



TNTD, Çocuklarda Onkolojik F-18 FDG PET-BT Uygulama Kılavuzu

TSNM, Procedure Guidelines for Oncologic F-18 FDG PET-CT imaging in Children

Bilge Volkan Salancı¹, Tamer Aksoy², Funda Aydın³, Gonca Kara Gedik⁴, Nedim Güldür⁵, Emel Ceylan Günay⁶, Pelin Özcan Kara⁷, Pınar Özgen Kıratlı¹

¹Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

²Acıbadem Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

³Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Antalya, Türkiye

⁴Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Konya, Türkiye

⁵Dr. Sami Ulus Kadın Doğum ve Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Eğitim Araştırma Hastanesi, Nükleer Tıp Ünitesi, Ankara, Türkiye

⁶Bilim Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

⁷Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Mersin, Türkiye

Özet

Bu kılavuz TNTD pediatri çalışma grubu tarafından pediatrik olgularda F-18 işaretli Florodeoksiglukoz (FDG) kullanılarak yapılan rutin PET/BT görüntülemelerinde nükleer tıp uzmanlarına yardımcı olmak için hazırlanmıştır. Bu kılavuzda pediatrik onkolojik FDG PET/BT tetkik endikasyonları, görüntüleme parametreleri, görüntü işleme teknikleri ve elde edilen görüntülerin yorumlanmasına yönelik güncel literatür ve teknoloji göz önünde bulundurularak hazırlanan bilgiler bulunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Pediatri, onkoloji, F-18 fluorodeoksiglucose, PET/BT

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

Abstract

The purpose of this procedure guideline is to provide information to nuclear medicine specialists in their daily practice about F-18 fluorodeoxyglucose (FDG) positron emission tomography/computerized tomography (PET/CT) acquisitions in pediatric population. This guideline contains information, which is supported by the current literature and technology, about the indications, acquisition parameters, processing, and interpretation of FDG PET/CT in pediatric oncology.

Key words: Pediatrics, oncology, F-18 fluorodeoxyglucose, PET/CT

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

Giriş ve Tanımlamalar

F-18 Florodeoksiglukoz (FDG) erişkin hasta grubunda çeşitli kanser tiplerinin evrelemesi, uygulanan tedavilere verilen yanıtının değerlendirilmesi ve nüks saptanması/yeniden evreleme konusunda yaygın kullanılan bir

görüntüleme yöntemi haline gelmiştir. Çocukluk yaş grubunda da lenfoma, sarkom ve nöroblastom gibi çocukluk yaş tümörlerinde evreleme, tedavi yanıtının değerlendirilmesi ve nüks saptanması/yeniden evreleme amacı ile kullanımı yaygınlaşmıştır.

Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Bilge Volkan Salancı, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

E-posta: bilgev@hacettepe.edu.tr

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

Erişkinlerle karşılaştırıldığında çocukların normal fizyolojisi, hastalıklarının patofizyolojisi ve psikolojileri çok farklıdır. Ayrıca çocukluk yaş grubunda görülen tümör tipleri ve bunların davranışı da farklılık göstermektedir. Çocukluk yaş grubunda FDG PET/BT çekimleri yapılırken ve yorumlanırken bu noktaların göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

FDG PET kameraları yerini günümüzde PET/BT hibrid kameralarına bırakmıştır. Bu durum, çocukların hem çekim protokollerinde, hem de aldıkları radyasyon dozlarında değişime neden olmuştur. Pediatrik onkolojik hastalarda PET/BT görüntülemeleri sırasında hastaların radyasyon maruziyetini en düşük düzeyde tutarken, tetkikin en iyi işlevsel ve morfolojik bilgiyi vermesini sağlamak önemlidir. Bu kılavuz nükleer tıp uzmanlarına bu konularda yol göstermek amacı ile hazırlanmıştır.

Endikasyonlar

Pediatrik yaş grubunda onkolojik FDG PET/BT uygulamaları endikasyonları şu şekildedir (1):

- **Lenfoma (Hodgkin hastalığı (HH) ve Non-Hodgkinlenfoma (NHL)):** Evreleme, tedavi yanıtının değerlendirilmesi, tedavi sonrasında izlenen kalıntı (rezidüel) kitlelerin izlemi, yeniden evreleme ve radyoterapi planlaması (2,3).

- **Sarkomlar (osterosarkom, Ewing sarkomu, yumuşak doku sarkomları ve rabdomyosarkom):** Evreleme, tedavi yanıtının değerlendirilmesi, yeniden evreleme-nüks saptanması (4,5).

- **Nöroblastom:** Nöroblastom hastalarında FDG PET/BT'nin rutin kullanımı yoktur. MIBG negatif hastalarda uygulanması önerilmektedir (6). Sempatik sinir sistemini hedefleyen PET ajanları ile evreleme, tedavi yanıtının değerlendirilmesi ve yeniden evreleme amacı ile rutin kullanılabilir.

- **Merkezi sinir sistemi tümörleri (aminoasit metabolizması görüntüleme ajanları ile):** Evreleme, prognoz değerlendirilmesi, tedavi yanıtının değerlendirilmesi, nüks saptanması.

Daha nadir kullanılan endikasyonlar arasında germ hücreli tümörler, hepatoblastom, Wilms tümörü, primeri bilinmeyen kanserler ve Nörofibromatozis tip 1'de malign dönüşüm gösteren nörofibromlar sayılabilir.

Pediatrik yaş grubunda nörolojik FDG PET/BT endikasyonları:

Tedaviye dirençli fokal epilepsi hastalarında MRG'de tanımlanan lezyon yoksa (non-lezyonel epilepsi) ya da klinik ve görüntüleme bulguları arasında uyumsuzluk varsa epilepsi cerrahisi öncesi değerlendirme için FDG PET/BT istenebilir.

Kontraendikasyonlar

Çocukluk çağında çok nadir olmakla birlikte adolesanlarda ve genç erişkinlerde gebelik dışlanmalıdır. Gebelik varlığında tetkikin sağlayacağı faydalar ve doğurabileceği riskler konusunda ayrıntılı değerlendirme yapılması ve hasta ve ebeveynlerinin konu hakkında yazılı ve sözel olarak ayrıntılı bilgilendirilmesi gereklidir.

Hasta Hazırlığı

Tetkik Öncesi Hazırlık

Hastanın ebeveynleri tetkik öncesinde ve sonrasında yapılacaklar ve tetkik süreci hakkında yazılı ve sözlü olarak ayrıntılı bir şekilde bilgilendirilmelidir. Ayrıca çocuğa onun anlayacağı şekilde kısaca ve onu korkutmadan tetkik sırasında karşılaşacağı durumlar ve bu işlemlerin hangi amaçlarla yapılmasının gerektiği açıklanmalıdır.

Tetkikten önceki 24 saat boyunca çocuğun aşırı fiziksel aktiviteden (spor, oyun) kaçınmasının sağlanması tetkik sırasında kaslarda radyoaktif madde tutulumunu azaltacaktır. Çocukların tetkik öncesinde 4-6 saat aç kalması önerilmelidir. Bu süreçte hastanın su içebileceği ancak meyve suyu, süt gibi şekerli sıvıların tüketilmemesi gerektiği belirtilmelidir. Bebeklerin çekimleri bir sonraki beslenme zamanının hemen öncesine verilmelidir, anestezi verilmeyecekse enjeksiyondan 30 dakika sonrasında bebeğin beslenmesi sağlanabilir.

Enjeksiyon Öncesi

Hastalar hakkında ayrıntılı öykü ve o güne kadar yapılmış tetkiklerin sonuçları elde edilmelidir:

- Hastanın primer tümörü ile ilgili öykü
- Varsa yakınmaları
- Patoloji raporları
- Eski görüntüleme (işlevsel ve morfolojik) tetkik raporları ve varsa görüntüleri
- Almış olduğu tedaviler ve tarihleri
- Geçirilmiş cerrahiler ve tarihleri

- İdrar yolu enfeksiyonu varlığı
- Kullandığı ilaçlar

Hastaların korkmasını ve huzursuzluğunu engellemek için i.v. damar yolunun nükleer tıp bölümü dışında açılması çocukların bölümde daha uyumlu davranmasına neden olabilir. Enjeksiyon öncesinde lokal anestetik kremler kullanılabilir. Enjeksiyon öncesinde açlık kan şekeri değeri ölçülmelidir. Açlık kan şekeri 120 mg/dl altında ise hastaya FDG enjeksiyonu yapılır. Açlık kan şekeri değeri 120 mg/dl ve üzerinde ise tetkiki isteyen çocuk doktorunun durum hakkında bilgilendirilmesi ve kendisine bu şart altında enjeksiyon yapılması halinde tetkikin duyarlılığının düşük olacağı bilgisi verilmesi uygun olacaktır.

Çocukluk ve adolesan yaş grubundaki hastaların %15-20'sinde kahverengi yağ dokusunda FDG tutulumu görülebilmektedir. Yalancı pozitif yorumlamalara yol açabilecek bu durum genellikle hastanın giysileri ya da bir battaniye yardımı ile 1-2 saat öncesinden itibaren ısıtılması ve enjeksiyon/bekleme odalarının uygun sıcaklıkta tutulması ile engellenebilmektedir. Kahverengi yağ dokusunda FDG tutulumu hasta görüntülerinin BT bileşeni ile birlikte değerlendirilmesi durumunda fark edilebilecek bir durumdur. Oral propranolol, i.v. fentanil ya da oral diazepam gibi ilaçların bu tutulumu azalttığı bilinmekle birlikte bu yaş grubunda anestezi uygulamaları öngörülemeden komplikasyonlara sebep olabileceği için gereksiz ilaç kullanımı önerilmemektedir (7,8).

FDG idrarla atılmaktadır ve üreter/mesane aktivitesi bu bölgelerin değerlendirilmesini zorlaştırabilmektedir. 0,5-1 mg/kg furosemid diürez sağlayarak genitoüriner sistemdeki FDG aktivitesini azaltabilir. Ancak diüretik uygulaması ve sonrasında hastaların idrara sıkışması nedeni ile çekimin erken sonlandırılmasının gerekebileceği de hatırlanmalıdır. Bu nedenle diüretik uygulamasının enjeksiyon sırasında rutin yapılması yerine gerektiğinde ek poz öncesi uygulanması tercih edilebilir. Enfeksiyon riskini artırması ve çocuklarda gereksiz stres yaratması nedeni ile rutin mesane kataterizasyonu önerilmemektedir. PET/BT görüntülerinin korelatif değerlendirilmesi ile genitoüriner sistemde odaksal FDG akümüasyonu büyük oranda doğru yorumlanabilmektedir.

Radyofarmasötik Enjeksiyonu

Pediatrik onkoloji hastalarının büyük çoğunluğunda santral katater bulunmaktadır.

Radyofarmasötik enjeksiyonunun santral kataterler aracılığı ile yapılması durumunda radyoaktif madde retansiyonuna bağlı hatalı yorumlamalara neden olmamak adına mümkün olduğunca bu yol FDG enjeksiyonu için kullanılmamalıdır. Ancak santral kataterden enjeksiyon yapma gerekliliği varsa radyofarmasötik enjeksiyonu sonrasında kataterin 20 mL %0,9'luk serum fizyolojik solüsyonu yıkanması radyoaktivite takıntılarını engelleyecektir. Ayrıca i.v. katater ilişkili enfeksiyonların engellenebilmesi için santral kataterler kullanılırken gerekli hijyen ve antisepsi önlemleri alınarak "no-touch" tekniği ile uygulama yapılmalıdır.

Hastalara verilecek radyoaktivite miktarı kullanılan PET kameralarının kristal tipine ve çekim parametrelerinde göre (2D ya da 3D modu) değişmektedir. Daha yüksek duyarlılık sağladığı için kamera teknolojisi elverdiği ölçüde çocuklarda 3D modunda görüntü alınması; ancak aşırı kilolu (vücut kitle indeksi >34) hastalarda saçılımın azaltılması için 2D moda çekim yapılması önerilir. Hastalara verilecek radyoaktivite miktarı hasta kilosuna ve çekim moduna göre ayarlanır. Bu amaçla EANM pediatrik dozlam kartının kullanılması önerilir. Bu karta göre 2D ve 3D modu için hastalara uygulanacak dozlar (en düşük doz (kiloya göre)) sırası ile şu şekildedir: 26 MBq (6 MBq/kg) ve 14 MBq (3MBq/kg) (9,10).

Enjeksiyon Sonrası

Hastaların enjeksiyon sonrasında yaklaşık 1 saat boyunca ayrı bir odada dinlenmesi sağlanmalıdır. Bu süre zarfında gerekli radyasyondan korunma önlemlerini alarak ebeveynlerin çocuklara eşlik etmesi çocukların stresini azaltacaktır. Bazı merkezlerde tümörde FDG tutulumunun artması ve zemin aktivitenin azalması için 1.-2. saatler arasında çekim yapılması önerilmektedir. Enjeksiyon sonrasında çekime kadar geçen sürenin standart olması sağlanmalıdır. Özellikle izlem amacı ile yapılan tetkiklerde bazal şartların sağlanmasına çaba gösterilmelidir. Bebeklere anestezi ya da sedasyon uygulanmayacaksa enjeksiyondan 30 dakika sonra beslenebilir. Çekime geçmeden hemen önce çocukların mesanelerini boşaltmaları, bebeklerin de çekim öncesinde bezlerinin değiştirilmesi sağlanmalıdır.

Anestezi uygulanacaksa olası komplikasyonlarla mücadele edecek altyapının sağlanması, uygulamaya

çekimden hemen önce başlanması ve mümkün olduğunca uygulamanın kısa tutulması gereklidir. Ayrıca eş zamanlı tanısal BT uygulaması yapılması planlanmışsa i.v. kontrast uygulaması sonrasında gelişebilecek alerjik reaksiyonlara müdahale edebilecek resustasyon altyapısı sağlanmış olmalıdır.

Radyasyon Dozimetrisi

Çeşitli organların FDG enjeksiyonu sonrasında aldığı dozlar ICRP publication80 dökümanında verilmiştir.

PET-PET/BT

PET/BT uygulamalarında çekilen düşük doz BT bilgisi kullanılarak atenüasyon (soğurma) düzeltilmesi yapılmaktadır. Düşük doz olmasına rağmen bu BT çekimleri hastaların aldığı radyasyon dozunu artırmaktadır. BT bileşenin görüntü kalitesinin artırılması istendiğinde hastalara verilen radyasyon dozu da artacaktır. Bu nedenle her enstitü tetkikten elde etmek istediği görüntü kalitesi ve bilgi düzeyine göre çekim protokollerini düzenlemelidir. Bu amaçla soğurma düzeltilmesi ve anatomik lokalizasyon belirlenmesi amaçlanıyorsa düşük doz BT çekimi yeterli olacaktır. Yüksek kalitede görüntü elde edilmek isteniyorsa daha fazla radyasyon dozu verilir i.v. kontrast uygulaması ile tanısal BT çekimi yapılabilir. Bu tür "tanısal BT" çekimlerinin ancak klinik endikasyon varsa uygulanması önerilmektedir. Klinik endikasyon ise hasta bazında hastanın mevcut görüntülemeleri birlikte değerlendirilerek belirlenmelidir. Örneğin sarkom tanısı ile FDG PET/BT çekilecek bir çocukta tanısal akciğer BT önceden çekilmemiş ise soğurma düzeltilmesi ve anatomik yerleşim amacı ile düşük doz BT ile tüm vücut tarama yapılmasının ardından akciğer metastazlarının ayrıntılı değerlendirilmesi için toraks bölgesine tanısal BT çekilebilir. Bu durumda da BT parametrelerinin hastanın kilosuna göre düzenlenmesi ayrıca verilecek oral ve i.v. kontrast miktarının hastanın yaşına göre ayarlanması gerekmektedir. Tedavi yanıtının değerlendirilmesi amacıyla yapılan FDG PET/BT çalışmalarında i.v. kontrast kullanımına gerek yoktur. Bu amaçla tüp voltajının ve akımının düşürülmesi, rotasyon hızının artırılması ve mümkünse doz modülasyon sistemlerinin kullanılması önerilmektedir.

Ultra düşük doz BT çekimi (80 kVp, 5 mAs, pitch 1,5: 1) yapılması durumunda tanısal BT ile karşılaştırıldığında hastalara verilen radyasyon dozu

100 kat azaltılabilmektedir. Bu durumda bile sadece PET çekimi ile karşılaştırıldığında çocuklara 10 kat fazla radyasyon verilmektedir. Bu nedenle akciğer dışındaki alanlarda morfolojik görüntüleme için MRG yapılmasının daha doğru olacağını savunanlar vardır (11). MRG ve PET görüntülerinin karşılaştırılabilmesini sağlayan yazılım programlarının yanı sıra giderek yaygınlaşmakta olan PET/MR cihazlarının pediatrik uygulamalarda radyasyon dozunu belirgin azaltarak ayrıntılı anatomik bilgi vererek tanısal doğruluğu arttıracığı bildirilmektedir.

Günümüzde uygulanan PET/BT uygulamalarının tetkikin tanısal doğruluğunu ve özgüllüğünü artırarak pediatrik hastalarda çok iyi lezyon yerleşimi belirlenmesinin hastaların aldığı radyasyon dozundan daha önemli olduğunu bildiren yayınlar da vardır (12,13).

Hasta Pozisyonu ve Çekim

Çekim sırasında hareketin en az olması için hastaların kamerada rahat bir şekilde yatması sağlanmalı ve hastalar uygun şekilde bağlanarak hareketleri kısıtlanmalıdır. Çok küçük çocuklar için yattıklarında çocukların vücutlarının şeklini alan özel dolgulu yastıklar kullanılabilir.

Sedasyon uygulanması gerekiyorsa bu gönderen çocuk doktorunun bilgisi dahilinde ve tercihen pediatrik anestezi uzmanı tarafından verilmelidir. Doktor, teknisyen ve hemşirelerin iyi eğitilmiş olması ve pediatrik hastalarla doğru iletişime geçebilmesi, hasta ebeveynlerinin süreçte doğru bilgilendirilmesi gerekmektedir. İki yaş altındaki bebeklerde enjeksiyondan 30 dakika sonrasında bebeğin beslenmesi ve sonrasında uyutulması ile gereksiz sedasyondan kaçınılması mümkün olabilir.

Görüntüleme

Çekime dahil edilmesi gereken alanlar hastaların endikasyonları doğrultusunda belirlenmelidir. Kemik ve kemik iliği tutulumu olmayan lenfoma hastalarının izlem çekimleri kafa kaidesinden femur orta kesimine kadar alınabilir.

Ancak nöroblastom ve sarkom hastalarında kemik ve kemik iliği tutulumunun değerlendirilebilmesi için tüm ekstremitelerin görüntülenmesi daha uygun olacaktır. En yüksek duyarlılığı sağlayacak şekilde 3D görüntülerin alınması tercih edilmelidir. Ayrıca çekim süresinin olabildiğince kısa tutulması da hasta

hareketinin en az olmasını ve gereksiz sedasyon verilmemesini sağlar.

Değerlendirme

Fizyolojik FDG dağılımının bilinmesi yanlış yorumlamaları önlemek açısından önemlidir. Çocuklarda ve genç erişkinlerde fizyolojik timus aktivitesi sık gözlenen bir bulgudur. Ayrıca kemoterapi alan hastalarda timus hiperplazisi sık gözlenir. Bu nedenle bu bulgunun ön mediastende rezidü hastalık ya da nüksten ayrılması önemlidir. Waldeyer halkasında nazofarengeal ve orofarengeal lenfoid dokularda FDG tutulumu da erişkinlere kıyasla çocuklarda daha fazla gözlenmektedir. Emzik kullanan ya da enjeksiyon sonrasında beslenen bebeklerde çiğneme kaslarında FDG tutulumu gözlenebilir. Büyüme plaklarında artmış FDG tutulumu gözlenir. Kemoterapi sonrasında kemik iliğinin fizyolojik rejenerasyonuna bağlı olarak kemik iliğinde difüz artmış FDG tutulumu izlenebilir. Ayrıca Granülosit Koloni-Uyarıcı Faktör (GCSF) kullanan hastalarda dalak ve kemik iliğinde artmış FDG tutulumu saptanabilir. Değerlendirme sırasında kullanılan GCSF tiplerinin yarı ömürleri göz önünde bulundurulmalıdır. Eritropoietin kullanımı sonrasında da kemik iliğinde FDG tutulumu artabilir.

Çocuklar enjeksiyon sonrasında ağlarsa laringeal yapılarda artmış, simetrik FDG tutulumu gözlenebilir. Daha önce de belirtildiği gibi çocuklarda ve adölesanlarda boyunda, mediastende, aksillada, paraspinal bölgede ve perirenal alanda kahverengi yağ dokusunda FDG tutulumu izlenir. BT görüntüleri bu tutulumların doğru yorumlanmasında önemli bir yardımcıdır.

Beyinde FDG tutulumu hastaların yaşına göre değişiklik göstermektedir (14). Yenidoğanda en yüksek FDG tutulumu sensorimotor kortekste, singulat girusta, hipokampal bölgede, talamusta, beyin kökünde ve serebellar vermiste izlenirken, 2.-3. aylarda parietal lobda, temporal lobda ve primer görme alanında, bazal ganglionlarda ve serebellar hemisferlerde FDG tutulumunun arttığı belirlenmektedir. Altıncı-12. aylarda frontal kortekste glukoz kullanımı artar. Doğumdan sonra 4 yaşına kadar beyinde glukoz kullanımı giderek artar. Dört yaşındaki bir çocukta glukoz kullanımı erişkinlerin 2 katı kadardır. Bu durum 2-10 yaşlar arasında sabit kalır ve glukoz kullanım hızı giderek azalarak 16-18 yaşlarında erişkin değerlerine ulaşır.

Kaynaklar

1. Wegner EA, Barrington SF, Kingston JE, Robinson RO, Ferner RE, Taj M, Smith MA, O'Doherty MJ. The impact of PET scanning on management of paediatric oncology patients. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2005;32:23-30.
2. Amthauer H, Furth C, Denecke T, Hundsdoerfer P, Voelker T, Seeger K, Stöver B, Henze G. FDG-PET in 10 children with non-Hodgkin's lymphoma: initial experience in staging and follow-up. *Klinische Padiatrie* 2005;217:327-333.
3. Montravers F, McNamara D, Landman-Parker J, Grahek D, Kerrou K, Younsi N, Wioland M, Leverger G, Talbot JN. [(18)F]FDG in childhood lymphoma: clinical utility and impact on management. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2002;29:1155-1165.
4. Lucas JD, O'Doherty MJ, Cronin BF, Marsden PK, Lodge MA, McKee PH, Smith MA. Prospective evaluation of soft tissue masses and sarcomas using fluorodeoxyglucose positron emission tomography. *British J Surg* 1999;86:550-556.
5. McCarville MB, Christie R, Daw NC, Spunt SL, Kaste SC. PET/CT in the evaluation of childhood sarcomas. *AJR* 2005;184:1293-1304.
6. Shulkin BL, Hutchinson RJ, Castle VP, Yanik GA, Shapiro B, Sisson JC. Neuroblastoma: Positron emission tomography with 2-[fluorine-18]-fluoro-2-deoxy-D-glucose compared with metaiodobenzylguanidine scintigraphy. *Radiology* 1996;199:743-750.
7. Gelfand MJ, O'Hara S M, Curtwright LA, Maclean JR. Pre-medication to block [(18)F]FDG uptake in the brown adipose tissue of pediatric and adolescent patients. *Pediatric radiology* 2005;35:984-990.
8. Stauss J, Franzius C, Pfluger T, Juergens KU, Biassoni L, Begent J, Kluge R, Amthauer H, Voelker T, Højgaard L, Barrington S, Hain S, Lynch T, Hahn K; European Association of Nuclear Medicine. Guidelines for 18F-FDG PET and PET-CT imaging in paediatric oncology. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2008;35:1581-1588.
9. Lassmann M, Biassoni L, Monsieurs M, Franzius C, Dosimetry E, Paediatrics C. The new EANM paediatric dosage card: additional notes with respect to F-18. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2008;35:1666-1668.
10. Holm S, Borgwardt L, Loft A, Graff J, Law I, Højgaard L. Paediatric doses-a critical appraisal of the EANM paediatric dosage card. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2007;34:1713-1718.
11. Hahn K, Pfluger T. Has PET become an important clinical tool in paediatric imaging? *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2004;31:615-621.
12. Franzius C, Juergens KU, Vormoor J. PET/CT with diagnostic CT in the evaluation of childhood sarcoma. *AJR* 2006;186:581-582.
13. Franzius C, Juergens KU, Schober O. Is PET/CT necessary in paediatric oncology? *For. Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2006;33:960-965.
14. Chugani HT. A critical period of brain development: studies of cerebral glucose utilization with PET. *Preventive medicine* 1998;27:184-188.