



# Kemik Sintigrafisi: Temel Prensipler, Tuzaklar ve Püf Noktaları

## Bone Scintigraphy: Basic Principles, Pitfalls and Pearls

© Zehra Özcan

Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

### Öz

Kemik sintigrafisi maliyeti düşük, kolay ulaşılabilen ve iskelet lezyonlarını yüksek duyarlılık ile saptaması nedeniyle tercih edilen bir incelemedir. Buna karşın özgünlüğü düşük olduğundan bulguların klinik öykü, olası varyant ve artefaktlar veya taklitçi lezyonlar dikkate alınarak değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Bu derlemede kemik sintigrafisinde görüntülemeye esas oluşturan temel fizyopatolojik mekanizmalar, tanısal değerlendirmede ayırıcı tanı için dikkate alınması gereken ve sıklıkla karşılaşılan hata kaynakları ve tuzaklar ele alınmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Kemik sintigrafisi, Tc-99m MDP, difosfonat

### Abstract

Bone scintigraphy is a preferred examination because of its low cost, easy access and detection of skeletal lesions with high sensitivity. However, since its specificity is low, it is very important to evaluate the findings by considering the clinical history, possible variants and artifacts or mimic lesions. In this review, the basic physiopathological mechanisms that form the basis of imaging in bone scintigraphy, sources of error and pitfalls that should be considered for differential diagnosis in diagnostic evaluation and are frequently encountered are discussed.

**Keywords:** Bone scan, Tc-99m MDP, diphosphonate

### Giriş

Kemik sintigrafisi tüm nükleer tıp incelemeleri arasında klinikte en sık uygulananlardan biridir. Düşük maliyetli, yaygın, kolay ulaşılabilen ve tüm vücudu görüntüleyebilen bir inceleme olması gibi avantajları bulunmaktadır. Ayrıca iskelet lezyonlarını yüksek duyarlılık ile saptaması nedeniyle klinikte sıklıkla tercih edilen bir incelemedir. Sürekli kendini yenileyen kemiğin, yapım-yıkım döngüsünde (turn-over) %5 düzeyinde bir değişme bile kemik sintigrafisine yansımaktadır. Bu nedenle konvansiyonel radyografiden önce kemikteki değişiklikleri göstermesi yüksek duyarlılığını işaret etmektedir (1,2). Buna karşın özgünlüğü düşük olup iskelet lezyonlarının ayırıcı tanısındaki katkısı sınırlıdır. Ancak günümüzde konvansiyonel kemik

sintigrafisinden tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi (SPECT)/bilgisayarlı tomografiye (BT) geçişle birlikte hibrit sistemlerin sağladığı morfolojik bilgi yöntemin özgünlüğünü önemli ölçüde iyileştirmiştir (3,4).

### Radyofarmasötikler, Tutulum Mekanizmaları ve Farmokinetik

Kemik, yaşam boyunca yenilenmesini sürdüren, "remodelasyon" gösteren dinamik bir organdır. Osteoklastların kemik rezorpsiyonu ile osteoblastların kemik formasyonu arasındaki bu devinim iskeletin biyomekanik strese karşı adaptasyonunu sağlar (1). Değişen mekanik gereksinimler ve fizyopatolojik çeşitli mekanizmalar osteoklastik ve osteoblastik aktivite döngülerini sürekli uyarır. Enfeksiyöz, travmatik veya tümoral pek çok patolojik durumda osteoblastik

### Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Prof. Dr. Zehra Özcan, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

**E-posta:** zehra.ozcan@yahoo.com **ORCID ID:** orcid.org/0000-0002-6942-4704

©Telif Hakkı 2022 Türkiye Nükleer Tıp Derneği / Nükleer Tıp Seminerleri, Galenos Yayınevi tarafından yayınlanmıştır.

aktivitenin uyarılması kemik sintigrafisinde aktivite tutulumunda artışla kendini gösterir.

Kemik sintigrafisinde bifosfonat veya difosfonat ismi ile bildiğimiz fosfat grubu içeren radyofarmasötikler kullanılmaktadır. Bunlar içinde en sık kullanılanlar Tc-99m metilen difosfonat (MDP) ve Tc-99m hidroksimetilendifosfonat olarak sayılabilir. Kan havuzundan hızlı klire olan ve iskelet dokusuna afinite gösteren bu bileşikler, kemikte aktif mineralizasyon ve remodelasyon sahalarında tutunurlar (1). Bu bağlanmanın önemli bölümü kemiğin mineral fazı olan hidroksiapatit kristallerine bağlanma olup "kemisorbsiyon" olarak tanımlanır. Daha az bir bölümü ise kemiğin organik matriksine, immatür kollagen dokusuna bağlanır. Fosfonatların kemik dokusunda tutulmasında lokal kemik kanlanması, permeabilite artışı, kemik yüzey alanında artış ve yeni kemik formasyonu ile karakterize osteoblastik aktivitenin yüksek olması etkin rol oynar (1).

Intravenöz enjeksiyon sonrası bifosfonatların kandan klirensi kemik tutulumu ve üriner ekskresyonla ilişkili olarak biekspansiyonel bir seyir izler. Enjeksiyonun 4. saatinde verilen aktivitenin yaklaşık %60'ı kemiklerde tutulur, bağlanmayan %34'lük bir fraksiyon ise üriner yolla atılır, %6'sı sistemik dolaşımda kalır (2). Renal ekskresyon glomerüler filtrasyon yolu ile gerçekleşir. Bifosfonatlar maksimum kemik akümülyasyonuna 1. saatten itibaren ulaşır ve 72 saate dek büyük ölçüde sabit kalır. Ancak yumuşak dokulardan radyofarmasötüğün atılımı yavaş olduğundan optimal kemik/yumuşak doku oranına enjeksiyondan 2-3 saat sonra ulaşılır (1,2). Enjeksiyondan sonra görüntülerin geç alınması ve hastanın sıvı tüketiminin artırılması ile yüksek kemik/yumuşak doku tutulum oranı sağlanır. Hidrasyonun artırılması ve mesanenin boşaltılması alınan radyasyon dozunun azaltılmasında da yararlı olur.

#### **Klinik Endikasyonlar**

Kemik sintigrafisi en çok metastatik kemik odaklarının taranması amacıyla istenmektedir. Bununla birlikte iskeletin primer veya sekonder neoplastik süreçleri, romatolojik ve oosteroartiküler enfeksiyonlar (osteomyelit, septik artirit, protez enfeksiyonları gibi), metabolik kemik hastalıkları, sportif ve travmatik patolojiler (stres fraktürü, okült fraktür, psödöartroz vb.) belli başlı klinik endikasyonlar olarak sıralanabilir (2). Kemik sintigrafisinin klinikte sıklıkla yapıldığı klinik durumlar ve bulguları bu sayıda yer alan diğer makalelerde ayrıntılı olarak ele alındığından burada bahsedilmeyecektir. Bu derlemede öncelikle kemik sintigrafisindeki temel bilgilerin, değerlendirmede

dikkat edilecek hususların, varyasyon ve sık görülen hata kaynakları ile tuzakların gözden geçirilmesi hedeflenmektedir.

#### **Radyasyon Dozimetresi**

Kemik sintigrafisinde radyasyon dozu açısından kritik organ mesanedir. Tüm vücut radyasyon dozu 0,01 rad/mCi, mesane dozu ise 0,1-0,02 rad/mCi dir (2). Kemik sintigrafisinin verdiği doz yaklaşık 4,2-5,3 mSv olarak bildirilmektedir. Çocuklarda bu doz 2,5 mSv kadardır. SPECT/BT görüntülemesinde BT komponentinin özelliklerine göre değişmekle birlikte pelvis veya spinal bölgenin BT'si ile alınan ilave doz 4-10 mSv arasında değişmektedir. Eğer BT lokalizasyon ve atenüasyon düzeltme amaçlı düşük mA sn değerleri ile yapılacak olursa maksimum efektif doz 3mSv'ye düşürülür (2). Gebelik mutlak kontrendikasyondur. Laktasyondaki kadınlarda emzirmeye 4 saat ara verilmesi önerilmektedir (2).

#### **Görüntüleme Protokolü**

Erişkinde enjekte edilen aktivite yaklaşık 500 MBq (300-740 MBq, 8-20 mCi) veya kilogram başına 8-10 MBq'dir. Obez hastalarda bu değer 11-13 MBq/kg olarak önerilmektedir. Görüntüleme sisteminin yüksek rezolüsyon özelliklere sahip olması ve yüksek duyarlı dedektör kullanılması hastaya verilen aktivitenin daha düşük tutulmasını sağlar. Çocuklarda uygulanacak aktivite yaşa göre değişmekle birlikte minimum 40 MBq olarak önerilmektedir (2,5,6). Önemli hususlardan biri geç spot görüntülemelerde yüksek rezolüsyonlu kolimatörün kullanılmasıdır. Kan akımı, kan havuzu görüntülerinde ise genel amaçlı kolimatör yeterli kabul edilir. Çocuklarda tüm vücut tarama yerine spot görüntüleme yapılması ayrıca femur başı gibi küçük bir bölgenin incelenmesi söz konusu ise pin-hole kolimatörün kullanılması önemli noktalardır (5,6).

Kemik sintigrafisi; planar tüm vücut tarama, spot tüm vücut görüntüleme, 3 boyutlu görüntüleme için SPECT veya hibrit sistemlerde SPECT/BT, veya 3 fazlı protokoller kullanılarak yapılabilir. Üç fazlı kemik sintigrafisi semptomatik olan belli bir kemik alanına odaklanarak enjeksiyonun hemen ardından dinamik 1-3 sn aralıklarla yaklaşık 30-60 sn boyunca kan akım görüntülerinin, 3-5 dk sonra kan havuzu görüntülerinin alınması şeklindedir. Kan havuzu görüntüsünün ilk 10 dk içinde alınması, 10. dakikadan sonra alınan görüntünün kemik tutulumunu yansıtacağı dikkate alınmalıdır. Görüntülemenin 3. fazı olan standart görüntüler 2-4. saatte alınır, bazı özel durumlarda bunu 24. saat görüntüleri izler. Yukarıda tanımlanan planar ve SPECT/CT görüntülemelere ait

çekim parametreleri bu derlemenin kapsamı dışında olduğundan, bu hususlarda ulusal ve uluslararası kılavuzların kaynak alınması önerilir (2,5,6,7,8).

### Değerlendirme

Kemik sintigrafisini değerlendirmenin ilk basamağı; hastanın klinik öyküsünün, semptom varlığının, travma veya geçirilmiş bir ortopedik operasyonun sorgulanması, enfeksiyon veya artiritik olayların araştırılması gibi ön bilgilerin sistematik olarak ele alınmasıdır. Malignite öyküsü varsa kemoterapi, hormonoterapi veya radyoterapinin dikkate alınması çok önemlidir. İncelenen alanın radyografi veya diğer görüntüleme bilgilerinin gözden geçirilmesi değerlendirmeye katkı sağlar. Lezyonların anatomik olarak doğru lokalize edilmesi değerlendirmede anahtar niteliğinde olup günümüzde SPECT ve SPECT/BT ile bu noktada doğruluğun önemli ölçüde artmasını sağlamıştır (3,4). Anatominin doğru ortaya konması tanısal değerlendirmenin yorumunu da kolaylaştırmaktadır. Örneğin vertebrada izlenen hiperaktif bulgunun SPECT/BT ile intervertebral alanda veya faset eklemlerde izlenmesi bulgunun dejeneratif nitelikte olduğunu da gösterir.

### Normal Dağılım Paterni ve Sık Görülen Varyasyonlar

Normal bir kemik sintigrafisinde kemik yapıların homojen ve simetrik radyofarmasötik tutulumu göstermesi, atılım yolu olan böbreklerin ve mesanenin, yumuşak dokuların hafif vizüalizasyon göstermesi beklenir. Ön ve arka pozisyonlarda kostaların birbirlerinden ayırt edilmesini sağlayacak, vertebraların sayılmasına izin verecek netlikte elde olunan bir kemik sintigrafisi optimum kalitede kabul edilir (2).

İskelette özellikle aksiyel kemik yapıların, uzun kemiklere göre daha yüksek aktivite gösterdiği dikkat çeker. Bunun nedeni vertebra, pelvis gibi kemiklerde mineralizasyon gösteren trabeküler kemik yüzeyinin kortikal kemik komponentine göre daha fazla olmasıdır (1,9). Sakroiliak eklemler ağırlık taşıyan eklemler olmaları sebebiyle diğer alanlara göre daha aktif izlenir. Lomber vertebralar lordoz etkisi ile anterior imajda daha iyi görülür. Kalça eklemi veya alt ekstremitte ağrısı olan bir hastada yüklenmeye bağlı asemptomatik olan tarafta aktivite artışı gözlenebilir. Kemiklerde kas yapışma yerlerinde fokal artmış aktivite olabilir.

Çocuklarda uzun kemiklerde meta-epifiz alanlar hiperaktif izlenir. Epifiz plakları kapanıncaya kadar yaşla birlikte bu aktivite giderek azalır. Ancak çocuklarda osteomyelit veya metastatik değişikliklerin sıklıkla metafizer bölgeleri tutması nedeniyle bu bölgelerin her

koşulda dikkatle değerlendirilmesi gerekir (1,5,6). Ayrıca çocuklarda kraniyumda özellikle kafa tabanında fokal artmış aktivite gözlenir. Bu en belirgin olarak sfenoid ve oksipital kemiğin tabanı arasındadır ve kraniyal sütürlar kapandıkça uptake azalır (1).

Kadınlarda gözlenen varyant bulgular meme yumuşak dokusunda fizyolojik hafif/ilımlı aktivite tutulumu veya menstrüel siklus sırasında pelvisi içine alan dinamik görüntülerde uterusu vaskülarite artışı sayılabilir (1). Ayrıca doğum sonrası olgularda simfisis pubiste pelvik diastazise bağlı aktivite görülebilir.

### Bölgelere Göre Kemik Sintigrafisinde Sık Gözlenen Varyatif Bulgular

Baş boyun bölgesinde mandibulada diş patolojileri ve sinüslerde yangısal değişikliklere bağlı aktivite sıklıkla görülür. Kalvaryal kemiklerde özellikle frontal kemikte kalınlaşma bulgusu, “hiperosteosis frontalis” gözlenebilir. Kalvaryumda diffüz aktivite artışı metabolik kemik hastalıkları veya kemoterapi etkisi ile ortaya çıkabilir. Kraniyal sütürların belirgin izlenmesi sıklıkla renal osteodistrofi gibi metabolik kemik hastalıklarını düşündürür. Bazı olgularda tiroid veya hyoid kartilajındaki kalsifikasyon hiperaktivite olarak izlenebilir.

Toraks kemik yapılarında sternumda aktivite tutulum paterni değişik varyasyonlar gösterebilir. Özellikle manibrium-corporis bileşkesinde fokal artmış aktivite ve sternum alt uça sternal foramene ait fotopenik alan sık görülen varyatif bulgulardır. Skapula alt ucunda izlenen bir aktiviteyi kosta aktivitesinden ayırmak zor olduğunda kollara farklı pozisyonlar vererek çekim tekrarlanır ve bu ayırım sağlanır. Omuzda diğer alanlara göre acromion ve korakoid çıkıntı belirgin izlenen noktalar. Sternoklaviküler ve akromioklaviküler eklemlerde osteodejeneratif değişikliklere bağlı tutulum yaşla birlikte artar.

Vertebralarda özellikle ilerleyen yaşla birlikte dejeneratif bulguların da görülmesi nedeni ile metastaz ayırımı zordur. SPECT/BT bu açıdan yardımcı olsa da akılda tutulması gereken noktalardan biri vertebra korpusundan posterior elemanlara doğru ve pedikülleri içine alan bir aktivitede metastaz daha olasıdır. Korpusun ön tarafını, faset eklemleri veya intervertebral diski içine alan bir bulgu ise daha çok dejeneratif olarak yorumlanır. Vertebral korpus fraktürleri horizontal lineer patern ile kendini gösterir. Ancak bu bulgu ile çökme fraktürünün malign bir kollaps veya osteoporotik çökme kırığından ayırımı yapılamaz. Bu durumda manyetik rezonans ve diğer görüntüleme yöntemleri yol gösterici olur.

Pelvik bölgede optimum değerlendirme için mesanede aktivitenin olmaması ve hastaların çekim öncesi mesaneyi boşaltması istenir. Kadınlarda doğum sonrası pelvik diastazis bulgusu olabilir. Erkek hastalarda iskiumda veya iskial çıkıntıda asimetric aktivite izlendiğinde prostat kanserli bir olguda metastaz lehine yorumlanabileceği gibi bu bölgeye yapışan hamstring kas gruplarındaki bir incinme de ayırıcı tanıda dikkate alınmalıdır.

Alt ekstremitelerde, patellada diğer kemiklere göre yüksek aktivite tutulumu "hot" patella olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca tekrarlayan mekanik strese bağlı kas ve tendon yapışma yerlerinde (tibial tuberositöz gibi) fokal uptake gözlenmektedir.

#### Artefaktlar

Kemik sintigrafisinde farklı nedenlere bağlı teknik nedenli diyebileceğimiz yanıltıcı bulgular ortaya çıkabilir. Bunlar kullanılan radyofarmasötığe, bunun hazırlanma veya uygulanma şekline, görüntüleme protokolündeki bir hataya veya cihazdaki nedenlere bağlı olabilir (Tablo 1).

Cihazın pik ayarının tam olmaması, kalibrasyon ve kalite kontrollerinde sorun bulunması artefaktlarla sonuçlanabilir (9,10,11). Enjeksiyon sırasında ekstrasvazyon sık görülen bir artefaktır; antekübital enjeksiyonda aktivitenin bir bölümünün yumuşak dokuda kaldığı ve lenfatik drenaj nedeniyle aksiller lenf nodlarında tutulum olduğu görülür (Şekil 1).

Ayrıca hastanın çekim esnasında hareket etmesi, üstündeki metalik veya farklı bir materyalden kaynaklanan yanıltıcı sonuçlar, radyoaktivitenin yumuşak dokuda kontaminasyonu sıklıkla karşılaşılan hatalardır. Üriner kontaminasyon kemik dokuya göre belirgin yüksek bir aktivite alanı olarak kolay ayırt edilebilir bir bulgudur. O bölgenin temizlenmesinden sonra çekimin tekrarlanması istenir.

SPECT/BT'de görüntüleme yapılıyorsa hareket, registration hataları, hastanın üzerindeki protez veya metalik enstrümanların neden olduğu artefaktlar, mesane aktivitesi, değerlendirmeyi etkileyen olumsuz faktörlerdir.



**Şekil 1.** Sağ antekübital fossadan yapılan radyofarmasötüğün ekstrasvazyonu ve aksiller trasede lenfatik tutulum

Gövdede görüntüleme yapılırken BT esnasında kolların yanda tutulması streak, çizgisel artefaktları oluşturur.

#### Radyofarmasötik Nedenli Biyodistribüsyon Değişikliği

Kemik sintigrafisinde izlenen Tc-99m difosfonat dağılımının normalden farklı olması, özellikle kemik doku dışında visseral organ tutulumunun olması bize öncelikle kit hazırlanması sırasındaki hataları düşündürür (9,11). Radyofarmasötüğün hazırlandıktan sonra bekletilmeden optimum (ürünün kullanım belgesinde belirtilen süre) sürede enjekte edilmesi önerilir. Oksidasyona duyarlı olduğundan vialde hava girmemesine özen gösterilir. İşaretlenen üründe serbest teknesyum varlığı tiroid bezi, tükrük bezleri ve mide tutulumunun gözlemlenmesi ile hemen tanınır. Karaciğer ve dalakta parankimal radyofarmasötik tutulumu ise hazırlanma sırasında kolloid formasyonuna işaret eder (Şekil 2). Sıklıkla jeneratörden sağım

**Tablo 1. Kemik sintigrafisinde Tc-99m işaretli difosfonatların hazırlanması sırasında olası hatalar ve biyodistribüsyondaki etkileri**

Hatalı radyofarmasötik hazırlama	Kemik sintigrafisine etkisi
Serbest teknesyum varlığı, işaretleme sonrası bekletilmesi	Tiroid, tükrük bezleri, mide tutulumu
Alimünyuma bağlı kolloid formasyonu	Karaciğer, dalakta uptake ve düşük kemik aktivitesi
pH'in yüksek olması	Karaciğer, safra kesesi ve GİS tutulumu
GİS: Gastrointestinal sistem	



**Şekil 2.** Kolloid formasyonu sonucu kemik sintigrafisinde izlenen karaciğer ve dalakta diffüz MDP tutulumu  
MDP: Metilen difosfonat

sırasında alüminyum fazlalığında görülür. Olguların %1'inden azında ise nedeni tam bilinmemekle birlikte özellikle asendan kolonda intestinal aktivitenin görülebileceği bildirilmektedir (12). Ayrıca hastaya bağlı faktörler nedeniyle de viseral dokuda difosfonat tutulumu olabileceği akılda tutulmalıdır. Bunlar yazının kemik dışı yumuşak doku tutulumları bölümünde ayrıca ele alınacaktır.

Enjeksiyonun antekübital fossa yerine örneğin santral venöz kateter gibi farklı bir yerden yapılması halinde aktivite akümüasyonu kosta veya toraksta yumuşak doku

**Tablo 2. Sık görülen yumuşak doku tutulumları ve nedenleri**

Doku/organ	Tutulum nedeni
Meme dokusu	Tümör
Kalp	Enfarkt, amiloidoz
Akciğer	Hiperkalsemi, metastatik kalsifikasyon
Plevral boşluk	Malign effüzyon
Karaciğer	Kalsifik veya nekrotik tümör
Mide	Hiperkalsemi, metastatik kalsifikasyon
Dalak	Orak hücre anemisi
Renal korteks	Hiperkalsemi
Kas	Myozitis, heterotopik ossifikasyon

tutulumu olarak yanlış yorumlanabilir. Yanlışlıkla arteriyel enjeksiyon yapıldığında eldiven tarzında enjeksiyonun distalinde elde yoğun aktivite tutulumu dikkat çeker.

#### İlaç Etkileşimleri

Kemik sintigrafisinde radyofarmasötüğün vücut dağılımını, iskelet yapılarındaki tutulumunu etkileyen ve nükleer tıp hekimlerinin tetkiki değerlendirirken dikkate alması gereken diğer önemli bir unsur olası ilaç etkileşimleridir (1,2,9,10,11). Radyoterapi, kemoterapi, bifosfonatların veya kortikosteroidlerin kullanımı, ağır metal ve demir yüklenmesi sintigrafik bulguları etkiler. Radyoterapiden sıklıkla 4-6 ay sonra tedavi gören alanda radyofarmasötik tutulumu azalmış olarak izlenir. Osteoporoz, kemiğin Paget hastalığı gibi nedenlerle etidronat tedavisi alanlarda, denosumab kullanımında kemik uptake'inin azaldığı bildirilmektedir (1,2). Prostat kanserli olgularda antiandrojenik tedavi jinekomasti ve buna bağlı meme tutulumuna neden olabilir. Demir yüklenmesi intramusküler enjeksiyon alanlarında, karaciğer ve böbrekte yüksek aktivite tutulumuna neden olur. Metotraksat karaciğerde diffüz aktivite oluştururken, nefrotoksik kemoterapötikler sonrasında kemik aktivitesi azalır, renal tutulum artar. Bu etkileşimlerin dikkate alınması, tetkik öncesi hastanın tedavi geçmişinin bilinmesi hatalı değerlendirmelerin önüne geçer.

İlaç etkileşimleri kapsamında değerlendirilebilecek, nükleer tıp klinik pratiği içinde bizi zorlayan önemli bir klinik durum da "flare fenomen"dir. Metastatik kemik hastalarında tedavi sonrası odakların iyileşmesi beklenirken tam tersi, metastazların sayıca artması veya aktivite artışları izlenmesi şeklinde tanımlanabilir (13). Kemoterapiden 2-6 ay sonra osseoz metastatik bulgularda artış, yeni odakların görülmesi ve daha önce mevcut olanların intensitesinde artış şeklinde sintigrafiye yansır. Bu psödoprogresyon; iyileşmeye bağlı osteosklerotik değişiklikler, kemik yapımının artması ve daha önce boyutu veya osteolitik olması nedeniyle görülemeyen odakların skleroz artışı ile görünür hale gelmesidir. Bulguları gerçek progresyondan ayırmak için 3-6 ay sonra kemik sintigrafisinin tekrar edilmesi istenir, bulguların gerilemesi ile tedavi yanıtı doğrulanır.

#### Kemik Sintigrafisinde Yumuşak Doku Tutulumları

Kemik sintigrafisinde üriner atılıma bağlı böbrek ve mesane eksresyonu beklenen yumuşak doku tutulumları olarak izlenirken, örneğin miyozite bağlı bir kas tutulumu veya plevral efüzyon alanında radyofarmasötik akümüasyonu değerlendirmeyi etkileyen beklenmedik

bulgular olarak karşımıza çıkabilir. Yumuşak doku tutulumları 3 ana grupta yer almaktadır (11,13,14). İliki radyofarmasötik hazırlanmasına (serbest teknesyum varlığı vb.) veya enjeksiyon hatasına bağlı artefakt olarak karşımıza çıkan durumlardır. Bu örnekler radyofarmasötik nedeni biyodistribüsyon değişiklikleri içinde yukarıda anlatılmaktadır. Kemik sintigrafisinde iskelet dışı en sık görülen rastlantısal bulgular ise atılım yolu olması nedeniyle genitoüriner sistem yapılarında izlenir. Bu nedenle genitoüriner dokulardaki difosfonat tutulumları ikinci ana grubu oluşturur. Böbrek yerleşim anomalisi veya şekilsel, yapısal bozuklukları kemik sintigrafisine yansıyan ve bazen bizleri yanıltan bulgular olarak karşımıza çıkabilir. Pelvik görüntüde yumuşak dokuda ektoptik böbreğe ait aktivite, atnalı böbrek anomalisi üriner yapılarıdaki dilatasyon, mesane divertikülü sıklıkla gözlenen bulgulardır. Bu anomaliler çoğunlukla hastanın önceki tetkiklerinden biliniyordur. Ancak bilinmiyorsa bu bulgular değerlendirmede ilave katkı sağlayabilir. Örneğin bel ağrısı tanımlayan bir hastada kemik sintigrafisinde hidronefroz bulgusu klinisyeni bu bulgunun araştırılmasına yönlendirebilir.

Genitoüriner sistem dışında yumuşak doku tutulumları üçüncü ve en heterojen grubu oluşturmaktadır (Tablo 2). Yumuşak dokuda kalsiyum depositlerinin oluşmasında; ektoptik osteoblastik aktivite, metastatik kalsifikasyon, bazı tümörlerde osteoid yapımı, kalsiyumun bağlanacağı demir, magnezyum gibi katyonların fazla oluşu, hipoksi, nekroz veya amiloid birikimi gibi distrofik kalsifikasyon oluşturan durumlar sayılabilir (14).

Metastatik kalsifikasyon, hiperkalsemi durumunda yumuşak dokuda difosfonatların birikmesiyle karşımıza çıkar. Sıklıkla parathormon sekresyonunda artış, kemik destrüksiyonu veya D vitamini metabolizma bozukluklarında görülür (11). Özellikle pH değeri alkali eğiliminde olan böbrek, akciğer ve mide gibi organlarda difosfonat tutulumu izlenir. Renal yetmezlikli hastalarda, kronik diyalize giren hastalarında alüminyum toksitesine bağlı veya milk-alkali sendromunda da yumuşak dokularda metastatik kalsifikasyona bağlı tutulum izlenebilir. Distrofik kalsifikasyon ise  $Ca^{+2}$  ve fosfat değeri normal iken travma, iskemi veya hücrenel nekroz nedeniyle dokuda meydana gelen kalsiyum depozisyonunu ifade eder (1,11). Kalp, beyin veya kas dokusunda enfarkt nedeniyle gözlenen difosfonat tutulumları buna örnektir. Orak hücre anemili olgularda dalak enfarktlarında radyofarmasötik tutulumu, dermatomiyozit, flebit, intramusküler enjeksiyon veya skar alanlarındaki tutulum da distrofik kalsifikasyonla açıklanır. Metabolik kalsifikasyon, yumuşak dokuda kemik

formasyonu nedeniyle difosfonat tutulumu gösteren klinik durumları akla getirir (11). Osteosarkomun yumuşak dokudaki metastazlarının osteoid doku yapımı nedeniyle kemik sintigrafisinde saptanması, myozitis ossifikansda kas dokusundaki osteoid değişiklikler, musinöz özellikteki bazı akciğer, meme, gastrointestinal sistem ve over kökenli tümörlerde mevcut bir glikoprotein kalsiyum tuzlarını bağlaması sonucu primer ve metastatik odakların görüntülenmesi buna örnektir (11). Ayrıca nöroblastom gibi bazı tümörlerde intrinsek metabolik mekanizmalar da kalsifikasyonda etkili olabilir.

### Sonuç

Kemik sintigrafisi, iskelet sisteminin benign ve malign pek çok hastalığında kullanılan yüksek duyarlılıkta bir modalitedir. Radyofarmasötik dağılımını etkileyen teknik nedenler veya hastaya bağlı faktörlerin, yaşa bağlı fizyolojik değişimlerin, bireyler arası varyasyonların bilinmesi ve hastanın klinik öykü ve tedavi geçmişinin dikkate alınması kemik sintigrafisinde değerlendirme sürecinin en önemli bileşenleridir.

### Kaynaklar

1. Storey G, Murray IPC: Bone scintigraphy: The procedure and interpretation, in Ell PJ, Gambhir SS: Nuclear Medicine in Clinical Diagnosis and Treatment, Vol I. Churchill Livingstone, Elsevier, NewYork, 2004, pp 593-622en.
2. Van den Wyngaert T, Strobel K, Kampen WU, et al. The EANM practice guidelines for bone scintigraphy. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2016;43:1723-1738.
3. Horger M, Bares R. The role of single-photon emission computed tomography/computed tomography in benign and malignant bone disease. Semin Nucl Med 2006;36:286-294.
4. Mohd Rohani MF, Zaniel AZ, Suppiah S, et al. Bone single-photon emission computed tomography/computed tomography in cancer care in the past decade: a systematic review and meta-analysis as well as recommendations for further work. Nucl Med Commun 2021;42:9-20.
5. Stauss J, Hahn K, Mann M, De Palma D. Guidelines for paediatric bone scanning with 99mTc-labelled radiopharmaceuticals and 18F-fluoride. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2010;37:1621-1628.
6. Aksoy T, Aydın F, Kara Gedik G, et al. TNTD, Çocuklarda Tc-99m ile İşaretli Radyofarmasötikler ve Florit ile Kemik Görüntüleme Kılavuzu 2.0. Nucl Med Semin 2015;1:24-30.
7. Bartel TB, Kuruva M, Gnanasegaran G, et al. SNMMI Procedure Standard for Bone Scintigraphy 4.0. J Nucl Med Technol 2018;46:398-404.
8. Brown ML, O'Connor MK, Hung JC, Hayostek RJ. Technical aspects of bone scintigraphy. Radiol Clin North Am 1993;31:721-730.

9. Gnanasegaran G, Cook G, Adamson K, Fogelman I. Patterns, variants, artifacts, and pitfalls in conventional radionuclide bone imaging and SPECT/CT. *Semin Nucl Med* 2009;39:380-395.
10. Love C, Din AS, Tomas MB, Kalappambath TP, Palestro CJ. Radionuclide bone imaging: an illustrative review. *Radiographics* 2003;23:341-358.
11. Zuckier LS, Martineau P. Altered biodistribution of radiopharmaceuticals used in bone scintigraphy. *Semin Nucl Med* 2015;45:81-96.
12. Ergün EL, Kiratli PO, Günay EC, Erbaş B. A report on the incidence of intestinal <sup>99m</sup>Tc-methylene diphosphonate uptake of bone scans and a review of the literature. *Nucl Med Commun* 2006;27:877-885.
13. Pollen JJ, Witztum KF, Ashburn WL. The flare phenomenon on radionuclide bone scan in metastatic prostate cancer. *AJR Am J Roentgenol* 1984;142:773-776.
14. Loutfi I, Collier BD, Mohammed AM. Nonosseous abnormalities on bone scans. *J Nucl Med Technol* 2003;31:149-153; quiz 154-6.