

# F-18 FDG PET/BT görüntüleme artefaktları

## F-18 FDG PET/CT imaging artifacts

**Yasemin PARLAK, Gül GÜMÜŞER, B. Elvan SAYIT BİLGİN**

*Celal Bayar Üniversitesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Manisa*

F-18 FDG PET/BT yüksek doğruluğu nedeniyle birçok malignite için primer lezyonun ayırıcı tanısında, hastalığın evrelemesi ve tedaviye yanıtın değerlendirilmesinde, sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak, cihazın görüntü kalitesini etkileyen PET ve BT ile ilgili atenüasyon düzeltme (AC) artefaktları da dahil olmak üzere çeşitli artefaktlar vardır. Malign lezyonların doğru tanımlanması için bu artefaktların karakterize edilmesi klinik olarak önemlidir. Amacımız bu artefaktları tanımlamak, karakterize etmek ve PET/BT görüntü kalitesine olan etkisini araştırmaktır.

**Anahtar sözcükler:** Artefakt; PET/BT.

F-18 FDG PET/CT are being used in increasing numbers in the diagnosis of the primary lesion, disease staging and evaluation of response to therapy of various cancers due to its high accuracy. However, PET/CT have various artifacts which affected image quality including PET and CT AC (attenuation correction) artifacts. For accurate identification of malignant lesions, to characterize these artifacts is clinically important. Our aim is to identify, to characterize and to investigate the effect of PET/CT image quality of these artifacts.

**Keywords:** Artifact; PET/CT.

Pozitron emisyon tomografi (PET), insan vücudundaki organlar ve metabolizmalarının görüntülenmesini sağlayan bir radyoizotop görüntüleme tekniğidir.<sup>[1]</sup> Günümüzde, PET/BT onkolojik hastalarda evrelemede, akciğer, meme, baş-boyun, lenfoma, melanoma ve gastrointestinal malignitelerin takibinde yaygın olarak kullanılmaktadır.<sup>[2]</sup> F-18 florodeoksiglukoz (FDG) PET/BT yüksek doğruluğu nedeniyle birçok malignite için primer lezyonun ayırıcı tanısında, hastalığın evrelemesi ve tedaviye yanıtın değerlendirilmesinde, giderek artan sayılarda kullanılmaktadır. F-18 florodeoksiglukoz ile yapılan PET ile birçok malignite türünde; primer lezyonun tespiti ve değerlendirmesi, hastalığın evrelemesi ve tedaviye yanıtın değerlendirilmesi yüksek doğrulukla yapılabilmektedir. Bilgisayarlı tomografi (BT) ise X-ışını kullanan tomografik görüntüleme tekniğidir ve anatomik

görüntü oluşturarak, morfolojik ve anatomik yapıları, yüksek rezolüsyonla, tümörün lokalizasyon, uzanım ve karakterizasyonunu belirlemede yardımcı olur.<sup>[2]</sup> BT ve PET tek bir hasta yatağı içeren birleşik bir sistemdir ve BT tarama, PET tarama ya da her ikisini de yapabilir. Eğer bir hasta iki tarama arasında hareket etmez ise rekonstrükte edilmiş (yeniden oluşturulmuş) PET ve BT görüntüleri uzaysal olarak birleştirilebilir. Bu özellik PET taramalarında tanısal doğruluğu özellikle malign hastalığın evrelendirilmesinde %91'den %98'e çıkarmıştır. Ayrıca PET/BT görüntülemesinde BT atenüasyon düzeltmesi transmisyon atenüasyon düzeltmesinden daha hızlıdır. Bunun yanında BT ile atenüasyon düzeltmesinin PET/BT görüntülerinde artefakt oluşturma gibi dezavantajıda vardır.<sup>[2,3]</sup> Cihazın PET ve BT komponentinden kaynaklanan bu artefaktlar yöntemin başarısını etkilemektedir. Bu

İletişim (Correspondence): Yasemin PARLAK. Celal Bayar Üniversitesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Manisa, Turkey.  
Tel: +90 - 236 - 444 42 28 e-posta (e-mail): yasemin.gultekin@hotmail.com



Şekil 1. Truflight Select PET/BT cihazı (Philips Medikal).

çalışmada karşılaşılan artefaktları tanımlanıp, görüntü kalitesine olan etkileri incelendi.

### **Pozitron Emisyon Tomografi/BT Sistemi ve Konfigürasyonu**

Pozitron emisyon tomografi/BT cihazlarında PET ve BT tomografileri aynı ana gövde içerisinde tek hasta yatağı içeren birleşik bir sistemdir (Şekil 1). Cihazın önünde BT, arkasında PET bulunmaktadır.<sup>[3]</sup> PET/BT cihazı ana gövdesi genellikle yaklaşık 100 cm aksiyel uzunlukta ve iç çapı 70 cm'dir. Çapının geniş olması kilolu hastaların görüntülenmesine olanak sağlar. BT tarayıcıları, aksiyel ya da helikal kayıt modlarda ve farklı dönme hızlarında iki ya da çok kesitli olabilir. İlk PET tarayıcılarında Na(Tl) kristali kullanılmış daha sonra Bizmut Germinat Oksit (BGO), Gadolinyum Oksiortosilikat (GSO) ve Lütisyum Oksiortosilikat (LSO) gibi yüksek yoğunluklu ve etkin atomik malzemeler PET için tercih edilen dedektörler olarak ortaya çıkmıştır.<sup>[3-5]</sup>

### **Atenüasyon düzeltme**

Pozitron emisyon tomografi ve PET/BT'de çeşitli atenüasyon düzeltme metotları vardır. PET/BT kullanım avantajlarından biri atenüasyon düzeltmesinin BT kullanılarak kolaylıkla yapılmasıdır. Aynı bir transmisyon kaynak gerekmemektedir. Bu durum atenüasyon düzeltmesi için zaman kaybını (yaklaşık %40) buna bağlı hasta hareketini ve istatistiksel gürültüyü azaltır.<sup>[5,6]</sup> Konvansiyonel PET taramalarında, atenüasyon düzeltmesi eksternal radyoaktif kaynaklar ile transmisyon taramalar kullanılarak yapılır. Transmisyon kayıt zamanı

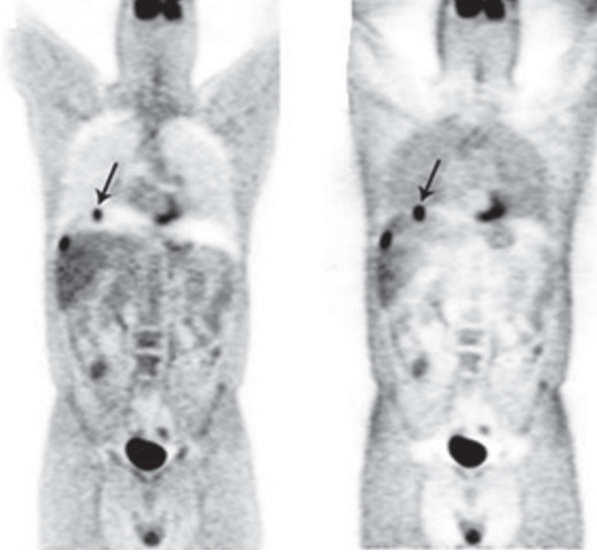
düzeltilme metoduna bağlı olarak iki-dört dakika/yatak pozisyonu arasında değişmektedir.<sup>[7,8]</sup> BT kullanılarak atenüasyon düzeltmesi yapıldığında; BT fotonları emisyon fotonlarından farklı enerjilere sahip olmaları nedeniyle BT'den PET'ye düzeltme faktörlerini dönüştürmek için bir algoritma gerekir. Mevcut atenüasyon düzeltme algoritmaları Hounsfield Unit (HU) değerlerini (ortalama 70-80 keV'lik X-ışınlarını) PET'deki 511 keV'lik lineer atenüasyon değerlerine dönüştürür. PET atenüasyon düzeltme haritası oluşturularak, farklı dokulara karşılık gelen BT atenüasyon katsayıları PET enerjilerine eşleştirilir.<sup>[3]</sup> PET/BT artefaktlarının çoğu atenüasyon düzeltmelerinde BT kullanılmasıyla ilgilidir.

### **Görüntüleme artefaktları**

Pozitron emisyon tomografi/BT görüntülemeye en sık karşılaşılan artefaktlar hastanın solunumu, hastada katater veya diğer metal cisimlerin varlığı, IV ya da PO kontrast ajanların kullanımı, trunkasyon ve ışın sertleşme artefaktlarıdır. Bu artefaktlar PET görüntülerinin atenüasyon düzeltmesi için PET transmisyon tarama yerine BT tarama yapılmasından kaynaklanmaktadır.

### **Solunum artefaktı**

Solunum hareketinin BT ve PET'nin zamansal çözünürlüğü ile ilgilidir. BT taraması süresince diyafram hareketi karaciğer kubbesinin toraks içinde görülmesine neden olur. Solunum artefaktı, PET kaydında hasta rahat nefes alıp verirken (tidal solunum), BT kaydı sırasında derin soluk alır ise ortaya çıkar. PET ile BT görüntülerinin solunum döngüleri arasındaki bu farklılıklar lezyonların yanlış lokalize



**Şekil 2.** Karaciğerin kubbesindeki lezyonun solunum hareketi nedeniyle sağ akciğere yanlış lokalize olması (A) CTAC PET (B)NAC PET.

edilmesine neden olabilir. PET ve BT'deki diyafram pozisyonları arasındaki uyumsuzluk, akciğer alt lob bazalinde “soğuk” alan artefakt görünümüne neden olabilir (Şekil 2). Bu diyafragmatik solunum artefaktının büyüklüğü bu bölgedeki datalarının toplanması için geçen zamana ve hastanın genel solunumsal problemlerine (nefes darlığı, KOAH...) bağlıdır. Bu yüzden multislice BT'lerde kayıt zamanı kısa olduğundan bu artefakt daha az görülür. Bu diyafragmatik artefakt klinikte akciğer bazal segmetlerde ve karaciğer kubbe düzeyi yerleşimli lezyonların doğru tanımlanmasında önemlidir.<sup>[6,9]</sup>

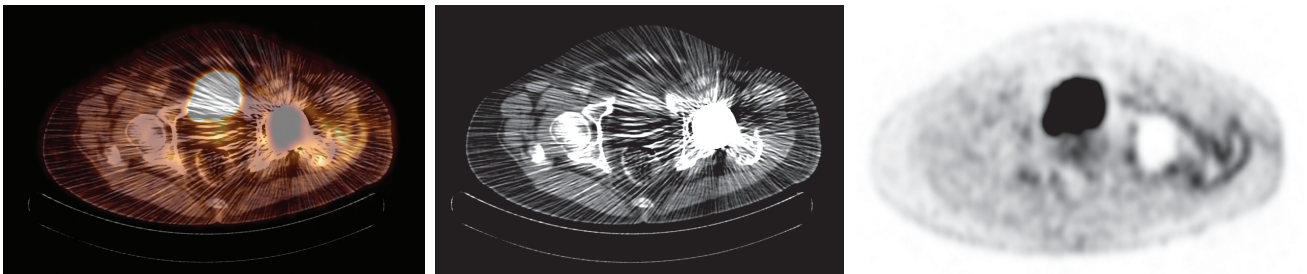
### Metalik implantlar

Diş dolguları, kalça protezleri, kemoterapi portları gibi metalik implantlar BT imajlarında yüksek

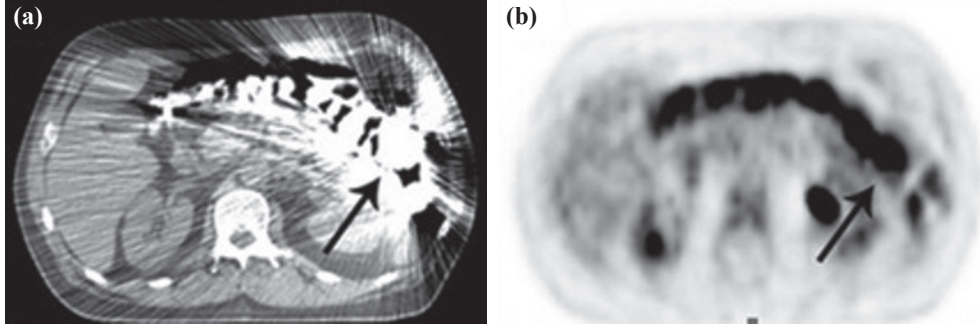
foton absorpsiyonları nedeniyle çizgi görünümlü artefaktlar oluşturur ve Hounsfield Unit (HU) değerleri artar. BT değerlerindeki bu artışa bağlı yüksek PET atenüasyon katsayıları ortaya çıkar. Bu durum ilgili bölgelerde yüksek FDG aktivitesi ile sonuçlanarak yanlış pozitif PET bulgularına sebep olur (Şekil 3). Bütün metal implantlarda bu durum gözlenmez. Daha çok yüksek yoğunluklu metallerde (örneğin, kalça protezi gibi) gözlenir. Bu metaller 511 keV'lik fotonlarında atenüasyona uğratırlar. İmplant bölgesinde ‘soğuk alanlar’ da görülebilir. Bu fotopenik alana BT atenüasyon düzeltmesi yapıldığında FDG uptake'inde azalış görülür. Bu yüzden çekim öncesi hastanın üzerinde metal varsa çıkarılmalıdır. Metal protezlerin lokalizasyonu mutlaka öğrenilmelidir.<sup>[3,7,10]</sup>

### Kontrast

Kontrast madde, yüksek dansitelidir. Bu yüzden dokular arasında dansite farklılığı oluşturur. BT imajlarının kalitesini artırabilmek, lezyon saptama duyarlılığını artırmak, lezyon karakterizasyonu, vizüalize damarları ve yumuşak dokuları daha net görebilmek için hastalara intravenöz ya da oral kontrast (iyot, baryum sülfat vb) verilir. Fakat PET/BT'de kontrast kullanmanın dezavantajları da vardır. Bu dezavantajlar atenüasyon artefaktları, alerji, nefrotoksisite riski ve maliyet gibi. Bu ajanların kullanımında oluşabilecek artefaktlar metalik implantlardaki gibi BT değerlerinde değişikliğe neden olabilir. Dolayısıyla atenüasyon düzeltmesinden dolayı CTAC (Computed Tomography Attenuation Correction) PET imajlarının kalitatif ve kantitatif doğruluğunu etkileyebilir. PET/BT'de kontrast kullanımı PET atenüasyon faktörlerinde bir artışa neden olabilir (Şekil 4). Yüksek kontrast



**Şekil 3.** Yüksek yoğunluklu metalik implantlar karakteristik çizgili artefaktlar oluşturur. Yüksek HU değerleri nedeniyle de yüksek PET atenüasyon katsayılarına neden olarak, aktivite konsantrasyonunu etkiler.



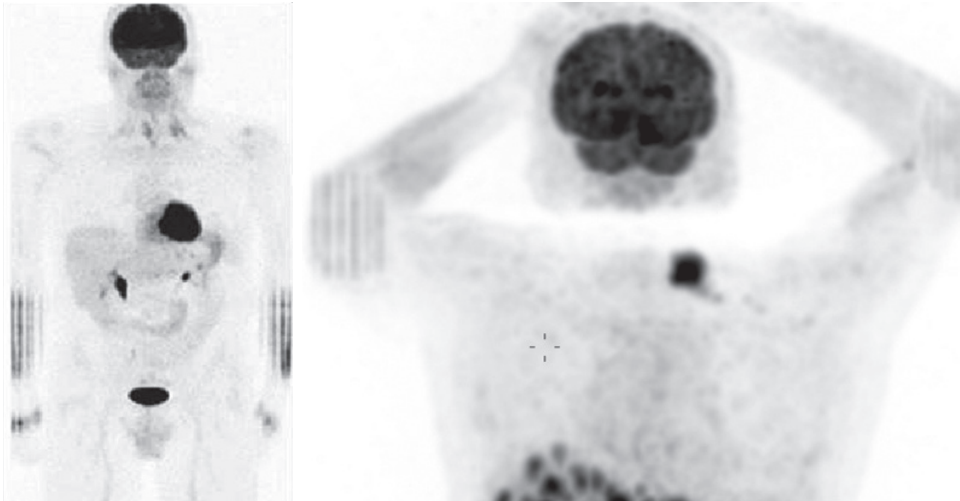
Şekil 4. PET/BT incelemesinden bir gün önce baryum kontrastı alan hastanın artefaktlı görüntüsü.  
(a) BT (b) PET.

konsantrasyonlu bölgede F18-FDG konsantrasyonunu olduğundan fazla göstererek SUV'lerde ciddi bir artışa neden olacaktır.<sup>[11]</sup> Kontrast artefakt etkisi verilen ajanın konsantrasyonu ile artar. Klirens, hastaya uygulama yoluna ve BT kayıt zamanı arasındaki farka bağlıdır. Hastaya PET/BT görüntülemesinden birkaç saat önce kontrastlı diagnostik BT çekilmiş ise buna dikkat edilmelidir. Çünkü oral kontrastın doku konsantrasyonu su reabsorpsiyonu nedeniyle zamanla artar. CTAC PET imajlarını düzeltmek için literatürde çeşitli teknikler vardır. Bu metotlardan birinde kontrast bölgeleri çizilerek, CT'den PET enerjilerine lineer atenüasyon katsayılarına bağlı dönüşüm yapılır ve rekonstrükte edilmiş CTAC PET imajları elde edilir.<sup>[7,12]</sup>

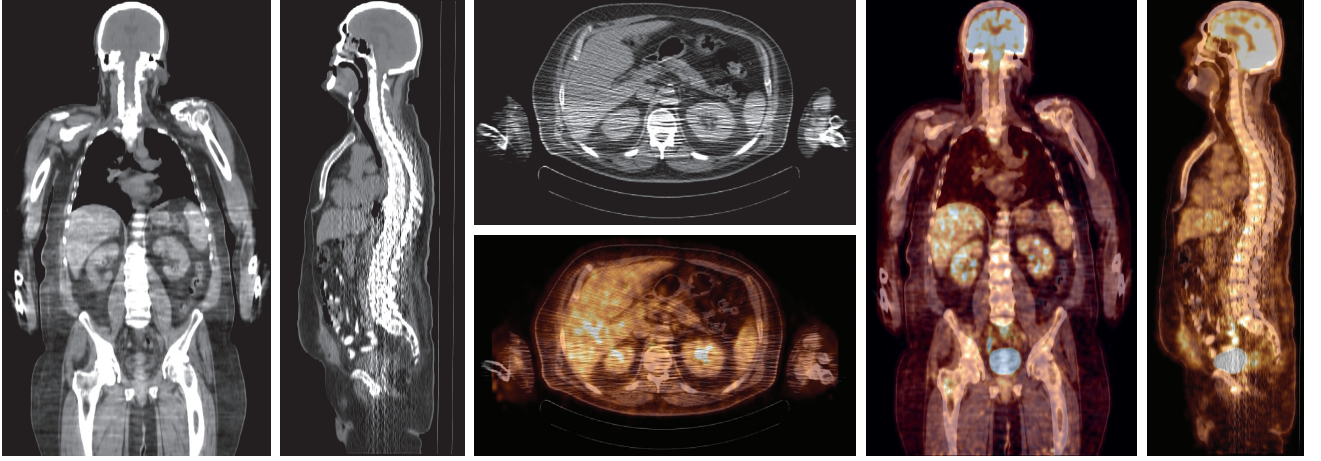
### Trunkasyon

Pozitron emisyon tomografi taramalarda genel-

likle hastalar kolları yanlarda, PET/BT taramalarında ise kollar yukarıda taranır. Trunkasyon artefaktı BT (FOV=50 cm) ve PET (FOV=60-70 cm) tomografileri arasındaki faydalı görüş alanının farklı olması nedeniyle oluşur. Bu durum ile obez hastalarda ve malign melanom gibi kollar yanda tüm vücut taranan hastalarda karşılaşılr (Şekil 5). BT'nin FOV'ü aşıldığında PET kesitlerinde karakteristik çizgili artefaktlar oluşur. BT görüntülerindeki trunkasyon artefaktı atenüasyon düzelmesi yapılmış PET imajlarına da yansiyarak yüksek atenüasyon değerlerine bağlı bir rim oluşturur. Bu durum PET raporlandırmda yanlış yorumlamaya neden olabilir. Bu nedenle, trunkasyon artefaktlarını azaltmak için, PET/BT görüntülemde teknisyenlerin hastaları dikkatlice faydalı görüş alanının merkezine ve kollar yukarıda olacak şekilde pozisyonlaması önemlidir. Trunkasyon artefaktlarını düzeltmek



Şekil 5. Trunkasyon artefaktı.



Şekil 6. Beam Hardening artefaktı.

için çeşitli teknikler geliştirilmiştir ve bunların çoğunda %90'dan fazla iyileşme vardır.<sup>[3,5,7,13]</sup>

### Işın sertleşme artefaktı

Farklı enerjide fotonlardan oluşan X-ışını demeti bir objeyi geçerken, düşük enerjili fotonlar hızlı absorbe olduklarından demetin ortalama enerjisi artar yani sertleşir. Bu etki sonucunda yumuşak doku-kemik gibi farklı yoğunluktaki oluşumlardan geçen ışın farklı şekillerde penetrasyon ve absorpsiyon gösterir ve artefakta yol açar. Bu artefakta “beam-hardening” artefaktı ya da x-ışınının sertleşmesi adı verilir. Elde edilen görüntülerde ise incelenen objenin santraline doğru gidildikçe atenuasyon değeri azalmış olarak (daha hipodens) görülecektir. Yumuşak doku-kemik gibi farklı atenuasyon değerlerindeki yapılarda daha sık karşılaşılan bu etki, kollar yanda yapılan tüm vücut PET/BT görüntülemelerde sıkça görülür (Şekil 6). Beam-hardening etkisi tamamen elimine edilemese de azaltılmasına yönelik ışın filtreleme teknikleri, “software” ve “hardware” yöntemleri geliştirilmiştir. Ayrıca kesit kalınlığının düşürülmesi ve mAs değerinin artırılması da beam hardening etkilerinin azaltılmasında yararlıdır.<sup>[13]</sup>

### Sonuç

Pozitron emisyon tomografi/BT görüntüleme, fonksiyonel görüntüleme ile anatomik bilgiyi birleştirerek tanıda doğruluğu artırır fakat iyi görüntü kalitesi bir dizi teknik durumlara bağlıdır. Artefaktlar, PET/BT’de F-18 FDG aktivite konsantrasyon-

larını önemli ölçüde etkilemektedir. Raporlamada hastaların eksik tedavi planlamasına yol açabilmektedir. Bu yüzden artefaktların doğru tanımlanarak karakterize edilmesi klinik açıdan oldukça önem arz eder.

### Kaynaklar

1. Demir B, Okutan M, Demir M. Positron emission tomography and radiotherapy treatment planning. Türk Onkoloji Dergisi 2009;24(2):88-97.
2. Abdoli M, Dierckx RA, Zaidi H. Metal artifact reduction strategies for improved attenuation correction in hybrid PET/CT imaging. Med Phys 2012;39(6):3343-60.
3. Sureshbabu W, Mawlawi O. PET/CT imaging artifacts. J Nucl Med Technol 2005;33(3):156-61; quiz 163-4.
4. Beyer T, Bockisch A, Kühl H, Martinez MJ. Whole-body 18F-FDG PET/CT in the presence of truncation artifacts. J Nucl Med 2006;47(1):91-9.
5. Townsend DW. Positron emission tomography/computed tomography. Semin Nucl Med 2008;38(3):152-66.
6. Blodgett TM, Mehta AS, Mehta AS, Laymon CM, Carney J, Townsend DW. PET/CT artifacts. Clin Imaging 2011;35(1):49-63.
7. Pettinato C, Nanni C, Farsad M, Castellucci P, Sarnelli A, Civollani S, et al. Artefacts of PET/CT images. Biomed Imaging Interv J 2006;2(4):e60.
8. Hsu BL, Case JA, Moser KW, Bateman TM, Cullom SJ. Reconstruction of rapidly acquired Germanium-68 transmission scans for cardiac PET attenuation correction. J Nucl Cardiol 2007;14(5):706-14.
9. De Wever W, Stroobants S, Coolen J, Verschakelen JA. Integrated PET/CT in the staging of nonsmall cell lung cancer: technical aspects and clinical integration. Eur

- Respir J 2009;33(1):201-12.
10. Rosenbaum SJ, Lind T, Antoch G, Bockisch A. False-positive FDG PET uptake--the role of PET/CT. *Eur Radiol* 2006;16(5):1054-65.
  11. Mawlawi O, Erasmus JJ, Munden RF, Pan T, Knight AE, Macapinlac HA, et al. Quantifying the effect of IV contrast media on integrated PET/CT: clinical evaluation. *AJR Am J Roentgenol* 2006;186(2):308-19.
  12. Zaidi H. Optimisation of whole-body PET/CT scanning protocols. *Biomed Imaging Interv J* 2007;3(2):e36.
  13. Kinahan PE, Hasegawa BH, Beyer T. X-ray-based attenuation correction for positron emission tomography/computed tomography scanners. *Semin Nucl Med* 2003;33(3):166-79.