



# TNTD, Çocuklarda Tc-99m ile İşaretli Radyofarmasötikler ve Florit ile Kemik Görüntüleme Kılavuzu 2.0

## TSNM, Procedure Guidelines for Pediatric Bone Imaging with Tc-99m Labeled Radiopharmaceuticals and F-18 Fluoride 2.0

Tamer Aksoy<sup>1</sup>, Funda Aydın<sup>2</sup>, Gonca Kara Gedik<sup>3</sup>, Nedim Güldü<sup>4</sup>, Emel Ceylan Günay<sup>5</sup>, Pelin Özcan Kara<sup>6</sup>, Bilge Volkan Salancı<sup>7</sup>, Pınar Özgen Kıratlı<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Acıbadem Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Antalya, Türkiye

<sup>3</sup>Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Konya, Türkiye

<sup>4</sup>Dr. Sami Ulus Araştırma ve Kadın Eğitim Hastanesi ve Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları, Nükleer Tıp Ünitesi, Ankara, Türkiye

<sup>5</sup>Bilim Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

<sup>6</sup>Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Mersin, Türkiye

<sup>7</sup>Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

### Özet

Bu kılavuzun amacı nükleer tıp çalışanlarına günlük uygulamalarında yardım edecek bilgilerin verilmesidir. Bu kılavuzda çocuklarda Tc-99m ile işaretli difosfanat ile yapılan kemik sintigrafisi uygulamasında endikasyonlar, çekim işlemleri, işlemler ve yorumlama ile ilgili bilgilendirme ve F-18 florit PET ile ilgili açıklamalar verilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Çocuklar, kemik sintigrafisi, F-18 florit, kılavuz, Tc-99m

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

### Abstract

The purpose of this guideline is to offer nuclear medicine workers helpful information for pediatric bone imaging in daily practice. The guideline includes information and recommendations related to indications, acquisition, processing, and interpretation about Tc-99m labeled diphosphonate bone scintigraphy, as well as some recommendations regarding F-18 fluoride PET.

**Key words:** Pediatrics, bone scintigraphy, F-18 fluoride, guidelines, Tc-99m

**Conflicts of Interest:** The authors reported no conflict of interest related to this article.

### Amaç

Bu kılavuzun amacı nükleer tıp çalışanlarına günlük uygulamalarında yardım edecek bilgilerin verilmesidir. Bu kılavuzda çocuklarda Tc-99m ile işaretli difosfanat ile yapılan kemik sintigrafisi uygulamasında endikasyonlar, çekim işlemleri, işlemler ve

yorumlama ile ilgili bilgilendirme ve F-18 florit PET ile ilgili açıklamalar verilmiştir. Bu kılavuz hazırlanırken Türkiye Nükleer Tıp Derneği (TNTD) tarafından daha önce yayınlanan çocuklarda kemik sintigrafisi kılavuzu ile European Association of Nuclear Medicine (EANM) ve Society of Nuclear Medicine and Molecular Imaging (SNMMI) tarafından hazırlanan pediatrik ve erişkin

### Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Tamer Aksoy, Acıbadem Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

**E-posta:** drtaksoy@gmail.com

© Nükleer Tıp Seminerleri, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır. / © Nuclear Medicine Seminars, published by Galenos Publishing.

kemik görüntüleme kılavuzları değerlendirilmiş ve kısmen bu kılavuza dahil edilmiştir.

### Genel Bilgi ve Kavramlar

İskelet sintigrafisi kemik ajanlarının intravenöz olarak uygulanmasından sonra gamma kamera ile kemik metabolizmasının değerlendirildiği bir görüntülemedir. Uygun koşullarda yapıldığı takdirde iskelet sisteminin pek çok hastalığının saptanmasında duyarlı bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte klinik bilgi çerçevesinde genellikle konvansiyonel radyografi, BT, MR veya sintigrafik incelemelerle bağlantılandırılarak tanısallıkta yardımcı olmaktadır.

İdeal teknik donanımın sağlanması, çocuğun çekim esnasında mümkün olduğunca hareketsiz kalması, SPECT, SPECT-BT, pin hole görüntüleri gibi ek görüntülerin alınması halinde optimum kalitede çalışmaların yapılabilmesi bilinmelidir. Ayrıca yaşa bağlı olarak gelişmekte olan iskeletin epifiz plakları gibi metabolik farklılıkların varlığı akılda tutulmalı ve ilgili referanslardan faydalanılmalıdır.

### Endikasyonlar

Kemik sintigrafisi, iskelet sistemini ilgilendiren bir patoloji şüphesinde kesinlikle endike olup (1), aşağıdaki liste ile sınırlı değildir:

#### A. Enfeksiyon ve enflamasyon

1. Akut osteomyelit/yumuşak doku enflamasyonu ayırıcı tanısı

2. Subakut ve kronik osteomyelit
3. Septik artrit
4. Aseptik artrit

#### B. Kemik tümörleri

1. Benign kemik tümörleri  
2. Malign kemik tümörleri  
3. Tümör benzeri kemik lezyonları (ör: Langerhans hücreli histiyositozis)

#### C. Aseptik nekrozlar

1. Legg-Calvé-Perthes hastalığı  
2. Perthes hastalığı dışındaki aseptik kemik nekrozları ve kemik infarktleri  
3. Orak hücre anemisi

#### D. Travmatik kemik hastalıkları

1. Travma sonrası şüpheli veya normal X-ray bulgularının varlığı

2. Stress fraktürleri

3. Çocuk istismarı (sarsılmış bebek sendromu)

4. Multi-travma

5. Fraktür veya tedavi sonrası komplikasyonlar

#### E. Sudek atrofisi, refleks sempatik distrofi

F. Cerrahi rezeksiyona rehberlik amacıyla (ör: osteoid osteoma)

#### G. Kemik displazileri ve diğer metabolik hastalıklar

1. Camurati-Engelmann hastalığı  
2. Hiperparatiroidizmi çocuklarda iskelet sistemi tutulumunun değerlendirilmesi

#### H. Peditride diğer endikasyonlar

1. Ağrı etiyolojisinde olası kemik hastalıklarının araştırılması  
2. Topallama veya bel-sırt ağrısının varlığı  
3. Ayağa basamama veya ayakta duramama  
4. Sebebi bilinmeyen ateş etiyolojisi  
5. Mandibuler asimetrisi olan çocuklarda mandibuler kondüllerde apofiziyel aktivitenin değerlendirilmesi.

### Kontrendikasyon

Her ne kadar sık olmasa da gebelik yaşında olan bireylerde hamilelik dışlanmalıdır. Gebelik şüphesinde veya varlığında, işlemin fayda ve zararları değerlendirilip tetkikin yapılıp yapılmaması konusunda klinik değerlendirme yapılmalıdır.

### Yöntem

#### Hasta Hazırlığı ve Bilgilendirme

Hasta ve ebeveynlerine yapılacak tetkikle ilgili bilgi verilerek (hidrasyon gereksinimi, enjeksiyon sonrası bekleme, çekim süresi vb.), randevu ve diğer işlemler çocuğun ihtiyaçları göz önüne alınarak düzenlenir.

Daha önceki kemik sintigrafileri, yapılmış olan X-ray, BT ve MRI görüntüleri gerek halinde karşılaştırma için hazırlanmalıdır.

Hastadan veya yakınından aşağıda belirtilen gerekli bilgiler alınmalıdır;

1. Şimdiki semptomlar.
2. Kırık, travma, osteomyelit, artrit, neoplazm, metabolik kemik hastalığı hikayesi.
3. Kemik sintigrafisini etkileyebilecek tedavi hikayesi (antibiyotikler vb.).
4. Kemik sintigrafisini etkileyebilecek cerrahi

hikayesi (ortopedik enstrümantasyon varlığında uygulama yeri ve zamanı).

5. Böbrek anormallikleri başta olmak üzere tüm konjenital anomaliler.

Eğer mümkünse ve bir kısıtlama yoksa, venöz uygulama öncesi rahatsızlığın azaltılması amacıyla lokal anestezi krem uygulanması faydalı olacaktır. Radyofarmasötik enjeksiyonunun önceden açılmış olan damar yolu aracılığı ile yapılması uygundur.

Enjeksiyon ile görüntüleme arasında ve çekim sonrasında 24 saat süresince çocukların bolsıvı almaları istenir. Böylece sık spontan miksiyon ile çocuğun, özellikle mesanenin alacağı doz azalmış olur. Çekim öncesi mesanenin boş olmasına dikkat edilmeli ve pelvik bölgede idrar kontaminasyonu olabileceği akılda tutulmalıdır. Ayrıca üriner diversiyon gibi bir girişim varsa mutlaka not edilmelidir. Mesanenin spontan diürez ile boşaltılmadığı durumlarda kateterizasyon yapılabilir.

Genellikle sedasyona gerek kalmadan görüntüleme yapılması mümkün olur. Küçük bebekler beslenme sonrası uykuya eğilimli olduklarından bu süre göz önüne alınarak görüntüleme saati belirlenir. Daha büyük çocuklarda çocukların hoşlanacakları bir atmosfer yaratılması, çekim esnasında kitap okunması, film izlenmesi, masal kasetlerinin dinlenmesi, çocuk ve ailenin kooperasyonunu kolaylaştırır. Nadiren de olsa inkoopere olgularda hafif bir sedasyon gerekebilir. Genellikle anesteziyoloji hekiminin de uygulama esnasında bulunması önerilmektedir (2). Sedasyonu takiben hastanenin önerdiği protokol çerçevesinde gerekli izlem yapılır. Sedatize çocukta sıvı alımı ve spontan miksiyon kısıtlanmış olacağından pelvik kemiklerin değerlendirilmesi amacıyla geç görüntüleme veya mesane kateterizasyonu gerekebileceği unutulmamalıdır.

### Radyofarmasötik

Pek çok radyofarmasötik bulunmakla birlikte en sık kullanılanları:

Tc-99m MDP (Metilen difosfonat).

Tc-99m HDP (Hidroksi metilen difosfonat) ve eş değer özellikteki kemik ajanları kullanılır.

Radyofarmasötiklerin hazırlanışı sırasında kemik ajanlarının oksidasyona son derece duyarlı olmaları nedeniyle bağlanma esnasında hava ile temas etmemelerine dikkat edilmelidir.

### Doz

Çocuk hastalara verilecek doz, hastanın vücut ağırlığına göre Tablo 1’de gösterilen EANM doz kartına (3) veya EANM web sitesindeki online hesap makinesi ile yapılabilir ([http://www.eanm.org/publications/dosage\\_calculator.php?navId=285](http://www.eanm.org/publications/dosage_calculator.php?navId=285)).

Minimum doz EANM guidelineda 40 MBq olarak belirtilmektedir (3). Adolesan çağıdakilere fiziksel özelliklerine göre erişkin dozu da verilebilir. Maksimum uygulama dozu ise 490 MBq olarak belirtilmektedir.

### Radyasyon Dozu

Alınan radyasyon dozu çocuğun yaşıyla birlikte azalmaktadır. Alınan doz küçük çocuklarda büyükler göre daha fazladır. Tc-99m ile işaretli fosfat ve fosfanatlar için sağlıklı bireylerdeki çeşitli organlardaki absorbe edilen dozlar ICRP baskı 80’e göre Tablo 2’de belirtilmiştir (4). Buradaki radyasyon dozu tahminleri 3 saatlik mesane dozları gözönüne alınarak yapılmış olduğundan, bol sıvı alımı ve sık mesane boşalımı ile bu dozun daha düşük olacağı akılda tutulmalıdır.

### Görüntüleme

Genellikle düşük enerjili, yüksek rezolüsyonlu kolimatör takılı tek veya iki başlı kameralar (enerji aralığı 140 keV fotopeake ayarlı) ile yapılır.

Klinik endikasyona göre kemik sintigrafisi tek veya çok fazlı olarak uygulanır. Çok fazlı görüntüleme kan akımı, kan havuzu (veya yumuşak doku) ve geç görüntüleme fazlarından oluşur. Kanlanma fazı asıl ilgi alanı üzerinden, radyofarmasötiğin enjeksiyonu esnasında yapılan dinamik görüntülemedir. Kan havuzu fazı, kan akımı

Tablo 1. EANM doz kartında Tc-99m MDP için önerilen aktivite miktarları (3)

Ağırlık (kg)	Aktivite (MBq)	Ağırlık (kg)	Aktivite (MBq)	Ağırlık (kg)	Aktivite (MBq)
3	40	22	185	42	320
4	40	24	200	44	335
6	60	26	215	46	350
8	75	28	225	48	360
10	95	30	240	50	375
12	110	32	255	52-54	395
14	125	34	270	56-58	420
16	140	36	280	60-62	445
18	155	38	295	64-66	470
20	170	40	310	68	490

Tablo 2. Sağlıklı bireylerde IRCP baskı 80'e göre, Tc-99m işaretli fosfatların uygulanmasını takiben çeşitli organlarda absorbe edilen dozlar (4)

Organ	Uygulanan birim aktivite başına absorbe edilen doz				
	Erişkin	15 yaş	10 yaş	5 yaş	1 yaş
Adrenaller	0,0021	0,0027	0,0039	0,0058	0,011
Mesane	0,048	0,060	0,088	0,073	0,13
Kemik Yüzeyi	0,063	0,082	0,13	0,22	0,53
Beyin	0,0017	0,0021	0,0028	0,0043	0,0061
Meme	0,00071	0,00089	0,0014	0,0022	0,0042
Safra Kesesi	0,0014	0,0019	0,0035	0,0042	0,0067
Mide	0,0012	0,0015	0,0025	0,0035	0,0066
İnce Barsaklar	0,0023	0,0029	0,0044	0,0053	0,0095
Kolon	0,0027	0,0034	0,0053	0,0061	0,011
Kalp	0,0012	0,0016	0,0023	0,0034	0,0060
Böbrekler	0,0073	0,0088	0,012	0,018	0,032
Karaciğer	0,0012	0,0016	0,0025	0,0036	0,0066
Akciğerler	0,0013	0,0016	0,0024	0,0036	0,0068
Overler	0,0036	0,0046	0,0066	0,0070	0,012
Pankreas	0,0016	0,0020	0,0031	0,0045	0,0082
Kemik İliği	0,0092	0,010	0,017	0,033	0,067
Cilt	0,0010	0,0013	0,0020	0,0029	0,0055
Dalak	0,0014	0,0018	0,0028	0,0045	0,0079
Testisler	0,0024	0,0033	0,0055	0,0058	0,011
Tiroit	0,0013	0,0016	0,0023	0,0035	0,0056
Uterus	0,0063	0,0076	0,012	0,011	0,018

fazından hemen sonra 10. dakikaya kadar olan sürede, bir veya daha fazla statik veya tüm vücut görüntülerini içerir. Kan akımı ve tüm vücut kan havuzu görüntüleme özellikle aktif enfeksiyon veya enflamasyon şüphesinde veya büyük çocuklarda poliartrit araştırılırken faydalı olacaktır. Geç görüntüleme enjeksiyon sonrası genellikle 2.-5. saatlerde yapılan planar ve/veya tomografik görüntülemelerdir. Genellikle tüm vücut görüntüleme yapılmakla beraber, huzursuz çocuklarda sadece ilgi alanı çekilebilir.

#### Kolimatör

Radyonüklid anjiyografi ve kan havuzu görüntüleri için düşük enerjili genel amaçlı kolimatör yeterli olurken, 3. saat geç faz görüntülerinde düşük enerjili yüksek veya ultra yüksek kolimatörler tercih edilir. Kalça, el ve ayak kemikleri gibi küçük kemiklerde büyütme amacıyla pin hole kolimatörler kullanılabilir.

#### Çocuğun Pozisyonu

Çekim esnasında hastanın hareketsiz yatması gerekmektedir. Neonataller ve küçük çocuklarda, geç görüntülerin çocuğun normal uyku periyoduna göre planlanması faydalı olacaktır. Daha büyük çocuklarda, çocuğun ilgisini çekecek, film izleme veya hikaye anlatımı gibi aktivitelerin yapılmasının etkili immobilizasyon yöntemi olduğu gösterilmiştir. Vakum yatakları veya bantlara sahip kum torbalarının kullanımı fiksasyonu sağlayarak kolimatör ile çocuk arasındaki mesafenin artmasını engelleyebilir.

Genellikle çocuk sırt üstü yatar durumdayken görüntüleme yapılır. Çift başlı kamera sistemleri kullanıldığında, özellikle alt taraftaki detektörün mümkün olduğu kadar yaklaştırılması gereklidir. Ön taraftaki detektörün çok yaklaştırılması çocuğu korkutabilir.

Lateral kafa görüntülemelerinde aynı taraf kol görüntü alanına girmelidir. Oblik kosta görüntüleri

çocuk sırtı üstü yatarken kameraya oblik açı verilerek yapılabilir. El, el bileği ve dirsek incelemelerinde ise oturur durumda ilgili alanların doğrudan kolimatör üzerine yerleştirilmesi ile görüntü alınır.

Diz, fibula ve ayak görüntülemelerinde ayak başparmakları birbirine yaklaşacak biçimde iç rotasyon yaptırılmalıdır. Ayak kemiklerindeki lezyonların net değerlendirilmesi için lateral, plantar ve dorsal projeksiyonlarda çekim yapılır.

Eğer hasta bir nedenle düz yatamıyorsa ve renal pelvis aktivitesi ile kosta aktivitesini ayırmada güçlük varsa oturur konumda çekim yapılabilir.

#### **Çekim Protokolleri**

**Kanlanma fazı:** İli alanına arteriyel kan akımını gösteren, enjeksiyonla eş zamanlı olarak alınan dinamik imajlardır. Her ne kadar ilk faz görüntülemenin yararlılığı hakkında çelişkiler olsa da özellikle primer malign tümörü veya lokalize kemik hastalığı şüphesi olan çocuklarda ilk faz görüntüleme önerilmektedir. Akım görüntülemeleri yapılırken, çekim başlamadan kamera ilgi alanı üzerine getirilmelidir. 64x64 veya daha yüksek matrikste, 1-3 saniyeden en az 30 görüntü alınmalıdır.

**Kan havuzu fazı:** Kan havuzu (yumuşak doku fazı) fazını gösteren görüntüdür. Kanlanma fazının hemen arkasından başlatılmalı ve enjeksiyon sonrasındaki 10 dakika içerisinde bitirilmelidir. Kan havuzu görüntüleri genellikle 128x128 veya daha yüksek matrikste, görüntü başına yaklaşık 300,000 sayım (ekstremiteler için 150,000-200,000 sayım yeterli olabilir) alınarak yapılmalıdır. Dört yaşın altındaki çocuklarda statik görüntümeden vazgeçilerek, patoloji olma olasılığı en yüksek alandan başlayarak en düşük olasılıklı alana doğru 3'er dakikalık süreyle statik görüntülerin birleştirilmesi ile tüm vücut görüntüleme elde edilebilir. Daha büyük çocuklarda dakikada 25-30 cm tarama yapılarak tüm vücut görüntüleme elde edilebilir.

**Geç (iskelet fazı) faz:** Enjeksiyondan sonraki 2.-5. saatte alınan osteoblastik aktiviteyi yansıtan görüntülerdir. Tüm vücut görüntüleri yüksek veya ultra yüksek rezolüsyonlu kolimatörler ile anterior ve posterior pozisyonlardan çok sayıda ardışık (spot imajlar) veya devamlı (tüm vücut tarama) görüntülerin elde edilmesi ile yapılabilir.

Spot imajlarda genellikle ilk olarak göğüs kafesinden başlanarak 500,000-1,000,000 sayım görüntü alınır.

Daha sonraki spot görüntüler ilk görüntünün süresince veya aşağıdaki sayımlara göre alınabilir.

Eller ve ayaklar için 50,000-100,000 sayım,  
Dizler için 100,000-200,000 sayım,  
Kafatası için 300,000 sayım.

Spot imajlar 128x128 veya 256x256 matrikste alınabilir. Tüm vücut tarama için genellikle 256x1024 veya daha yüksek matriksler aşağıda önerilen parametreler ile yapılabilir.

4-8 yaş arasında tarama hızı 8 cm/dk  
8-12 yaş arasında tarama hızı 10 cm/dk  
12-16 yaş arasında tarama hızı 12 cm/dk  
16 yaşın üzerinde tarama hızı 15 cm/dk  
veya total tarama süresi 30 dakika

Lezyon varlığında o bölgenin mutlaka 2 farklı projeksiyondan görüntüsü alınmalıdır. Bu özellikle tüm vücut çekimleri için önemlidir.

#### **Pin Hole Kolimatör**

Pin hole kolimatör kalça, el veya ayak gibi küçük anatomik yapıların yüksek rezolüsyonda görüntülerinin elde edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Kolimatörün rezolüsyonu, kullanılan apartürün genişliği ile ters orantılıdır. Pin hole kolimatör kemiğe ne kadar yakın olursa, büyütme oranı da, o kadar yüksek olacaktır. Görüntü başına yaklaşık 75,000-100,000 sayım alınması yeterli olacaktır.

#### **SPECT**

Bazı hastalarda SPECT görüntüleme hastalığın varlığı, yerleşimi ve yaygınlığının belirlenmesinde faydalıdır. Özellikle kranium, pelvis ve kolumna vertebralise yönelik incelemelerde SPECT planar görüntülere yansımaya lezyonları da gösterebileceğinden görüntülemeye ilave edilmesi önerilir.

SPECT görüntüleme üretici firmaların önerileri doğrultusunda uygulanmalıdır.

#### **Hibrid Görüntüleme**

Eğer SPECT-BT tarayıcılar kullanılacak ise BT kısmından gelecek olan ek radyasyon dozu göz önünde bulundurulmalı ve sadece ilgi alanın görüntüsü alınmalıdır. Radyasyon yükü, hasta yaşı ve BT ayarları ile dramatik olarak değişmektedir (Tablo 3) (5). Bu sebepten ötürü, BT ayarları hasta yaşı ve BMI'ya göre kişisel olarak ayarlanmalıdır. Eğer BT sadece atenüasyon düzeltmesi için kullanılacaksa kVp değeri 80 gibi düşük tutulup, mAs 10 düzeylerinde ayarlamak çocuklarda yeterli atenüasyon düzeltmesi sağlayacaktır. Eğer hibrid görüntüleme yapılacaksa, BT kısmının kullanım amacı (atenüasyon düzeltmesi, anatomik lokalizasyon ve tanisal) net olarak belirtilmelidir.

### İşleme

Görüntülerin işlemeleden geçirilmesi hasta bölümden ayrılmadan tamamlanmalıdır. Bir artefakt varlığında çekim tekrarlanmalıdır. Dinamik görüntüler 2-3 saniyelik aralıklara göre re-frame edilir. SPECT görüntüleme; hareket varlığı kontrol edildikten sonra, filtreleme ve donanımın sunduğu diğer düzeltmelerden sonra 3 düzlemde kesitler elde edilir. Kesit kalınlığının kameranın çözünürlüğüne eşit olması istenir.

### Filmler

Film çıktılarını kanlanma, kan havuzu ve geç faz görüntüleri ile tüm iskeletin ön ve arka görüntülerini içermelidir. SPECT görüntülerinde, transvers, sagittal ve koronal kesitler filme basılmalıdır. SPECT-BT görüntülerinde de kemik penceresinde SPECT-BT füzyon, SPECT ve kemik penceresinde BT görüntülerini gerekli kesitlerde basılmalıdır.

### Rapor Hazırlama ve Yorum

Pediyatrik iskeletin normal görünümünde en iyi diz bölgesinde görülen büyüme plaklarının varlığı dikkat çekmelidir. Ayrıca yaşa bağlı fizyolojik değişiklikler olabileceği akılda tutulmalı, el, ayak, sternum, kraniumdaki ossifikasyon merkezleri ile pubis arka kolundaki sinkondrozis aktivitesi patolojik aktivite

tutuluşları ile karıştırılmamalıdır.

Sintigrafik bulgular mutlaka klinik öykü, laboratuvar, radyografi, BT ve/veya MR bulgularıyla beraber değerlendirilmelidir.

Radyoaktif kontaminasyon, mesane aktivitesi, hareket artefaktı, pozisyon hatası gibi noktalara dikkat edilmelidir.

Ayrıca kemik dışı alanlardaki, yumuşak dokulardaki radyofarmasötik tutulumu, renal toplayıcı sistemin vizüalizasyonu gibi bilgiler de değerlendirmeye alınmalıdır.

### Kalite Kontrol

Tüm görüntülerde çocuğun mümkün olduğunca simetrik ve düz görüntülenmiş olup olmadığına dikkat edilir. Tibia ve fibula ile radius ve ulna gibi kemiklerinin büyüme plaklarının net seçilebiliyor oluşu kaliteli bir sintigrafinin işaretidir. İyi bir pelvis görüntüsü için de mesanenin boş olması istenir. Kaliteli bir çalışmada vertebra ve kostaların tek tek sayılabiliyor olması hedeflenir.

### F-18 Florit (F-18 NaF)

F-18 NaF kullanılarak yapılan PET görüntüleme, yakın dönemde yeniden popülerlik kazanan, kemik

Tablo 3. BT tarayıcılardan, hasta yaşı, tüp voltajı ve tüp akımına göre kaynaklanan radyasyon dozları (Volumetric antropomorfik BT doz indeksine göre miligray olarak) (5)

Fantom	Ölçüm Sayısı	Tüp Voltajı (kVp)	Tüp Akımı (mA)				
			10	20	40	80	160
Yeni doğan	1	80	0,42	0,85	1,69	3,39	6,78
	2	100	0,80	1,60	3,21	6,41	12,83
	3	120	1,26	2,53	5,05	10,10	20,20
	4	140	1,77	3,53	7,06	14,13	28,25
1 yaşında	1	80	0,37	0,74	1,47	2,94	5,88
	2	100	0,70	1,40	2,80	5,59	11,19
	3	120	1,11	2,22	4,45	8,89	17,78
	4	140	1,57	3,14	6,28	12,56	25,11
5 yaşında	1	80	0,33	0,66	1,32	2,65	5,30
	2	100	0,64	1,28	2,55	5,10	10,20
	3	120	1,02	2,04	4,08	8,16	16,31
	4	140	1,46	2,91	5,83	11,66	23,32
10 yaşında	1	80	0,30	0,60	1,19	2,38	4,76
	2	100	0,58	1,16	2,32	4,64	9,27
	3	120	0,92	1,84	3,67	7,35	14,69
	4	140	1,32	2,63	5,26	10,52	21,04

Tablo 4. EANM doz kartına göre F-18 Florit için çocuklarda kiloya göre önerilen doz miktarları (3)

Ağırlık (kg)	Aktivite (MBq)	Ağırlık (kg)	Aktivite (MBq)	Ağırlık (kg)	Aktivite (MBq)
3	14	22	74	42	128
4	16	24	80	44	134
6	24	26	86	46	140
8	30	28	90	48	144
10	38	30	96	50	150
12	44	32	102	52	158
14	50	34	108	52-54	168
16	56	36	112	56-58	178
18	62	38	118	60-62	188
20	68	40	124	64-68	196

metabolizmasının değerlendirilmesinde kemik sintigrafisine alternatif bir yöntemdir. F-18 NaF, kandan hızla temizlenmesi ve yüksek kemik tutulumu gibi ideal özelliklere sahip bir radyofarmasötiktir. Bunun sonucunda ortaya çıkan kemik-zemin aktivite oranının yüksek olması ve yeni teknoloji PET cihazlarının yüksek duyarlılığı sebebiyle, enjeksiyon sonrası 15-30 dakika gibi erken zamanda görüntülemenin başlamasını mümkün kılmaktadır. Böylece kemik sintigrafisine göre çok daha kısa zamanda ve ek görüntüler alınmasına gerek kalmadan çekim yapılabilmektedir. F-18 NaF ile Tc-99m MDP görüntülemelerin radyasyon dozimetreleri benzer olarak bildirilmiştir (6,7). Önerilen enjeksiyon dozları 2,22 MBq/kg olup, minimum uygulanacak aktivite miktarı 18,5 MBq (0,5 mCi) olarak önerilmiştir (8). Ayrıca EANM doz kartına göre Tablo 4'de verilmiştir (3). Adelenanlarda sırt ağrısının değerlendirilmesi (7), kondüler hiperplazi (9) ve çocuk istismarı şüphesi (10) gibi benign kemik hastalıklarının değerlendirilmesinde, F-18 NaF PET sonuçları ümit verici olarak bildirilmiştir.

Erişkinlerde F-18 NaF ile tümör görüntülenmesinde kemik sintigrafisine göre daha üstün sonuçlar bildirilmesine rağmen, pediatrik onkoloji olgularında yayın sayısı eksik olup, duyarlılığının yüksek olduğunun gösterilmesi için daha fazla klinik çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

### Kaynaklar

1. Stauss J, Hahn K, Mann M, De Palma D. Guidelines paediatric bone scanning with Tc-99m-labelled radiopharmaceuticals and 18F-fluoride. Eur J Nuc Med 2010;37:1621-1628.
2. Treves ST, Baker A, Fahey FH, Cao X, Davis RT, Drubach LA, Grant FD, Zukotynski K. Nuclear medicine in the first year of life. J Nucl Med 2011;52:90-925.
3. Lassmann M, Biassoni L, Monsieurs M, Franzius C, Jacobs F; EANM Dosimetry and Paediatrics Committees. The new EANM paediatric dosage card. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2007;34:796-798.
4. International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 80: Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals. Annals of the ICRP 2000;28(3).
5. Fahey FH, Palmer MR, Strauss KJ, Zimmerman RE, Badawi RD, Treves ST. Dosimetry and adequacy of CT-based attenuation correction for pediatric PET: phantom study. Radiology 2007;243:96-104.
6. Grant FD, Fahey FH, Packard AB, Davis RT, Alavi A, Treves ST. Skeletal PET with 18F-fluoride: applying new technology to an old tracer. J Nucl Med 2008;49:68-78.
7. Lim R, Fahey FH, Drubach LA, Connolly LP, Treves ST. Early experience with fluorine-18 sodium fluoride bone PET in young patients with back pain. J Pediatr Orthop 2007;27:277-282.
8. ACR-SPR Practice Parameter for the performance of skeletal scintigraphy (Bone Scan), [http://www.acr.org/~media/ACR/Documents/PGTS/guidelines/Skeletal\\_Scintigraphy.pdf](http://www.acr.org/~media/ACR/Documents/PGTS/guidelines/Skeletal_Scintigraphy.pdf) (2014, ulaşım Nisan 2015).
9. Laverick S, Bounds G, Wong WL. [18F]-Fluoride positron emission tomography for imaging condylar hyperplasia. Br J Oral Maxillofac Surg 2009;47:196-199.
10. Drubach LA, Sapp MV, Laffin S, Kleinman PK. Fluorine-18 NaF PET imaging of child abuse. Pediatr Radiol 2008;38:776-779.