



Pediyatrik Kas-İskelet Sistemi Olgularında Kemik Sintigrafisi ve Hibrit Görüntüleme

Bone Scintigraphy and Hybrid Imaging in Pediatric Musculoskeletal Cases

© Nedim Cüneyt Murat Gülaldı

Ankara Şehir Hastanesi, Nükleer Tıp Eğitim Kliniği, Ankara, Türkiye

Öz

Pediyatrik hastalarda iskelet sistemini ilgilendiren patolojiler için yapılan kemik sintigrafileri, daha çok benign patolojilerin taranmasında kullanılmakta olup, moleküler görüntülemenin yaygınlaşması ve kullanılan radyofarmasötik sayısının artması sebebiyle daha önceki yıllara göre önemini bir miktar kaybetmiş gözükse de halen özellikle çocukluk yaş grubunda düşük radyasyon maruziyeti ve yüksek duyarlılığı sebebiyle tercih edilmektedir. Klinik muayene ile saptanamayan septik artrit, osteomyelit veya çocuk istismarı gibi olgularda da yüksek hassasiyetle tüm vücudun taranabiliyor olması ve özellikle erken kemik reaksiyonunun belirlenmesi ve tedaviye erken başlanması gerektiğinde, konvansiyonel radyolojik tetkiklere göre üstünlük sağlamaktadır. Erişkin yaş grubunda daha çok malignite taraması için kullanılan kemik sintigrafisi, çocukluk yaş grubuna özgü malign ve benign kemik lezyonlarının tanımlanması ve hastalığın çoklu tutulumunun belirlenmesi ve tedavi cevabını tespit etmede de kullanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Çocuk, pediyatrik, kas-iskelet sistemi görüntüleme, kemik tarama, kemik sintigrafisi, SPECT/BT, MDP, F18-NaF PET

Abstract

Bone scintigraphy performed for pathologies concerning the skeletal system in pediatric patients is mostly used in the screening of benign pathologies. Although it seems to have lost some of its importance compared to previous years due to the widespread use of molecular imaging and the increase in the number of radiopharmaceuticals used, because of low radiation exposure and high sensitivity, it is still preferred in the childhood period. In cases where conditions such as septic arthritis, osteomyelitis or child abuse cannot be detected by clinical examination, the ability to scan the whole body with high sensitivity and especially when it is necessary to detect early bone reaction and start treatment early provides superiority over conventional radiological examinations. Bone scintigraphy, which is mostly used for malignancy screening in the adult age group, is also used to identify malignant and benign bone lesions specific to the childhood age group, to evaluate the multiple involvement of the disease and to determine the treatment response.

Keywords: Children, pediatric, musculoskeletal system imaging, bone scan, bone scintigraphy, SPECT/CT, MDP, F18-NaF PET

Giriş

Tüm vücut kemik sintigrafisi günümüzde pediyatrik grupta halen sıklıkla kullanılan konvansiyonel nükleer tıp yöntemlerinden biridir. Özellikle tek foton emisyonlu bilgisayarlı tomografinin/bilgisayarlı tomografinin

(SPECT/BT) daha yaygın bir şekilde tetkike eklenmesi ile problemler anatomik alanlarda rezolüsyon ve duyarlılık artışı sağlanarak klinik problemin çözülmesine katkı sağlamaktadır. Pediyatrik yaş grubunda kemik sintigrafisinin güncel kullanımda yerini bulan endikasyonları Tablo 1’de verilmiştir.

Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Doç. Dr. Nedim Cüneyt Murat Gülaldı, Ankara Şehir Hastanesi, Nükleer Tıp Eğitim Kliniği, Ankara, Türkiye

E-posta: ngulaldi@yahoo.com ORCID ID: orcid.org/0000-0003-1478-5294

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

Tablo 1. Pediatrik yaş grubunda kemik sintigrafisinin kullanımı

Benign kemik hastalıkları	Akut osteomyelit Kronik Rekürren Multifokal Osteomyelit (KROMO) Travma, stres yaralanmaları, kırıklar Osteoid osteoma şüphesi Çocuk istismarı
İskelet metastazlarının taranması	Yumuşak doku tümörleri Kemik tümörleri Diğer maligniteler
F18-NaF PET/BT görüntüleme	Sporcu yaralanmaları Çocuk istismarı Post-operatif değerlendirme



Şekil 1. Tüm vücut kemik sintigrafisi. Altı yaş erkek hastada sağ tuber iskiyadikumda fokal artmış asimetric aktivite tutulumu normal asimetric kapanan epifiz hattı ile uyumlu. Hasta sağ femur epitelooid sarkom tanılı. Tedavi sonrası normal sınırlarda tüm vücut kemik sintigrafisi

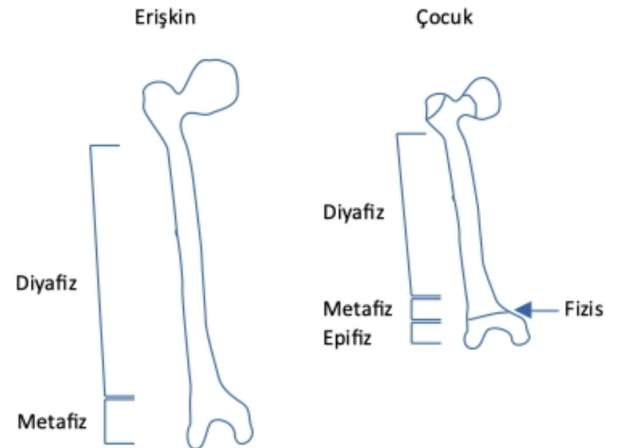
Normal Varyasyonlar

Pediyatrik yaş grubunda Tc-99m-metilendifosfonat (MDP) veya Tc-99m-hidroksidifosfonat (HDP) ile yapılan kemik sintigrafisi değerlendirilirken, patolojik tutulumlar ile karıştırılabilecek normal görünümünün ve olası asimetric bulguların bilinmesi gerekir. Uzun kemiklerin uçları haricindeki epifiz hatlarında asimetric kapanmanın sık görülmesi ve özellikle sternumda olduğu gibi hastada ağrı ve kısmen şişlik hissine de yol açan semptomlarla birlikte olması da aslında tümüyle fizyolojik görünümde olan kemik yapıların yalancı pozitif olarak lezyon bölgesi diye tanımlanmasına yol açabilmektedir (Şekil 1). Fokal tutulum alanlarının özellikle malignite veya lezyon komşuluklarında yalancı pozitif sonuçlara yol açması ile çoğu zaman gereksiz radyasyona yol açan tetkikler eklenebilmekte ve klinisyen için çözüm sunan bir tetkik olmaktan çok, sorun üreten bir tetkik olmasına sebep olmaktadır.

Erişkinlerden farklı olarak özellikle küçük yaş grubu çocuklarda büyük bir makinenin altında uzun süre hareketsiz yatmanın güçlüğü sebebiyle hareket artefaktı haricinde ekstremitelerin eşit sürede sayılamasına ve dolayısı ile asimetric görünüme yol açan tetkik ile özellikle enflamatuvar süreçlerin değerlendirilmesinde hatalı yönlendirme olabilmektedir.

Osteomyelit

Kemik enfeksiyonu başlıca hematogen, yakın komşuluk veya septik yabancı cisim penetrasyonu sebebiyle direkt implantasyonla olabilmektedir. Çocuklarda büyüme ile birlikte kemik yapısı erişkinlerden farklılık gösterir ve hastalıkların da gelişme yerleri



Şekil 2. Pediatrik hastalarda erişkinlerden farklı kemik yapının şematize görünümü

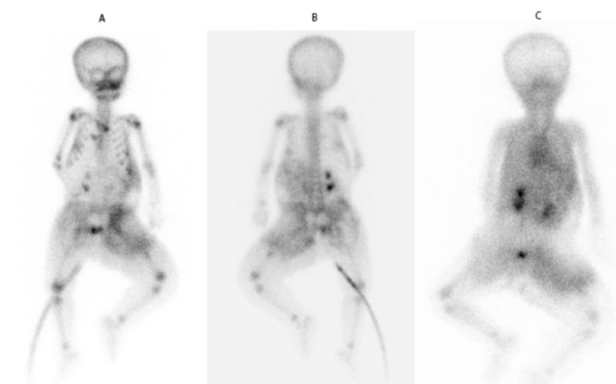
genellikle bu ayrımlara göre yapılır (Şekil 2). Büyüme plağı olarak adlandırılan fizis bölgesi süt çocukluğu dönemi boyunca yani 1 yaşına dek, metafizeal alandan epifize uzanan vasküler kanallar ile beslenirken, çocuk büyüdükçe büyüme plağı kapanma sürecine girer ve artık metafizeal alandan epifizeal bölgeye vasküler uzanım olmaz ve venöz göllenme içerisinde beslenme sağlanır (1). Bu sebeple süt çocukluğu döneminde akut hematojen osteomyelit epifizeal alana vasküler sistemi takip ederek geçebilir ve bu alanlarda akut, subakut veya kronik enfeksiyonlara yol açabilir (2). Akut osteomyelit durumunda kemik içi basıncın artması, kan akımı stazı, trombozis gelişebilir. Bu sebeple erken dönemde yapılan üç fazlı kemik sintigrafisinde kanlanma döneminden itibaren akut enfeksiyon olmasına rağmen lezyon bölgesi hipoaktif görülebilir. Fakat enflamatuvar sürecin başlamasını takiben birkaç gün sonra klasik hiperemi ve geç fazda artmış aktivite tutulumu hem akut hem subakut osteomyelitte belirginleşmeye başlar. Genellikle metafizeal bölgeden başlayan enflamasyon, epifiz hattına doğru yukarıda anlatılan vasküler anatomi sebebiyle büyüme plağına doğru ilerleyip, geç görüntülemeye fizyolojik olarak simetrik artmış tutulum gösteren epifiz hatlarına geçiş bölgesi olan büyüme plaklarında asimetrinin saptanmasını zorlaştırabilir. Bundan kaçınmanın en etkili yolu kan akımı ve kan havuzu fazında henüz epifiz hatları aktivite akümüasyonu göstermeden lezyon bölgesini saptamaktır. Bu sebeple çocukluk çağında sadece kanlanma artışı gösteren lezyonların tespitinde değil, epifiz hattına yakın alanlardaki tutulumların belirlenmesinde de 3 fazlı çalışmanın her aşaması dikkatlice incelenmelidir. Özellikle selülit ve osteomyelit ayrımında daha büyük öneme sahip olan dinamik çalışmada yorumlama aşlında erişkin hastalarda uygulanan rutin değerlendirmeye benzemekte ve selülit olgularında klinik bulgu varlığı daha ön planda iken, osteomyelit durumunda özellikle küçük çocuklarda sessiz seyredebilmektedir (Şekil 3).

Subakut osteomyelit esas itibarıyla Brodie apse formasyonu ile kendini gösterir. Tübüler kemiğin metafizinde lokalize bir enfeksiyon olup, irinle çevrili granülasyon dokusu ve sklerozla karakterizedir.

Çocuk ve adolesanları etkileyen sıklıkla 2-17 yaş arasında tanı alan diğer bir enflamatuvar kemik hastalığı steril osteomyelit ile seyreden ve kronik tekrarlayıcı çok odaklı osteomyelit veya sıklıkla kullanılan klinik tabiriyle kronik rekürren multifokal osteomyelittir (KRMO). Hastalığın tekrarlayıcı olması, 1-20 arasında değişebilen odakta aynı anda görülebilmesi sebebiyle tanının erken dönemde konulabilmesi önem taşır. Bu aşamada

klinisyen tarafından akla geldiğinde tüm vücut kemik sintigrafisi ile hastalığın aktif tutulumlarının olduğu dönemde tanıyı destekleyici bulgular elde edilebilir. Hastalık aksiyel ve periferik iskelette her bölgede görülebilmekte ve uzun kemiklerin metafizeal kısımlarını tercih etmektedir. Distal femur, proksimal ve distal tibia en sık etkilenen alanlardır. Klavikula, pelvis ve vertebra bunu takip eder. Etiyolojisi tam bilinmemekle beraber otoimmün ve otoenflamatuvar hastalık spektrumunda olduğuna inanılır. Zira steroidlerden fayda görür, antibiyotiklerin tedavide yeri yoktur ve enflamatuvar bağırsak hastalıkları ve psöriyazis gibi diğer otoimmün hastalıklar ile birlikte görülebilmektedir. Kemik sintigrafisi KRMO'nun tespitinde oldukça hassas bir görüntüleme yöntemidir. Özellikle pelvis ve vertebra gibi direkt X-ışını görüntülemesinde değerlendirmenin zor olduğu bölgelerde çoklu lezyonların dokümanate edilmesini sağlar (3). Simetrik büyüme plağı çevresi veya metafizeal lezyonlar kemik sintigrafisinin geç faz imajlarında çoğu zaman aşık olmazken, özellikle tüm vücut kan havuzu görüntüleme, odakları doğru tanımlamada büyük öneme sahiptir (Şekil 4)(4). Zira hastaların %80'inde lezyonlar çoklu odaklar halinde gözlenirken, sadece bir odakta da semptomatik olabilmektedir. Kemik sintigrafisinin duyarlılığı semptomatik alanlarda pinhole, SPECT veya SPECT/BT ile artırılabilir.

Nispeten daha ileri yaş grubunda kas-iskelet sistemini ilgilendiren apse formasyonu veya osteomyelit gibi durumların çocukluk yaş grubunda değerlendirilmesi de üç fazlı kemik sintigrafisi ve hibrit görüntüleme ile hassas bir şekilde ortaya konabilir (Şekil 5,6).



Şekil 3. İki yaşında erkek hastada sol uyluk üst yarısında ekstremitte çapında genişleme ve kan havuzu fazında belirginleşen öncelikle yumuşak doku enfeksiyonu ile uyumlu görünüm. Osteomyelit ekarte edilmiştir

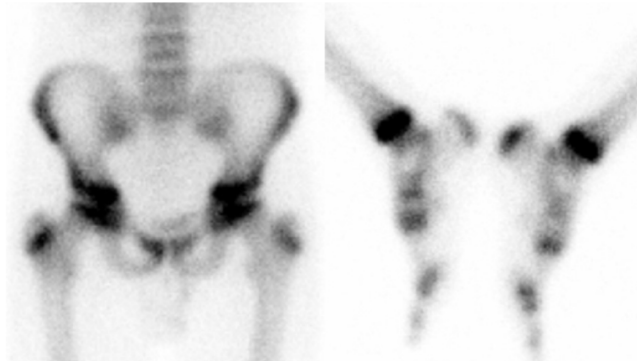
F-18 NaF PET Kemik Görüntüleme

Yaklaşık 60 yıllık bir radyofarmasötik olan flor-18 sodyum florür (F-18 NaF), pozitron emisyon tomografisi (PET)/BT teknolojisinin gelişmesi ile görüntü kalitesinin belirgin artması sonucu klinik kullanımda hızla yerini bulmuştur. Düşük protein bağlanımı ve yüksek ekstraksiyon oranı ile 45 dk içerisinde kaliteli görüntü elde edilmektedir. Pediyatrik grupta kullanımı daha çok benign hastalıklar ve iskelet sisteminin spor veya istismar yolu ile travmasının belirlenmesinde önem kazanmıştır (5). Yine çocuklarda sırt ağrısının araştırılması ve malignite metastazlarının taranmasında da kısıtlı sayıda veri olmasına rağmen kullanılmaktadır (6).

F-18 NaF PET/BT kaza harici gelişen yaralanmalarda rutin tüm vücut kemik taramasında tamamlayıcı olarak kullanılır. Toraksta, vertebrada, kostalarda, klavikula, skapula ve sternumdaki kırıkların tespitini daha duyarlı yapabilmektedir. Bununla birlikte klasik metafizeal lezyonlarda sınırlı duyarlılığı vardır (7).

Travma Araştırılması

İskelet sistemi yaralanmaları fiziksel istismara uğrayan çocukların yarısından fazlasında görülür. En sık rastlanan kırık yeri kostalar olup, bunu humerus ve femur kırıkları takip eder (8). Çocuk istismarında özgül olarak görülen klasik metafizeal lezyonlar veya köşe fraktürü, genellikle 2 yaş altındaki çocukların şiddetli sarsılmasıyla ortaya çıkan ve kemik metafizindeki süngersi doku boyunca oluncu mikro kırıklardan oluşur (9). Bu fraktürlerin tespiti, esas itibarıyla kemik direkt radyografileri ile daha duyarlı bir şekilde ortaya konur. Yine kalvaryumdaki kırıkların belirlenmesi ve kırık yaşı tayininde de direkt grafiler nükleer tıp yöntemlerini tamamlayıcı özelliktedir.

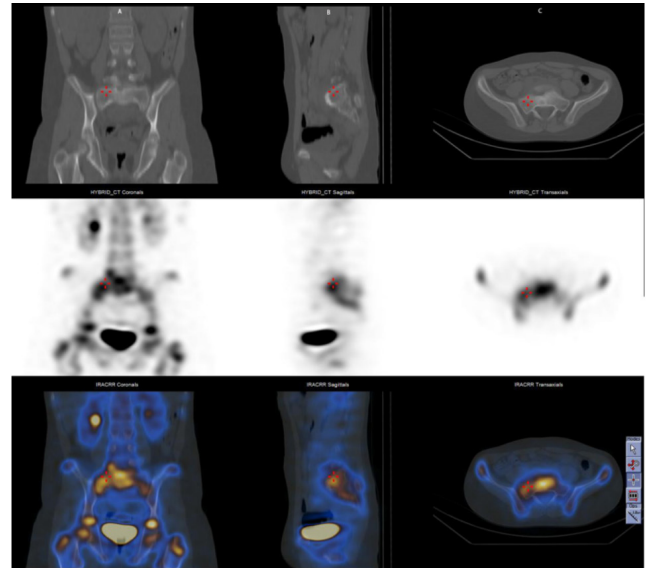


Şekil 4. Anterior pelvis statik kemik sintigrafisi. Sağ superior ramus pubis medialinde ve sağ trokanter majör epifiz hattında simetriğine oranla artmış aktivite tutulumları tespit edilmiştir. Her iki ayak yan statik kemik sintigrafisi. Sol kalkaneus epifiz hattı simetriğine oranla artmış aktivite akümüasyonu göstermiştir

Mandelstam ve ark. (10) yaptığı bir çalışmada çocuk istismarı için yapılan görüntülemelerde saptanan 124 kırık yerinin 77'sinin direkt grafiler ile, 64'ünün de kemik sintigrafisi ile tanımlandığı gösterilmiştir. Kosta kırıkları haricindeki kırıkların %44'ü sadece direkt grafilerle, %25'i ise sadece kemik sintigrafisi ile ortaya konulduğu tespit



Şekil 5. On iki yaşında erkek hastada Brucella enfeksiyonu sonrası sağ lumbosakral bölgede apse ile uyumlu artmış aktivite tutulumu



Şekil 6. Aynı hastanın sağ lumbosakral bölgeye yapılan SPECT/BT çalışması

SPECT: Tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi, BT: Bilgisayarlı tomografi

edilmiş. Yine bu çalışmada klasik metafizeal lezyonlar direkt grafilerde 20 olguda tanımlanabilmiştir.

İki yaş altındaki çocuklarda travmanın değerlendirilmesinde ilk tercih olarak iskelet sistemine ait direkt radyografilerin alınması önerilir. Ancak kosta fraktürlerinin erken tanımlanmasında yetersiz kalan direkt grafilerin kemik sintigrafileri ile birlikte değerlendirilmesi gerekir. F-18 NaF PET görüntüleme kosta kırıklarında ve özellikle posterior kostavertebral kırıkların tanımlanmasında direkt grafilere göre %92'ye karşın %68 oranında daha iyi bir saptama yüzdesi yakalar (5). Kosta fraktürleri ve klasik metafizer lezyonlar radyasyon maruziyetini azaltmak için değerlendirilen manyetik rezonans (MR) görüntüleme ile %40 gibi düşük bir duyarlılık ile saptanabildiğinden çocuk istismarında kullanılması önerilmez.

Rotasyonel zorlanma fraktürü olarak bilinen “yürüme başlangıcındaki çocuk fraktürü” tipik olarak 9 ay-3 yaş arası çocuklarda görülür. En sık tibiada rastlanır. Kemik sintigrafisi bu tip fraktürlerin ortaya çıkartılmasında oldukça hassas bir yöntemdir. Özellikle tibia haricinde metatarsal ve tarsal kemiklerin fraktüründe direkt grafiler ile yeterli sonuç alınamaz.

Spor ile ilişkili yaralanmalar ve stres fraktürleri hareketli dönemin artarak devam ettiği okul çağında daha sık görülmeye başlar. Bu dönemde vücut yükünün bindiği alt ekstremiteler ve özellikle diz altı bölgedeki kemik yapıların stres fraktürü klinik olarak akla geldiği durumlarda kemik sintigrafisi ve MR görüntüleme ile fraktür alanının tespiti hassas bir şekilde yapılabilir (Şekil 7,8).

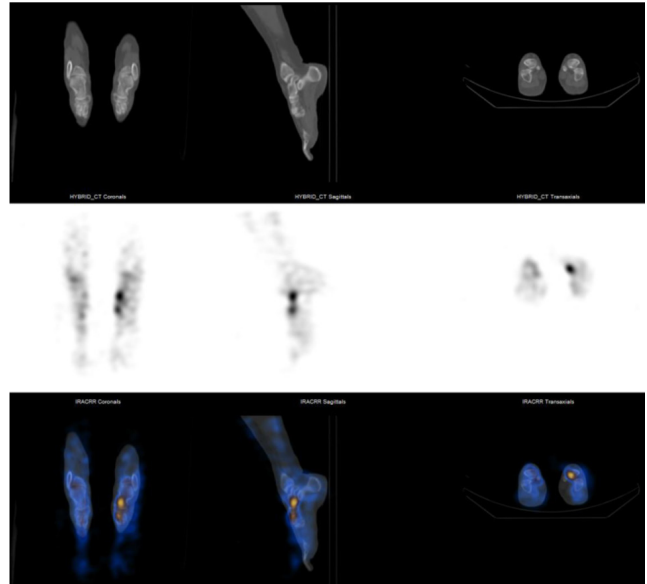
Tibial kemik stres fraktürlerinin sık görüldüğü bir bölgedir. Koşucularda görülen ve antrenman sıklığı veya şiddetinin artırıldığı durumlarda, kemik korteks boyunca gelişen zorlanmadan kaynaklanan “shin splints” diye adlandırılan tibial yaralanmaların tedavisi dinlenme ve lokal rahatlatıcı tedaviler iken, tibia ve fibulada gelişen stres fraktürlerinin atel uygulamasına ihtiyaç duyması sebebiyle birbirinden ayrımı önemlidir. Stres fraktürleri oval şekilli, daha lokalize ve intens bir tutulum olarak gözlenir. Tibial zorlanma yaralanmaları “shin splints” te ise lineer vertikal hafif kortikal aktivite artışı görülür (11).

Tekrarlayıcı hareketlerin kronik zedelenmeye yol açtığı spor dallarında özellikle sırt-vertebral ağrılarının araştırılmasında kemik sintigrafisi ve F18- NaF PET/ BT görüntüleme ile vertebral stres fraktürlerinin erken tanımlanması ve tedavisi için lezyondan sorumlu repetitif hareketten uzaklaşılması önemli olmaktadır.

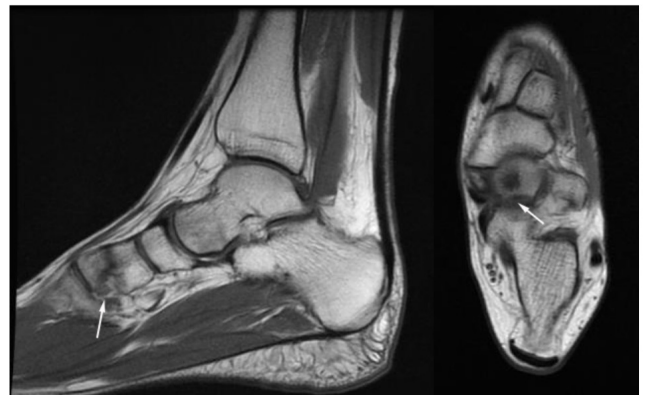
Kemik Tümörleri

Osteoid Osteoma

Çocukluk yaş grubunda görülen en sık benign tümörlerdendir. Tipik olarak gece artan ve anti-enflamatuvarlar ile azalan bölgesel ağrı olarak kendini belli eder. Genellikle 1,5 cm'den küçük santral radyolüsen bir alan içeren nidusla birlikte radyografik görüntü veren lezyonlarda kemik sintigrafisinde fokal atmış aktivite tutulumu saptanır. Özellikle vertebraların posterior elemanlarında görülen lezyonlarda SPECT/BT kullanımı



Şekil 7. On yedi yaşında kız hastada sol ayak naviküler kemik talar kemik boynunda stres fraktürü ile uyumlu görünüm



Şekil 8. Aynı hastanın sol ayak MR görüntüleme. Talar kemik boynu ve intermediate kuneiform kemikte medüller ödem. Kemik sintigrafisinde kuneiform kemik projeksiyonu normal olarak değerlendirilmiştir

MR: Manyetik rezonans

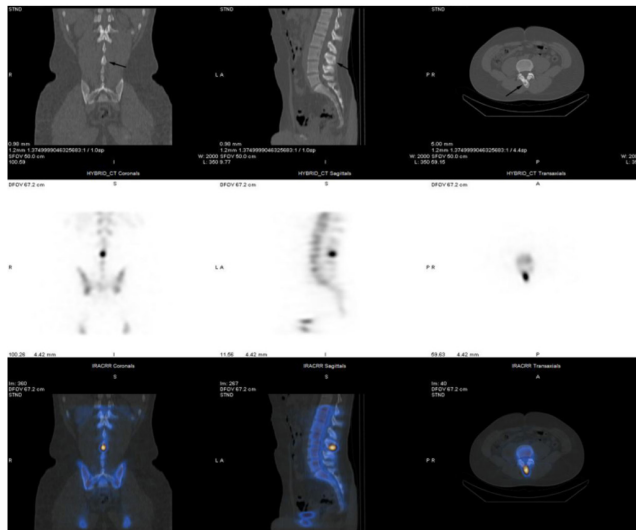
ile lezyonların daha net tanımlanması mümkün olur (Şekil 9,10). Tedavide ağrının tümüyle ortadan kaldırılması için lezyon nidusunun cerrahi olarak çıkarılması veya radyofrekans ablasyonu gereklidir. Kemik sintigrafisinde lezyonun fokal belirgin aktivite tutulumunun olması sebebiyle peri-operatif radyonüklid prob detektörlerle lezyon lokalizasyonu yapılabilmesine olanak sağlar (12).

Langerhans Hücreli Histiositozis

İskelet sisteminin en sık etkilendiği 1-3 yaş grubu çocuklarda sık görülen benign kemik



Şekil 9. On altı yaşında erkek hasta. L3 vertebra spinöz prosesinde osteoid osteoma



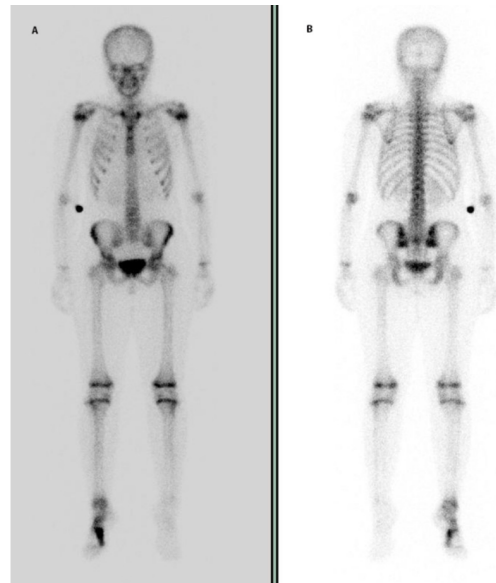
Şekil 10. Aynı hastanın SPECT/BT görüntüsü. L3 vertebra tipik fokal artmış aktivite tutulumu görülmektedir

SPECT: Tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi, BT: Bilgisayarlı tomografi

hastalıklarındadır. Kemik lezyonları tek veya çoklu olarak görülebilir. Çocukta en sık kalvaryum, kostalar, femur, vertebralar ve humerusta görülür. Ancak tüm aksiyel ve periferik iskelette tutulum bazen de yumuşak doku komponentleri ile birlikte görülebilir. Kemik lezyonları erişkin multipl myelom hastalarında görülen lezyonlara benzer nitelikte zımbayla delinmiş gibi düzgün sınırlı litik lezyonlar olarak görülür ve hastalığın aktivitesi ile ilişkili olarak kemik sintigrafisinde artmış aktivite tutulumu gösterir. SPECT/BT görüntüleme ile lezyonların karışık anatomik alanlardan sınırlandırılması mümkün olur (Şekil 11,12). Kemik sintigrafisi ile lezyonların tedavi cevabı da takip edilebilmekteyken, son yıllarda tetkikin SPECT/BT ile yapılması ve PET/BT'nin de görüntüleme algoritmasına eklenmesi ile daha fazla lezyon tanımlanması ve daha etkin tedavi cevabı takibinin mümkün olacağı gösterilmiştir (13,14). PET/BT'nin MR görüntülemeye kıyasla %47'ye karşılık, %76 oranında daha özgül saptama oranına sahip olduğu bulunmuştur. MR görüntüleme beyin tutulumu ve biyopsi planlamada tercih edilmektedir (15).

Osteosarkoma

Çocukluk çağında en sık görülen malign kemik tümörüdür. Daha çok ekstremitelerde uzun kemiklerin metafizeal bölgelerinde görülür. MR görüntüleme ile çevre yumuşak doku komponenti ile olan ilişkisi ayrıntılı bir biçimde görüntülenir.



Şekil 11. On dört yaşında kız hastada sağ ayak 1 metatarsal kemikte langerhans hücreli histiositozis tutulumu

İskelet sisteminde gizli metastazların saptanmasında kemik sintigrafisi basit ve etkili bir yöntemdir. Ayrıca evreleme aşamasında aynı kemikteki atlayıcı lezyonların doğru tanımlanmasına da yardımcı olur (16,17). Osteosarkom lezyonları hem primer kitle hem de metastazları ile kemik sintigrafisinde yoğun osteoblastik aktivite gösterirler (Şekil 13,14).

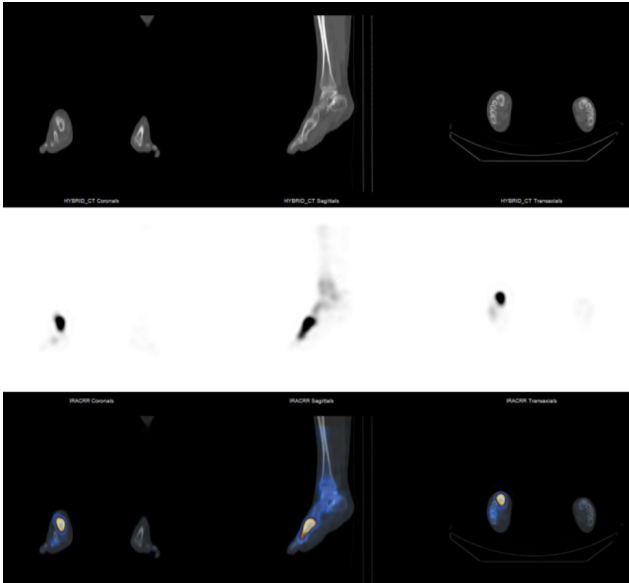
Kemik sintigrafisi günümüzde PET/BT tetkiki ile birlikte yapılarak osteosarkom hastalarının kemoterapi cevabının belirlenmesi ve tedavi sonrası operasyon alanının sınırlanması amacıyla yapılır. Kemik lezyonlarına eşlik eden yumuşak doku hastalığına ait metabolik aktivite tutulumu ile aktif hastalık genişliği belirlenir.

Ewing Sarkom

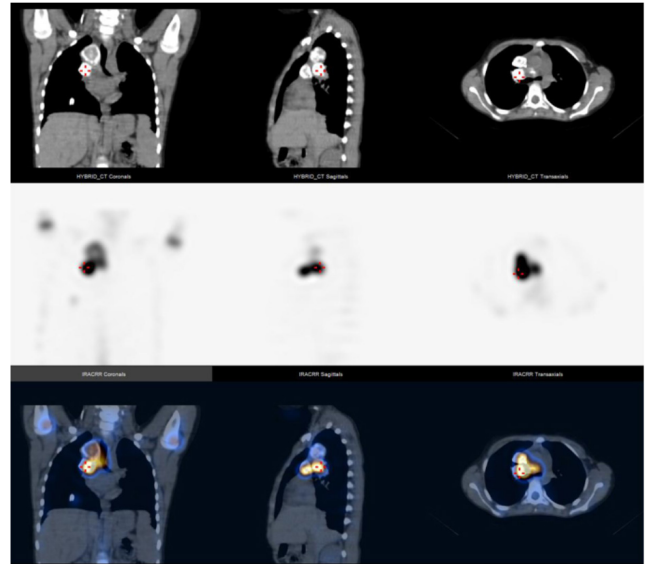
Osteosarkomdan sonra adölesan ve genç erişkinleri etkileyen diğer bir kemik ve yumuşak doku hastalığı Ewing sarkomudur. Aksiyel iskelet, pelvis ve femur en sık tutulum yerleridir. Son yıllarda Ewing sarkom tanı ve takibinde F-18 FDG PET/BT görüntüleme kemik sintigrafisinin yerini almış gözükmemektedir. Zira yumuşak doku komponentleri ile birlikte tedavi cevabının daha iyi bir rezolüsyonla yapılabilen olması kemik sintigrafisini ikinci plana itmiştir (18). Sadece sklerotik kemik metastazları varlığında PET/BT’de saptanmayan kemik metastazlarının görüntülenmesi kemik sintigrafisi ile mümkün olabilmektedir. Bunun haricinde özellikle



Şekil 13. On üç yaş erkek hastada torakstaki osteosarkom kitlesinin Tc-99m MDP tutulumu
MDP: Metilen difosfonat



Şekil 12. Aynı hastanın SPECT/BT görüntüsü. Artmış aktivite tutulumunun anatomik lokalizasyonu daha net yapılabilir. SPECT: Tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi, BT: Bilgisayarlı tomografi

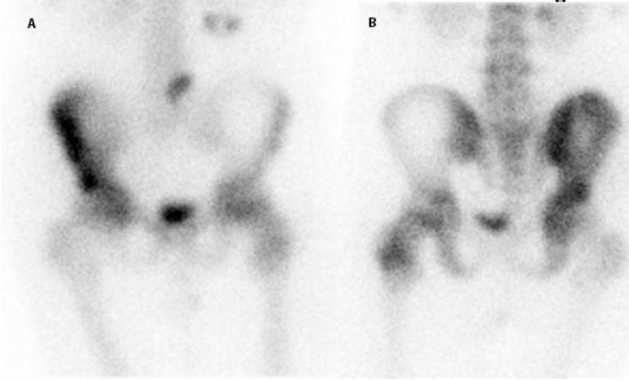


Şekil 14. Aynı hastanın SPECT/BT görüntüsü. Sağ paramediastinal alandaki kitleye ait tutulum
SPECT: Tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi, BT: Bilgisayarlı tomografi

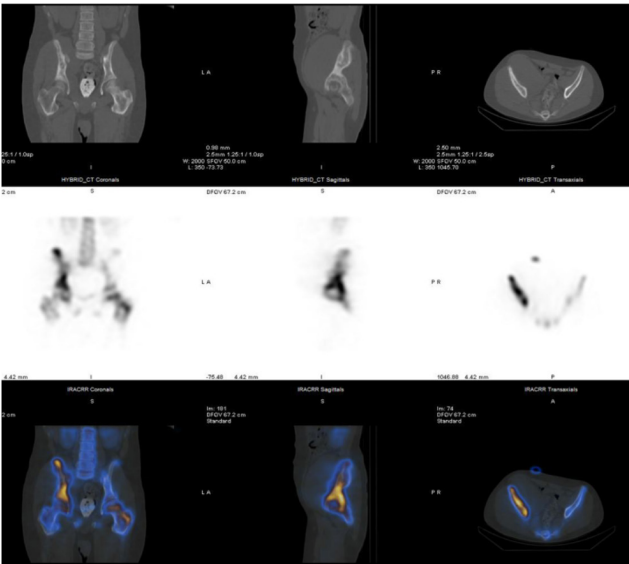
akciğer metastazlarının tespitinin de evreleme, hasta takibinde ve tedavi algoritmasının belirlenmesinde önemli olduğu çocukluk sarkom hastalarında PET/BT öncelikle tercih edilen modalite olmaktadır (17,18,19). Ancak kemik sintigrafisinde Ewing sarkom tümörlerinin primer lezyona ait tutulumunun olması durumunda kemik tutulumunun tedavi cevabı kemik sintigrafisi ile yapılabilmektedir (Şekil 15,16,17).

Kondrosarkom

İlerleyen yaşla birlikte insidansı artan kondrosarkom, kemik kartilajından köken alır. Genellikle düşük grade'li olup, cerrahi rezeksiyona imkan verir. Ancak %10 kadarı yüksek grade'li dediferansiye formunda görülür



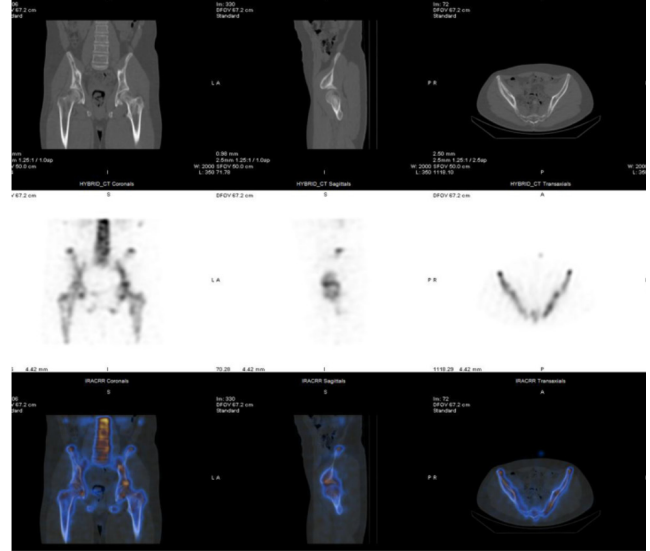
Şekil 15. On beş yaş erkek hastada sağ hemipelviste Ewing sarkom



Şekil 16. Aynı hastanın tedavi öncesi SPECT/BT görüntüsü

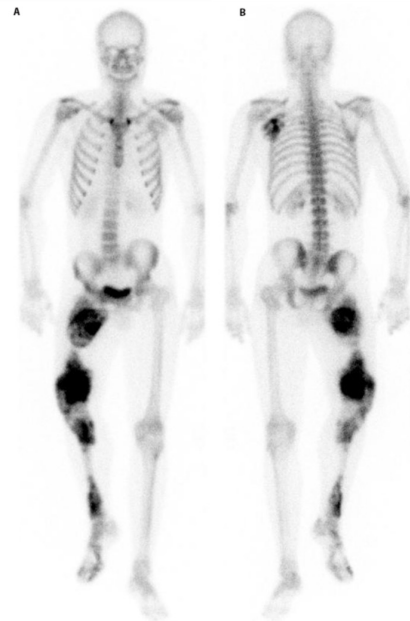
SPECT: Tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi, BT: Bilgisayarlı tomografi

ve 12-18 ay içerisinde iskelet ve akciğer metastazları geliştirerek kötü prognoza sahip olur (20). Tüm vücut kemik sintigrafisi hastalığın iskelet sisteminde yaygınlığını belirlemede değerlidir (Şekil 18). Diğer pediatrik sarkom gruplarında olduğu gibi hem akciğer metastazlarının tespitinde hem de yumuşak doku



Şekil 17. Aynı hastanın tedavi sonrası SPECT/BT görüntüsü. Pelvik kitle tedaviye cevap vermiştir

SPECT: Tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi, BT: Bilgisayarlı tomografi



Şekil 18. On altı yaş erkek hastada sağ alt ekstremitede dediferansiye yüksek grade'li kondrosarkom

komponentlerinin sınırlandırılması açısından yaygın kullanımı artan PET/BT ile evreleme gittikçe daha fazla önem kazanmaktadır (21).

Non-Ossifiye Fibrom

Çocuklarda sıklıkla alt ekstremitelerde görülen non-ossifiye fibrom uzun kemiklerin metafizlerinde yerleşen benign natürlü bir kemik tümörüdür. Nadiren çoklu odakta olup, bu sebeple osteosarkom lezyonları veya metastatik süreçlerle karışabilmektedir (22). Kemik sintigrafisinde kanlanma fazından itibaren artmış aktivite tutulum odakları olarak görülür (Şekil 19,20,21,22). Genellikle BT görünümü patognomonik olmakla birlikte çoklu lezyonlarda maligniteden ayırt etmek her zaman mümkün olmaz ve biyopsi ile tanı koymak gerekebilir.

Fibröz Displazi

Adölesan ve genç erişkinleri etkileyen benign kemik tümörlerindendir. Etkilenen kemiğin medüller mesafesinin fibroosöz doku ile yer değişmesinin sonucu oluşan konjenital bir malformasyondur. Lezyonlar tekli (monostotik) (Şekil 23,24) veya çoklu lokalizasyonda (poliostotik) fibröz displazi natüründe görülebilir. Poliostotik formun yarıya yakını vücudun gövde kesiminde sütlü kahve (cafe-au-lait) lekeleri ve hiperfonksiyone endokrinopati ile birlikte görülen McCune Albright sendromu olarak görülebilir. Özellikle çocuk endokrinoloji kliniğine başvuran erken puberte tanılı adölesanların araştırılmasında kemik sintigrafisinin rutin tarama değeri vardır. Tüm vücut kemik sintigrafisi ve lokal lezyon bölgesine yapılan SPECT/BT inceleme ile lezyonların sayısı ve X-ışını karakteristikleri belirlenir. Çoklu lezyonların varlığı ilgili yaş grubunda diğer malignitelerin metastazlarını da düşündürülebilir (23,24,25).

Metastatik Kemik Hastalığı

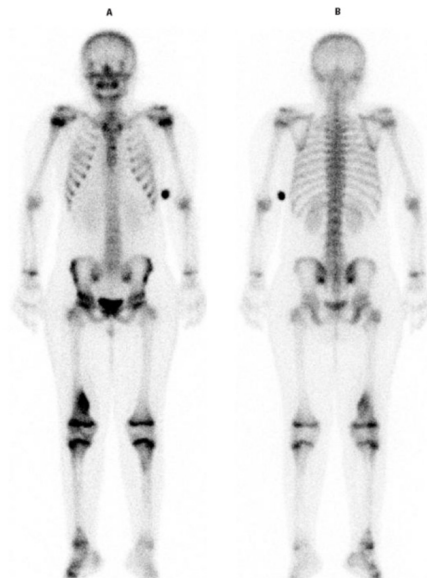
Tüm vücut kemik sintigrafisinin bilinen primer kemik tümörlerinin metastazlarını taramada kullanımı erişkin yaş grubuna benzemekle birlikte özellikle çocukluk çağında görülen tümörlerde halen PET/BT ile birlikte değerlendirilmesi devam etmektedir. Özellikle nöroblastom hastalarının kemik metastazlarını tam olarak lokalize etmek amacıyla, lezyonların farklı natürde metastatik süreçlere yol açması sebebiyle I-123 MIBG, F-18 FDG PET/BT ile birlikte değerlendirilmesi evreleme aşamasında gerçekçi bir skorlamayı sağlamaktadır (26,27,28). I-123 MIBG görüntüleme nöroblastom taramasında spesifik bir tutulum göstermekle birlikte özellikle MIBG negatif hastalar için PET/BT ve kemik sintigrafisi hastalık yaygınlığını belirlemede katkı sağlamaktadır (Şekil 25).

Yumuşak Dokuda Difosfonat Birikimi

Osteosarkomun primer ve metastatik lezyonlarının difosfonat birikim yapabildiği yukarıda bahsedilmiştir. Buna benzer durumda tıpkı erişkin hastalarda olduğu gibi ortopedik operasyonlar sonrasında veya uzun süreli immobilizasyonlarda yumuşak doku içerisinde gelişen kalsifikasyon alanları heterotopik ossifikasyon merkezleri olarak kemik sintigrafisinde aktivite tutulumu



Şekil 19. On bir yaş erkek hastada çoklu non-ossifiye fibrom. Kan havuzunda artmış tutulum



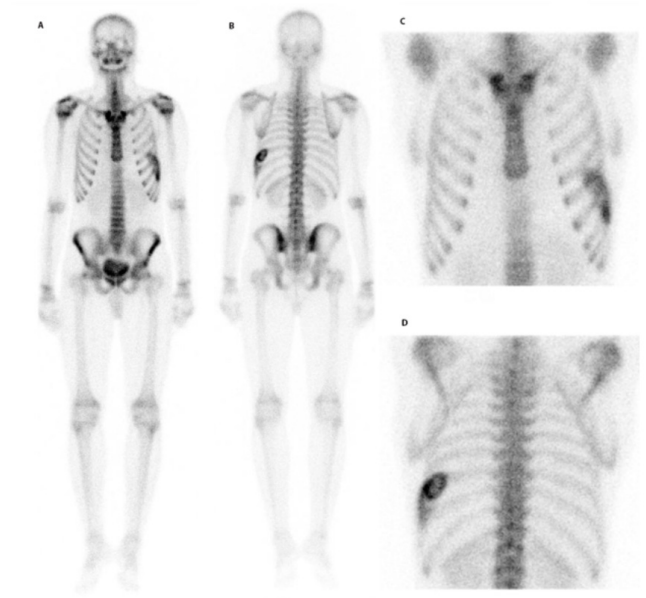
Şekil 20. Aynı hastanın tüm vücut kemik sintigrafisi bulguları. Sağ femur distali, sol tibia proksimal medial, sağ tibia distali, sağ ayak tarsal kemikleri



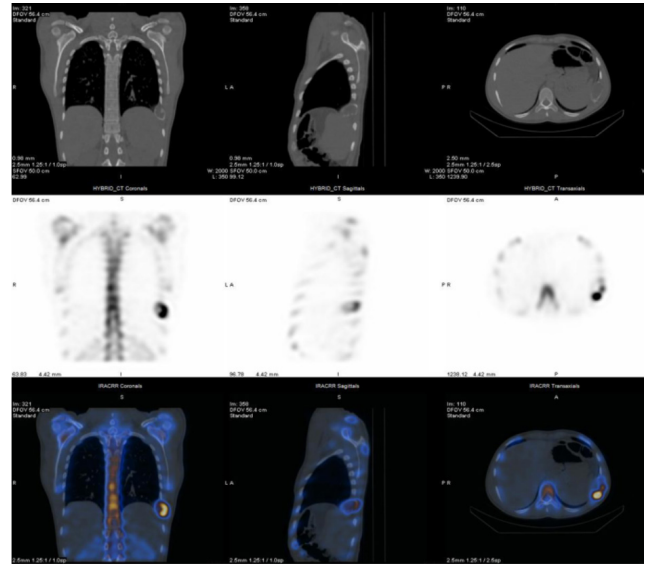
Şekil 21. Aynı hastanın X-ışını görüntüsü. Sağ femur distali medialinde ve sol tibia proksimali medialinde korteks düzensizliğine yol açan fibromatöz gelişime ait heterojen sklerotik görünüm



Şekil 22. Aynı hastanın BT görüntüsü. Sağ femur distalindeki lezyon kesitsel görüntülemeye ayırt edilebilmektedir
BT: Bilgisayarlı tomografi



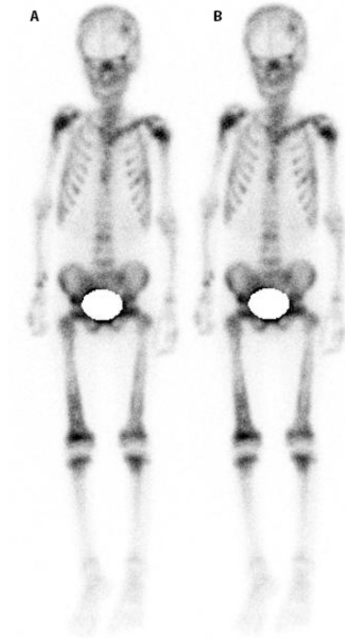
Şekil 23. On yedi yaşında erkek hastada sol 9. kostada monostotik fibröz displazi



Şekil 24. Aynı hastanın SPECT/BT görüntüsü

SPECT: Tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi, BT: Bilgisayarlı tomografi

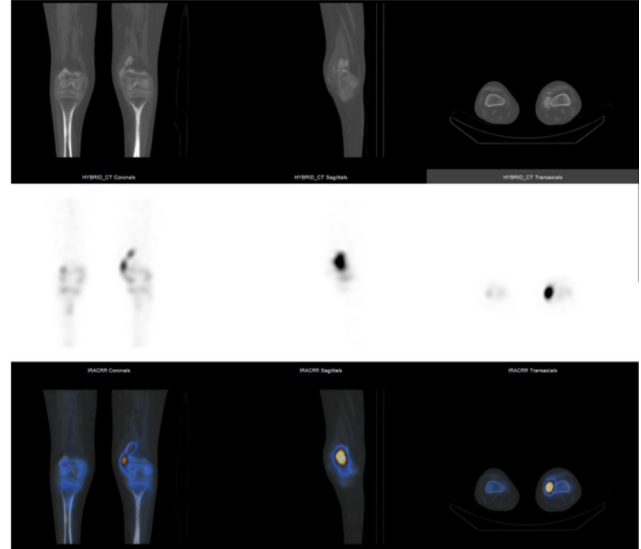
gösterebilmektedir. Bu alanların üç fazlı kemik sintigrafisi ile değerlendirilmesi sonrası kanlanma fazında tutulumun gözükmesi hastalığın aktif olduğu ve cerrahi rezeksiyonun ertelenmesi gerektiği bilgisini klinisyene vermesi açısından anlamlıdır. Zira aktif dönemde yapılan girişimsel işlem lezyonların nüks etmesine yol açacaktır (29,30) (Şekil 26,27).



Şekil 25. Altı yaşında nöroblastoma tanılı erkek hastada kemiklerde çoklu metastatik lezyonlar

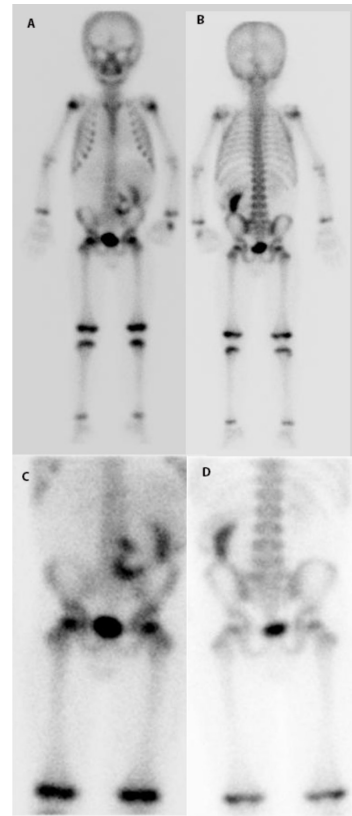


Şekil 26. On iki yaşında paraplejik erkek hastada sol diz eklemi medialinde heterotopik ossifikasyon



Şekil 27. Aynı hastanın SPECT/BT görüntüsü

SPECT: Tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi, BT: Bilgisayarlı tomografi



Şekil 28. Üç yaşında sol renal cell karsinom tanılı erkek hastada kitleye ait yumuşak dokuda Tc-99m MDP tutulumu
MDP: Metilen difosfonat

Renal hücreli karsinom gibi bazı organ tümörlerinde de lezyon içi kalsifikasyona sekonder kemik sintigrafisinde yumuşak doku tutulumları görülebilmektedir (Şekil 28).

Sonuç

Kemik sintigrafisinin pediatrik yaş grupta kullanımı erişkin grup kadar yaygın olmasa da halen bazı kritik hastalıkların tanı ve takibinde önemli klinik katkılar sağlamaktadır. Yakın gelecekte yerini F-18 NaF PET/BT'ye bırakacak gibi gözükken bu modalite uygun radyolojik ve hibrit Nükleer Tıp tetkikleri ile korele değerlendirildiğinde birçok pediatrik klinik problemi çözüyor gözükmektedir.

Kaynaklar

- Schmit P, Glorion C. Osteomyelitis in infants and children. *European Radiology Supplements* 2004;14:1-1.
- Alshammari A, Ashkanani R, Elgazzar A, Usmani S. Chronic Recurrent Multifocal Osteomyelitis in Children: A Multidisciplinary Approach is needed to establish a Diagnosis. *World J Nucl Med* 2013;12:120.
- Acikgoz G, Averill LW. Chronic recurrent multifocal osteomyelitis: typical patterns of bone involvement in whole-body bone scintigraphy. *Nuclear Medicine Communications* 2014;35:797-807.
- Açoğlu EA, Akçaboy M, Yıldız YT, et al. Kronik rekürren multifokal osteomyelit: olgu sunumu. 2019.
- Drubach LA, Sapp MarkV, Laffin S, Kleinman PK. Fluorine-18 NaF PET imaging of child abuse. *Pediatr Radiol* 2008;38:776-779.
- Drubach LA, Connolly SA, Palmer EL. Skeletal Scintigraphy With 18F-NaF PET for the Evaluation of Bone Pain in Children. *AJR Am J Roentgenol* 2011;197:713-719.
- Usmani S, Van den Wyngaert T, Ahmed N, et al. Technical feasibility, radiation dosimetry and clinical use of 18F-sodium fluoride (NaF) in evaluation of metastatic bone disease in pediatric population. *Ann Nucl Med* 2018;32:594-601.
- Blangis F, Taylor M, Adamsbaum C, et al. Add-on bone scintigraphy after negative radiological skeletal survey for the diagnosis of skeletal injury in children suspected of physical abuse: a systematic review and meta-analysis. *Arch Dis Child* 2021;106:361-366.
- Kleinman PK, Marks SC. A regional approach to classic metaphyseal lesions in abused infants: the distal tibia. *AJR Am J Roentgenol* 1996;166:1207-1212.
- Mandelstam SA, Cook D, Fitzgerald M, Ditchfield MR. Complementary use of radiological skeletal survey and bone scintigraphy in detection of bony injuries in suspected child abuse. *Arch Dis Child* 2003;88:387-390; discussion 387-390.
- Zwas ST, Elkanovitch R, Frank G. Interpretation and classification of bone scintigraphic findings in stress fractures. *J Nucl Med* 1987;28:452-457.
- Villani MF, Falappa P, Pizzoferrero M, et al. Role of three-phase bone scintigraphy in paediatric osteoid osteoma eligible for radiofrequency ablation. *Nucl Med Commun* 2013;34:638-644.
- Ferrell J, Sharp S, Kumar A, Jordan M, Picarsic J, Nelson A. Discrepancies between F-18-FDG PET/CT findings and conventional imaging in Langerhans cell histiocytosis. *Pediatr Blood Cancer* 2021;68.
- Kesim S, Turoğlu HT, İnancır S, Özgüven S, Erdil TY. The Role of a Bone SPECT/CT Scan in the Follow-up of a Solitary Bone Lesion in a Patient with Langerhans' Cell Histiocytosis. *Mol Imaging Radionucl Ther* 2021;30:187-189.
- Mueller WP, Melzer HI, Schmid I, Coppenrath E, Bartenstein P, Pfluger T. The diagnostic value of 18F-FDG PET and MRI in paediatric histiocytosis. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2013;40:356-363.
- Drubach LA. Nuclear Medicine Techniques in Pediatric Bone Imaging. *Semin Nucl Med* 2017;47:190-203.
- Costelloe CM, Chuang HH, Daw NC. PET/CT of Osteosarcoma and Ewing Sarcoma. *Semin Roentgenol* 2017;52:255-268.
- Hack RI, Becker AS, Bode-Lesniewska B, et al. When SUV Matters: FDG PET/CT at Baseline Correlates with Survival in Soft Tissue and Ewing Sarcoma. *Life (Basel)* 2021;11:869.
- Albano D, Dondi F, Schumacher RF, et al. Clinical and Prognostic Role of 18F-FDG PET/CT in Pediatric Ewing Sarcoma. *J Pediatr Hematol Oncol* 2020;42:e79-e86.
- Whelan JS, Davis LE. Osteosarcoma, Chondrosarcoma, and Chordoma. *J Clin Oncol* 2018;36:188-193.
- Drubach LA, Johnston PR, Newton AW, Perez-Rossello JM, Grant FD, Kleinman PK. Skeletal Trauma in Child Abuse: Detection with ¹⁸F-NaF PET. *Radiology* 2010;255:173-181.
- Sharma P, Singh H, Bal C, Kumar R. Non-ossifying fibroma mimicking distant metastasis of osteosarcoma on (99m)Tc-methylene diphosphonate bone scintigraphy: Diagnosis with single photon emission tomography/computed tomography. *Indian journal of nuclear medicine : IJNM : the official journal of the Society of Nuclear Medicine, India.* 2014;29.
- Hung W-L, Chan H-Y, Kuo N-C, Chan H-P. Monostotic Fibrous Dysplasia Mimicking Metastasis in the Femoral Neck on Bone Scintigraphy and 18F-FDG PET/CT. *Diagnostics (Basel)* 2020;10:E682.
- Lapietra G, Moleti ML, Giona F, et al. Polyostotic Fibrous Dysplasia Mimicking Bone Involvement in Hodgkin Lymphoma: A Pediatric Case and Literature Review. *Acta Haematol* 2021;144:212-217.
- Lee T-H, Chu L-S, Chang C-Y, Huang W-S. Different Pattern of Bone Scintigraphy in Mandibular Osteosarcoma Arising From Fibrous Dysplasia in a Patient With McCune-Albright Syndrome. *Clin Nucl Med* 2021;46:e11-e12.
- Choi YJ, Hwang HS, Kim HJ, et al. 18F-FDG PET as a single imaging modality in pediatric neuroblastoma: comparison with abdomen CT and bone scintigraphy. *Ann Nucl Med* 2014;28:304-313.

27. Podrasky A, Stark D, Hattner R, Gooding C, Moss A. Radionuclide bone scanning in neuroblastoma: skeletal metastases and primary tumor localization of ^{99m}Tc -MDP. *AJR Am J Roentgenol* 1983;141:469-472.
28. Tripathi M, Arora S, Dhull V, Mukherjee A, Tulsyan S, Behera A. Metastatic superscan on ^{99m}Tc -methylene diphosphonate bone scintigraphy in pediatric neuroblastoma. *Indian J Nucl Med* 2015;30:286.
29. Miller SF. Imaging features of juxtacortical chondroma in children. *Pediatr Radiol* 2014;44:56-63.
30. Young CL, Sim FH, Unni KK, McLeod RA. Chondrosarcoma of bone in children. *Cancer* 1990;66:1641-1648.