 548-65. [CrossRef]
 - [23]. Levine CD, Schweitzer ME, Ehrlich SM. Pelvic marrow in adults. *Skelet Radiol.* 1994; 23: 343-7. [CrossRef]
 - [24]. Schweitzer ME, Levine C, Mitchell DG, Gannon FH, Gomella LG. Bull's-eyes and halos: useful MR discriminators of osseous metastases. *Radiology.* 1993; 188: 249-52. [CrossRef]
 - [25]. Zhao J, Krug R, Xu D, Lu Y, Link TM. MRI of the spine: image quality and normal-neoplastic bone marrow contrast at 3 T versus 1.5 T. *AJR Am J Roentgenol.* 2009; 192: 873-80. [CrossRef]
 - [26]. Hildenbrand N, Klein A, Maier-Hein K, Wennmann M, Delorme S, Goldschmidt H, et al. Identification of focal lesion characteristics in MRI which indicate presence of corresponding osteolytic lesion in CT in patients with multiple myeloma. *Bone.* 2023; 175: 116857. [CrossRef]
 - [27]. Chakraborty R, Hillengass J, Lentzsch S. How do we image patients with multiple myeloma and precursor states? *Br J Haematol.* 2023; 203: 536-45. [CrossRef]
 - [28]. Wu F, Bernard S, Fayad LM, Ilaslan H, Messiou C, Moulopoulos LA, et al. Updates and ongoing challenges in imaging of multiple myeloma: AJR expert panel narrative review. *AJR Am J Roentgenol.* 2021; 217: 775-85. [CrossRef]

- [29]. Hillengass J, Bäuerle T, Bartl R, Andrulis M, McClanahan F, Laun FB, et al. Diffusion-weighted imaging for non-invasive and quantitative monitoring of bone marrow infiltration in patients with monoclonal plasma cell disease: a comparative study with histology. *Br J Haematol.* 2011; 153: 721-8. Erratum in: *Br J Haematol.* 2011; 155: 281. [\[CrossRef\]](#)
- [30]. Durie BG, Harousseau JL, Miguel JS, Bladé J, Barlogie B, Anderson K, et al. International uniform response criteria for multiple myeloma. *Leukemia.* 2006; 20: 1467-73. Erratum in: *Leukemia.* 2006; 20: 2220. Erratum in: *Leukemia.* 2007; 21: 1134. [\[CrossRef\]](#)
- [31]. Messiou C, Porta N, Sharma B, Levine D, Koh DM, Boyd K, et al. Prospective evaluation of whole-body MRI versus FDG PET/CT for lesion detection in participants with myeloma. *Radiol Imaging Cancer.* 2021; 3: e210048. [\[CrossRef\]](#)
- [32]. Westerland O, Amlani A, Kelly-Morland C, Fraczek M, Bailey K, Gleeson M, et al. Comparison of the diagnostic performance and impact on management of 18F-FDG PET/CT and whole-body MRI in multiple myeloma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2021; 48: 2558-65. [\[CrossRef\]](#)
- [33]. Mouloupoulos LA, Dimopoulos MA, Kastritis E, Christoulas D, Gkatzamanidou M, Roussou M, et al. Diffuse pattern of bone marrow involvement on magnetic resonance imaging is associated with high risk cytogenetics and poor outcome in newly diagnosed, symptomatic patients with multiple myeloma: a single center experience on 228 patients. *Am J Hematol.* 2012; 87: 861-4. [\[CrossRef\]](#)
- [34]. Walker R, Barlogie B, Haessler J, Tricot G, Anaissie E, Shaughnessy JD Jr, et al. Magnetic resonance imaging in multiple myeloma: diagnostic and clinical implications. *J Clin Oncol.* 2007; 25: 1121-8. [\[CrossRef\]](#)
- [35]. Rasche L, Angtuaco EJ, Alpe TL, Gershner GH, McDonald JE, Samant RS, et al. The presence of large focal lesions is a strong independent prognostic factor in multiple myeloma. *Blood.* 2018; 132: 59-66. [\[CrossRef\]](#)
- [36]. Merz M, Hielscher T, Wagner B, Sauer S, Shah S, Raab MS, et al. Predictive value of longitudinal whole-body magnetic resonance imaging in patients with smoldering multiple myeloma. *Leukemia.* 2014; 28: 1902-8. [\[CrossRef\]](#)
- [37]. Rajkumar SV, Dimopoulos MA, Palumbo A, Blade J, Merlini G, Mateos MV, et al. International Myeloma Working Group updated criteria for the diagnosis of multiple myeloma. *Lancet Oncol.* 2014; 15: 538-48. [\[CrossRef\]](#)
- [38]. Hillengass J, Fechtner K, Weber MA, Bäuerle T, Ayyaz S, Heiss C, et al. Prognostic significance of focal lesions in whole-body magnetic resonance imaging in patients with asymptomatic multiple myeloma. *J Clin Oncol.* 2010; 28: 1606-10. [\[CrossRef\]](#)
- [39]. Kumar S, Paiva B, Anderson KC, Durie B, Landgren O, Moreau P, et al. International Myeloma Working Group consensus criteria for response and minimal residual disease assessment in multiple myeloma. *Lancet Oncol.* 2016; 17: 328-46. [\[CrossRef\]](#)
- [40]. Rama S, Suh CH, Kim KW, Durieux JC, Ramaiya NH, Tirumani SH. Comparative performance of whole-body MRI and FDG PET/CT in evaluation of multiple myeloma treatment response: systematic review and meta-analysis. *AJR Am J Roentgenol.* 2022; 218: 602-13. [\[CrossRef\]](#)
- [41]. Messiou C, Hillengass J, Delorme S, Lecouvet FE, Mouloupoulos LA, Collins DJ, et al. Guidelines for acquisition, interpretation, and reporting of whole-body MRI in myeloma: myeloma response assessment and diagnosis system (MY-RADS). *Radiology.* 2019; 291: 5-13. [\[CrossRef\]](#)
- [42]. Jassens AM, Offner FC, Van Hove WZ. Bone marrow necrosis. *Cancer.* 2000; 88: 1769-80. [\[CrossRef\]](#)
- [43]. Tang YM, Jeavons S, Stuckey S, Middleton H, Gill D. MRI features of bone marrow necrosis. *AJR Am J Roentgenol.* 2007; 188: 509-14. [\[CrossRef\]](#)
- [44]. Murakami H, Kawahara N, Gabata T, Nambu K, Tomita K. Vertebral body osteonecrosis without vertebral collapse. *Spine (Phila Pa 1976).* 2003; 28: 323-8. [\[CrossRef\]](#)
- [45]. Udby PM, Samartzis D, Carreon LY, Andersen MØ, Karppinen J, Modic M. A definition and clinical grading of Modic changes. *J Orthop Res.* 2022; 40: 301-7. [\[CrossRef\]](#)
- [46]. Udby PM, Bendix T, Ohrt-Nissen S, Lassen MR, Sørensen JS, Brorson S, et al. Modic changes are not associated with long-term pain and disability: a cohort study with 13-year follow-up. *Spine (Phila Pa 1976).* 2019; 44: 1186-92. [\[CrossRef\]](#)
- [47]. Herlin C, Kjaer P, Espeland A, Skouen JS, Leboeuf-Yde C, Karppinen J, et al. Modic changes-their associations with low back pain and activity limitation: a systematic literature review and meta-analysis. *PLoS One.* 2018 ;13: e0200677. [\[CrossRef\]](#)
- [48]. Saukkonen J, Määttä J, Oura P, Kyllönen E, Tervonen O, Niinimäki J, et al. Association between Modic changes and low back pain in middle age: a Northern Finland Birth Cohort study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2020; 45: 1360-7. [\[CrossRef\]](#)
- [49]. Weishaupt D, Zanetti M, Hodler J, Min K, Fuchs B, Pfirrmann CW, et al. Painful lumbar disk derangement: relevance of endplate abnormalities at MR imaging. *Radiology.* 2001; 218: 420-7. [\[CrossRef\]](#)

- [50]. Laustsen AF, Bech-Azeddine R. Do Modic changes have an impact on clinical outcome in lumbar spine surgery? a systematic literature review. *Eur Spine J*. 2016; 25: 3735-45. [\[CrossRef\]](#)
- [51]. Modic MT, Steinberg PM, Ross JS, Masaryk TJ, Carter JR. Degenerative disk disease: assessment of changes in vertebral body marrow with MR imaging. *Radiology*. 1988; 166: 193-9. [\[CrossRef\]](#)
- [52]. Pastushyn AI, Slin'ko EI, Mirzoyeva GM. Vertebral hemangiomas: diagnosis, management, natural history and clinicopathological correlates in 86 patients. *Surg Neurol*. 1998; 50: 535-47. [\[CrossRef\]](#)
- [53]. Zafeiris CP, Lewkonja P, Jacobs WB. Atypical vertebral hemangioma: an aggressive form of a benign disease. Case report and literature review. *J Musculoskelet Neuronal Interact*. 2021; 21: 317-21. [\[CrossRef\]](#)
- [54]. Jiang L, Liu XG, Yuan HS, Yang SM, Li J, Wei F, et al. Diagnosis and treatment of vertebral hemangiomas with neurologic deficit: a report of 29 cases and literature review. *Spine J*. 2014; 14: 944-54. [\[CrossRef\]](#)
- [55]. Morales KA, Arevalo-Perez J, Peck KK, Holodny AI, Lis E, Karimi S. Differentiating atypical hemangiomas and metastatic vertebral lesions: the role of T1-weighted dynamic contrast-enhanced MRI. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2018; 39: 968-97. [\[CrossRef\]](#)
- [56]. Cao J, Gao S, Zhang C, Zhang Y, Sun W, Cui L. Differentiating atypical hemangiomas and vertebral metastases: a field-of-view (FOV) and FOCUS intravoxel incoherent motion (IVIM) diffusion-weighted imaging (DWI) study. *Eur Spine J*. 2020; 29: 3187-93. [\[CrossRef\]](#)
- [57]. van Vucht N, Santiago R, Pressney I, Saifuddin A. Anomalous signal intensity increase on out-of-phase chemical shift imaging: a manifestation of marrow mineralisation? *Skeletal Radiol*. 2020; 49: 1269-75. [\[CrossRef\]](#)
- [58]. Paladino LP, Belzarena AC, Henderson-Jackson E, Joyce DM. Metastatic vertebral lesion mimicking an atypical hemangioma with negative 18F-FDG positron emission tomography-computed tomography. *Radiol Case Rep*. 2019; 14: 1401-6. [\[CrossRef\]](#)
- [59]. Hegde G, Azzopardi C, Davies AM, Patel A, James SL, Botchu R. Spinal collision lesions. *J Clin Orthop Trauma*. 2021; 19:21-25. [\[CrossRef\]](#)
- [60]. Stevens SK, Moore SG, Kaplan ID. Early and late bone-marrow changes after irradiation: MR evaluation. *AJR Am J Roentgenol*. 1990; 154: 745-50. [\[CrossRef\]](#)
- [61]. Kim NR, Choi JY, Hong SH, Jun WS, Lee JW, Choi JA, et al. "MR corner sign": value for predicting presence of ankylosing spondylitis. *AJR Am J Roentgenol*. 2008; 191: 124-8. [\[CrossRef\]](#)
- [62]. Sheldon PJ, Forrester DM. Imaging of amyloid arthropathy. *Semin Musculoskelet Radiol*. 2003; 7: 195-203. [\[CrossRef\]](#)
- [63]. Parmar H, Rath T, Castillo M, Gandhi D. Imaging of focal amyloid depositions in the head, neck, and spine: amyloidoma. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2010; 31: 1165-70. [\[CrossRef\]](#)
- [64]. Mirowitz SA. Hematopoietic bone marrow within the proximal humeral epiphysis in normal adults: investigation with MR imaging. *Radiology*. 1993; 188: 689-93. [\[CrossRef\]](#)
- [65]. Adhikari P, Khadka S, Regmi PR, Shrestha A, Panta BR, Bhandari S, et al. Primary spinal non-Hodgkin lymphoma presenting as impending cauda equina syndrome: a case report. *Ann Med Surg (Lond)*. 2022; 83: 104696. [\[CrossRef\]](#)
- [66]. Moussaly E, Nazha B, Zaarour M, Atallah JP. Primary non-Hodgkin's lymphoma of the spine: a case report and literature review. *World J Oncol*. 2015; 65: 459-63. [\[CrossRef\]](#)
- [67]. Rodríguez-Laval V, Lumbreras-Fernández B, Aguado-Bueno B, Gómez-León N. Imaging of multiple myeloma: present and future. *J Clin Med*. 2024; 13: 264. [\[CrossRef\]](#)

Eğitici Noktalar

Sayfa 537

Kırmızı ve sarı kemik iliği dengesi cinsiyet ve yaşa bağlı olarak değişir. Kadınlarda erken erişkin dönemde erkeklere göre daha fazla hematopoetik kemik iliği bulunur. Kemik iliğindeki sıvı/yağ oranı erkeklerde 25, kadınlarda 45 yaşından sonra azalmaya başlar. Aksiyel iskelette kırmızı kemik iliği 40 yaşın altındaki kişilerde difüz dağılım gösterir ve sadece basivertebral pleksus çevresinde sarı kemik iliği seçilir.

Sayfa 542

Kemik iliği infiltrasyonu veya replasmanı medüller kavitede tümör veya enfeksiyonlara bağlı olarak anormal hücreler veya maddelerin mevcut olmasıdır. Arada normal yağ doku intensiteleri seçiliyorsa infiltrasyon, seçilmiyorsa replasman olarak adlandırmak uygundur.

Sayfa 545

Özellikle difüz kemik iliği infiltrasyonu olduğunda myelomatöz kemik iliği lezyonlarının tanısında DAG'nin sensitivitesi %96, spesifisitesi %99 olarak bulunmuştur.

Sayfa 546

Yeni tanı MM olgularında 7'den fazla fokal lezyon saptanmasının, sitogenetik de dahil olmak üzere diğer klinik parametrelerden bağımsız olarak genel sağkalım için kötü prognostik faktör olduğu bildirilmiştir.

Sayfa 547

MRG'de saptanan fokal lezyonlardan daha büyük olanların küçük lezyonlara göre daha erken dönemde litik hale geldiği, aksiyel iskeletteki bir lezyonun osteolitik olma ihtimalinin apendiküler iskelete göre 1,46 kat daha fazla olduğu gösterilmiştir.

Sayfa 547

MRG'de T1AG'de 5 farklı kemik iliği tutulum paterni tanımlanmıştır: Difüz, fokal, kombine fokal ve difüz, heterojen (variegated) ve normal.

Sayfa 548

DAG kullanıldığında fokal lezyonlarda tedavi yanıtı daha iyi değerlendirilebilmektedir. Başarılı bir şekilde tedavi edilmiş fokal lezyonda ADC değerlerinde artış görülür.

Sayfa 549

Ayrııcı tanısında yer alan avasküler nekroz sıklıkla femur başı gibi apendiküler iskeleti tutan, periartiküler alanları tutma eğiliminde ve daha fokal bir lezyondur. KİN ise daha yaygın, vertebraları tutma ihtimali daha yüksek olan bir patolojidir.

Sayfa 551

Atipik hemanjiomların T1AG'de hipointenstir. Semptomatik olma ihtimali daha yüksektir.

Sayfa 553

T2 Ağırlıklı görüntüleme metastazların periferinde halkasal hiperintensite izlenebilir, buna halo bulgusu denir ve maligniteye ve aktif lezyona işaret eder.

Çalışma Soruları

1. Kemik iliği patolojilerinin değerlendirilmesinde tercih edilecek görüntüleme metodu hangisidir?
 - a. Direkt grafi
 - b. Ultrasonografi
 - c. Bilgisayarlı tomografi
 - d. Manyetik rezonans görüntüleme
2. T1 ağırlıklı görüntülerde kemik iliği değerlendirilirken normal vertebra korpus intensitesinin nasıl olması beklenir?
 - a. Diske göre hipointens
 - b. Diske göre hiperintens
 - c. Kasa göre izointens
 - d. Kasa göre hipointens
3. Yeni tanı multipl myelom olgularında manyetik rezonans görüntülemede kaç lezyondan fazla olması kötü prognostik faktördür?
 - a. 4
 - b. 5
 - c. 6
 - d. 7
4. Metastazlarda hangi bulgu aktif lezyona işaret eder?
 - a. T1 ağırlıklı görüntüde periferik hipointensite
 - b. T2 ağırlıklı görüntüde periferik hipointensite
 - c. T1 ağırlıklı görüntüde periferik hiperintensite
 - d. T2 ağırlıklı görüntüde periferik hiperintensite
5. Aşağıdakilerden hangisi normal hematopoetik kemik iliğine işaret eder?
 - a. Lezyon içerisinde T1 ağırlıklı görüntüde hiperintensite olması
 - b. Lezyon içerisinde T1 ağırlıklı görüntüde hipointensite olması
 - c. Lezyon içerisinde yağ baskılı görüntüde hiperintensite olması
 - d. Lezyon içerisinde T2 ağırlıklı görüntüde hipointensite olması