

TÜMÖR GÖRÜNTÜLEMEDE SPECT-BT HİBRİD GÖRÜNTÜLEME UYGULAMA KILAVUZU

M . Fani Bozkurt, Hakan DEMİR, , Yasemin Şanlı, Handan Tokmak, Berna Okudan Tekin , Recep Bekiş, , Güzin Töre ve Berna Değirmenci Polack . (Türkiye Nükleer Tıp Derneği Nükleer Onkoloji Çalışma Grubu)

I. Amaç

Bu kılavuzun amacı nükleer tıp hekimlerine nükleer onkolojik görüntüleme SPECT/BT endikasyonları, uygulama tekniği, yorumlama ve raporlama konularında bilgi verilmesidir.

II. Genel Bilgi ve Tanımlar

SPECT özel bir patofizyolojik süreci görüntülemek üzere vücuda verilen radyofarmasötiklerden yayılan tek-foton emisyonlarının bilgisayar destekli gama kamera sistemleri tarafından tomografik görüntülenmesini sağlayan bir kesitsel sintigrafi yöntemidir. BT ise dışarıdaki bir X-ışını kaynağında üretilen ışınların transmisyona yöntemiyle vücut içerisinden geçirilip tomografik görüntülemenin yapıldığı bir radyolojik görüntüleme yöntemidir. SPECT/BT hibrid görüntüleme cihazları aynı sistem içinde aynı hasta yatağını kullanarak hem SPECT hem de BT görüntüleme yapılmasına olanak tanıyan görüntüleme sistemleridir. Bu sayede nükleer onkolojik amaçlı görüntülemelerde hem SPECT görüntülemelerden patofizyolojik bilgi hem de BT görüntülemelerden morfolojik bilgi aynı anda elde edilebilmektedir. Lezyonların anatomik lokalizasyonları daha doğru ve kolay şekilde yapılabilmektedir. SPECT/BT hibrid görüntüleme sistemlerinde BT görüntüleme anatomik lokalizasyon yapma dışında attenuasyon düzeltmesi yapma amacıyla da kullanılmaktadır. Literatürde SPECT/BT görüntülemenin tek başına yapılan SPECT ve BT görüntülemelerden çok daha başarılı olduğunu gösteren giderek artan sayıda çalışma bulunmaktadır.

III. Nükleer Onkolojik Amaçlı SPECT/BT Hibrid Görüntüleme Endikasyonları

1. Kemik metastazlarını görüntüleme : Tüm vücut planar kemik sintigrafisi yapılan hastalarda yorumlama güçlüğü bulunana aktivite tulumlarının ayırıcı tanısı ve metastazların anatomik lokalizasyonlarının belirlenmesi amacıyla uygulanır.
2. I-123/I-131 SPECT/BT: Diferansiye tiroid kanseri tanılı hastalarda tedavi dozu ile görüntüleme ve takip dönemlerinde yapılan tüm vücut iyot taramaya ek olarak lezyon lokalizasyonlarını belirleme ve şüpheli tutulumların ayırıcı tanısında yardımcı olma amaçlarıyla uygulanır.

3. I-123/I-131 MIBG SPECT/BT: Başlıca feokromasitoma ve nöroblastoma olmak üzere nöroektodermal tümörlü hastalarda tedavi dozu ile görüntüleme ve takip dönemlerinde yapılan tüm vücut ve spot planar görüntülemelere ek olarak lezyon lokalizasyonlarını belirleme ve şüpheli tutulumların ayırıcı tanısında yardımcı olma amaçlarıyla uygulanır.
4. Somatostatin reseptör sintigrafisinde SPECT/BT:In-111 ve/veya Tc99m işaretli somatostatin reseptör analogları ile somatostatin reseptör sintigrafisi yapılan nöroendokrin tümör tanılı hastalarda tüm vücut ve spot planar görüntülemelere ek olarak lezyon lokalizasyonlarını belirleme ve şüpheli tutulumların ayırıcı tanısında yardımcı olma amaçlarıyla uygulanır.
5. Sentinel lenf nodu görüntüleme: Radyokolloid enjeksiyonu sonrası yapılan dinamik ve planar spot görüntülemelere ek olarak meme kanseri ve malign melanom başta olmak üzere pek çok malignanside sentinel lenf nodlarının anatomik lokalizasyonlarının yapılmasında, gama prob kılavuzluğunda cerrahi öncesi lenf nodlarının vücut üzerinden işaretlenmesinde ve planar çalışmada şüpheli olarak yorumlanan tutulumların ayırıcı tanısında yardımcı olma endikasyonlarıyla SPECT/BT çalışması yapılır.
6. Hepatik arter perfüzyon sintigrafisinde SPECT/BT: İntraarteryel radyomikroküre tedavisi öncesi planlama amaçlı yapılan intraarteryel Tc99m-MAA hepatic arter perfüzyon sintigrafisinde radyofarmasötiğin karaciğer içerisindeki biyodağılımının belirlenmesinde, tedavi kararını etkileyen gastrointestinal aktivite kaçaklarının ve akciğerlere aktivite şantlarının görüntülenmesinde ve tedavi dozu belirlemeye yardımcı parametrelerin hesaplanması amaçlarıyla SPECT/BT görüntüleme uygulanır.
7. Brehmstrahlung görüntüleme SPECT/BT: Y-90 gibi saf beta yayıcılarla uygulanan radyonüklid tedaviler sonrasında radyofarmasötiğin biyodağılımının belirlenmesinde daha doğru bir anatomik lokalizasyon yapılması amacıyla SPECT/BT uygulanabilir. Bu alanda en sık intraarteryel radyomikroküre tedavileri ve radyosinovektomi uygulamalarında yararlanılmaktadır.
8. Diğer: Belirtilen temel endikasyonlar dışında kalan her türlü nükleer onkolojik görüntüleme yönteminde planar çalışmalara ek olarak anatomik lokalizasyon ve attenuasyon düzeltilmesi avantajlarından yararlanarak daha doğru ve kolay yorumlama yapma endikasyonları ile SPECT/BT uygulanabilir.

IV. Hasta Hazırlığı

1. Tetkik öncesi hazırlık: SPECT/BT endikasyonuna göre değişeceği için ilgili nükleer onkolojik görüntüleme yönteminin gerektirdiği hazırlıklar kılavuzlarda önerildiği şekilde uygulanmalıdır.
2. Tetkik uygulanması sırasında hazırlık: SPECT/BT uygulama süresi genellikle 15-45 dk arası sürebileceğinden hastaların bu süre içerisinde hareketsiz şekilde ve tetkikin gerektirdiği pozisyonda (örn:kollar baş üzerinde) kalabilmeleri konusunda bilgilendirilmelidir. Hasta rahatının sağlanması için gereken baş ve kol desteği gibi yardımcı enstrümanların uygun şekilde kullanılmalı ve gerekli

hastalarda konusunda uzman hekimler tarafından sedasyon yapılması sağlanmalıdır.

3. Kontrast Uygulama: Günümüzde kullanımda olan SPECT/BT sistemlerinin çoğu tanısal kalitede BT görüntülemeye elverişli olmadığı için intravenöz kontrast uygulama sıklıkla tercih edilmemektedir. Ancak, tanısal BT görüntüleme yapma kapasitesine sahip SPECT/BT sistemlerinde görüntüleme yapılıyorsa ve iv kontrast madde uygulanacak ise uygulamadan önce kontrast alerjisi yönünden hastanın ayrıntılı sorgulanması, böbrek fonksiyonlarının belirlenmesi ve endikasyona göre uygun kontrast ajanın önerilen doz ve şekilde hastaya verilmesi gerekmektedir. Abdomen veya pelvis görüntülemelerde barsakların daha iyi ayırt edilebilmesi için oral kontrast kullanılması önerilir. Artefaktlar yol açılmaması için su gibi negatif kontrast ajanlar ya da çok yüksek konsantrasyonda olmayan pozitif kontrast ajanlar (baryum, iyotlu kontrast ajanlar gibi) kullanılabilir.

V. Radyofarmasötik

SPECT/BT endikasyonuna göre kullanılan radyofarmasötikler değişmektedir. Bunun için o uygulama (örn. Kemik sintigrafisi, MIBG sintigrafisi, somatostatin reseptör görüntüleme vb) ile ilgili kılavuza başvurulmalıdır.

VI. Görüntüleme

1. SPECT Görüntüleme Protokolü

SPECT/BT görüntülemenin SPECT bileşeninde görüntüleme endikasyonuna göre uygun lokalizasyondaki vücut bölgesi görüntüleme alanına dahil edilmelidir. Onkolojik SPECT/BT uygulamalarında 360 derecelik dönüş açısı tercih edilir. Kullanılan radyofarmasötiğe uygun enerji düzeyi ve pencere ayarı yapılmalıdır. Görüntüleme matrisi arşivlenen veri yoğunluğu göz önüne alındığında çoğunlukla 64x64x64 veya 128x128x128 olarak tercih edilmektedir. Hastanın hareketsiz kalma süresi dikkate alındığında toplam çekim süresinin 30-40 dakikayı geçmemesi önerilmektedir. Bu öneriler doğrultusunda hasta özelliklerine ve tetkik endikasyonuna uygun SPECT görüntüleme parametreleri seçilmelidir. Rutin kullanımda kullanılan SPECT/BT cihazının özelliklerine göre değişmekle birlikte aşağıdaki örnek görüntüleme parametreleri tercih edilebilir:

- a) Tc99m ile işaretli radyofarmasötiklerle yapılan görüntülemelerde (örn.Tc99m-HYNIC-octreotide, Tc99m-(V)-DMSA vb) ve I-123 işaretli radyofarmasötiklerde (örn:I-123-MIBG) 128x128x128 matriste, 20-25 sn/frame, 360 derece dönme açısı ile 140±10 keV enerji penceresinde görüntü alımı.
- b) I-131 işaretli veya In-111 işaretli (örn:In-111 octreotide) radyofarmasötiklerde radyofarmasötiğin gerektirdiği enerji peak' i ve %10 pencerede 128x128x128 matriste, 30-40 sn/frame, 360 derece dönme açısı ile görüntüleme .

- c) Rekonstrüksiyon tipi olarak iteratif rekonstrüksiyon filtrelenmiş geri yansıtma yöntemine tercih edilmekte olup, iteratif yöntem olarak OSEM/MLEM rekonstrüksiyon, ön filtreleme için -kullanılan cihazın teknik özellikleri ve donanımına ve kişisel tercihe bağlı olarak değişebilmekle beraber- Hann 0,9, 0,0 3D son filtreleme için Hann 0,9, 10.0 önerilebilir. Ancak, SPECT parametrelerinin kullanılan SPECT/BT cihazının teknik özelliklerine ve donanımına bağlı olarak değişiklik gösterebileceği bilindiğinden, görüntü alımı ve rekonstrüksiyon işlemlerinin optimizasyonu için kullanılan cihazın uygulama kılavuzuna ve teknik servisine danışılmalıdır.

2. BT Görüntüleme Protokolü

SPECT/BT görüntülemenin BT bileşeninde güncel kullanımda olan sistemlerin çoğunda attenüasyon düzeltilmesi ve anatomik lokalizasyon amaçlı BT uygulanmakla birlikte tanısal BT uygulamasına elverişli olan sistemlerde kontrastlı veya kontrastsız tanısal BT görüntülemesi yapılması da mümkündür. Tanısal BT uygulaması halinde işlemin optimizasyonu için pek çok algoritma önerilmiştir. Bu algoritmalar arasında sıklıkla tercih edileni, SPECT bileşeninden önce attenüasyon düzeltilmesi yapmak için kısa bir BT çekimini ve SPECT görüntü alımından sonra kontrast uygulamalı ve tam olarak diagnostik parametrelere uygun olarak alınan ikinci bir BT çekimini kapsayan uygulamadır. Ancak tetkikin optimizasyonu konusunda henüz fikirbirliğine varılmamış olup, bu konudaki çalışmalar devam etmektedir. SPECT/BT görüntülemenin BT bileşeni görüntüleme protokolünde dikkat edilmesi gereken basamaklar şu şekildedir:

- a. BT sadece attenüasyon düzeltilmesi ve anatomik lokalizasyon belirleme amaçları için uygulanıyorsa, gereksiz radyasyon maruziyetini engellemek için düşük doz BT (20 mAs) tercih edilmelidir.
- b. Optimize edilmiş tanısal BT uygulaması yapılacaksa, uygun uzaysal çözünürlüğü sağlamak için gereken BT doz parametresi tercih edilmelidir. Özellikle pediatrik hastalar için radyasyon maruziyetini azaltmak için tüp akımı modülasyonu uygulanabilir. Tanısal BT uygulamasında oral ve/veya intravenöz kontrast uygulaması tetkik endikasyonuna ve hasta özelliklerine uygun şekilde yapılır. Özellikle yoğun intravenöz kontrast uygulamalarında attenüasyon düzeltilmesi artefaktlarına sık rastlandığı bilindiğinden, böyle durumlarda attenüasyon düzeltilmesi yapılması için tanısal BT tetkikine ek olarak düşük doz ek BT görüntüleme yapılması tercih edilmektedir. Bu artefaktlar yeni görüntüleme sistemlerinde düzeltme faktörleri uygulanarak da engellenebilmektedir.
- c. Özellikle abdomen-pelvis SPECT/BT görüntülemelerinde tanısal BT yapılması planlanıyorsa, oral ve/veya intravenöz kontrast uygulaması tetkikin yorumlanmasını kolaylaştırmakta ve tanısal gücünü arttırmaktadır. Kontrastlar pozitif (örn: dilüe baryum veya iyotlu kontrastlar) veya negatif (örn:su) özellikte

olabilir. Özellikle yüksek konsantrasyonlu baryumlu ve iyotlu kontrast ajanlar SPECT/BT ve PET/BT hibrid görüntülemelerde attenüasyon artefaktlarına neden olabilmektedir. Bunlar dışında kalan dilüe düşük konsantrasyonlu pozitif ve negatif özellikteki kontrast ajanlarda artefakta sebep olma beklenen bir durum değildir.

- d. Tetkikin solunum artefaktlarından olabildiğince az etkilenmesi için ideal olarak diyafragma pozisyonu çalışmanın SPECT ve BT bileşenlerinde değişmemelidir. Ancak, tanısal optimize edilmiş BT protokolü aslında inspirasyon sonunda kısa süreli nefes tutmayı gerektirmekle birlikte; çalışmanın SPECT bileşeninin bu şekilde alınması tetkik süresi gözönüne alındığında mümkün değildir. Bu nedenle genellikle hem SPECT hem de BT sırasında hastanın çok derin nefes almaması tercih edilmektedir. Bazı merkezler çalışmanın BT bileşenini inspiryum ortasında almayı tercih etmektedirler. Ancak, çalışmanın BT ve SPECT bileşenlerinde diyafram pozisyonu farklılığının özellikle akciğer bazalleri, akciğer periferi, karaciğer kubbesi ve akciğer bazali-komşu yumuşak dokuya lokalize tutulumların yorumlanmasında zorluğa neden olabileceği değerlendirilmede dikkate alınmalıdır.

- d) SPECT/BT cihazının teknik özelliklerine göre değişmekle birlikte çalışmanın BT komponenti için sadece lokalizasyon belirleme ve attenüasyon düzeltilmesi yapma amacıyla rutin kullanımda 2,5 mAs akımlı, 140 kV voltajlı 512x512 matriste, kesit kalınlığı 5 mm için pitch:1,9, interval:4,42, 360 derece dönme eksenli 6 dönme açılı, step-and-shoot modda helikal BT seçeneği ile görüntüleme tercih edilebilir. Attenüasyon düzeltilmesi için iteratif rekonstrüksiyon tercih edilen yöntem olup, Rekonstrüksiyon tipi OSEM/MLEM iteratif rekonstrüksiyon, ön filtreleme için Hann 0,9, 0,0 3D son filtreleme için Hann 0,9, 10.0 önerilir. Ancak, BT parametrelerinin kullanılan SPECT/BT cihazının teknik özelliklerine ve donanımına bağlı olarak değişiklik gerektireceği de dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, görüntü alımı ve rekonstrüksiyon işlemlerinin optimizasyonu için kullanılan cihazın uygulama kılavuzuna ve teknik servisine danışılmalıdır.

VII. Raporlama

- Hastanın demografik bilgileri, tetkik endikasyonu yazılmalıdır.
- Radyofarmasötik: Kullanılan radyofarmasötik ismi, dozu, veriliş yolu belirtilmelidir.
- Görüntüleme alanı (tüm vücut, kafa tabanı-uyluk, diğer sınırlı alanlar), hasta pozisyonu ve kolların pozisyonu (kollar yukarıda, aşağıda) belirtilmelidir.
- BT protokolü: Yapılan BT'nin sadece attenuasyon düzeltilmesi ve anatomik lokalizasyon için mi yoksa tanısal mı olduğu belirtilmelidir. Varsa kullanılan kontrast madde ismi, dozu ve veriliş yolu yazılmalıdır.
- SPECT protokolü: kullanılan matriks boyutu, toplam görüntüleme açısı, enerji düzey veya düzeyleri, pencere aralığı, kesit başına görüntü süresi belirtilmelidir.
- Bulgular:

- ✓ Görüntü kalitesi: Görüntü kalitesi belirtilmeli, kötü ise nedenleri (hasta hareketi, enjeksiyon sorunu v.b.) yazılmalıdır.
- ✓ Aktivite Dağılımı: Fizyolojik aktivite tutulumu görülen yerler yazılmalı, bunun dışında izlenen patolojik tutulumları (artmış, azalmış) yeri, büyüklüğü, yoğunluğu belirtilmelidir. Artmış aktivite yoğunluk düzeyleri varsa referans (karaciğer gibi) bölgeler ile karşılaştırılarak hafif, orta, yüksek olarak derecelendirilmelidir.
- ✓ BT: BT’de varsa izlenen tesadüfî patolojik bulgular da raporlanmalıdır. Tanısal BT yapılmış ise raporlanmalıdır.
- ✓ Sınırlamalar: Tetkikin duyarlılık ve özgüllüğünü etkileyen durumlar varsa belirtilmelidir (lezyon boyut küçüklüğü, radyofarmasötik dağılımını etkileyen ilaçlar gibi)
- ✓ Karşılaştırma: Daha önce yapılmış olan benzer sintigrafiler ile karşılaştırma yapılmalıdır. Lezyon sayı ve yoğunluklarındaki değişiklikler varsa belirtilmelidir. Lezyon sayı ve yoğunluğunda değişiklik yok ise “değişiklik yoktur”, artış var ise” ilerleme (progresyon)”, azalma var ise “gerileme (regresyon)” şeklinde raporlanabilir.
- ✓ Yorum ve Sonuç: Bulgular ile şüphelenilen klinik durumla ilgili kesin tanı ve yorum yapılabiliyor ise belirtilmelidir. Mümkün ise ayırıcı tanı sonucu verilmelidir.
- ✓ İleri inceleme ve takip: Kesin yorum yapılamayan durumlar için gerekli ise tamamlayıcı görüntüleme, inceleme ve takip görüntüleme tavsiye edilmelidir.

VIII. Hata Kaynakları ve Artefaktlar

- a. Sintigrafik rezolüsyon sınırından daha küçük lezyonlar
- b. Hareket (Hasta, diafram, solunum, barsak motilitesi)
- c. Kontrast hareketi veya kontrast yoğunluğu değişimine bağlı artefakt
- d. Mesane hızlı doluşuna bağlı artefakt
- e. Metal implantlara bağlı artefakt
- f. Yoğunluğu yüksek diş protezleri, dolgulara bağlı artefakt
- g. Füzyon yazılım programı hataları
- h. Pencere seçim hataları

IX. Radyasyon Dozimetrisi

Hastaların onkolojik amaçlı SPECT/BT görüntülemeden alacakları radyasyon dozu tetkikin BT bileşeninin tanısal veya tanısal olmamasına bağlı olarak değişiklik göstermekte olup; tanısal BT uygulamalarında radyasyon maruziyeti

artmaktadır. Genellikle tanısal olmayıp, sadece lezyon lokalizasyonu ve attenüasyon düzeltmesi amaçları için uygulanan SPECT/BT çalışmalarında hastaların çalışmanın BT bileşenine bağlı olarak alacakları radyasyon miktarı 3-4 mSv değerlerinde olmaktadır. BT bileşeni tanısal özellikte ve kontrast uygulanarak yapılan uygulamalarda ise bu miktar her bir SPECT/BT çalışması için 7-10 mSv arasında bildirilmektedir.

KAYNAKLAR

1. L. Keidar Z, Israel O, Krausz Y. SPECT/CT in tumor imaging: technical aspects and clinical applications. *Semin Nucl Med.* 2003;33:205-218.
2. H. Even-Sapir E, Lerman H, Lievshitz G, et al. Lymphoscintigraphy for sentinel node mapping using a hybrid SPECT/CT system. *J Nucl Med.* 2003;44:1413-1420.
3. K. Horger M, Eschmann SM, Pfannenbergl C, et al. Evaluation of combined transmission and emission tomography for classification of skeletal lesions. *AJR.* 2004;183:655-661.
4. N. Krausz Y, Keidar Z, Kogan I, et al. SPECT/CT hybrid imaging with ¹¹¹In-pentetateotide in assessment of neuroendocrine tumours. *Clin Endocrinol (Oxf).* 2003;59:565-573.
5. Delbeke D, Coleman RE, Guiberteu MI et al. Procedure guideline for SPECT/CT imaging 1.0. SNM publications.
6. Preuss R, Weise R, Lindner O, Fricke E, Fricke H, Burchert W. Optimisation of protocol for low-dose CT-derived attenuation correction in myocardial perfusion SPECT imaging. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2008, 35:1133-1141.
7. Mariani G, Bruselli L, Kuwert T, Kim EE, Flotats A, Israel O, Dondi M, Watanabe N. A review on the clinical uses of SPECT/CT. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2010 Oct;37(10):1959-85.
8. Núñez R, Erwin WD, Wendt RE 3rd, Stachowiak A, Mar M, Stevens D, Madewell JE, Yeung HW, Macapinlac HA. Acquisition parameters for oncologic imaging with a new SPECT/multislice CT scanner. *Mol Imaging Biol.* 2010 Apr;12(2):110-38.
9. Chowdhury FU, Scarsbrook AF. The role of hybrid SPECT-CT in oncology: current and emerging clinical applications. *Clin Radiol.* 2008 Mar;63(3):241-51.

10. Lyra M, Ploussi A. Filtering in SPECT image reconstruction. Int J Biomedical Imaging, 2011;2011:693795. Epub 2011 Jun 23.
11. GE Infinia Hawkeye – Kullanım Kılavuzu Cilt 1–2.
12. Nükleer Tıp Fiziği ve Klinik Uygulamaları, Dr Mustafa Demir, 3. Baskı, 2011.