

PET/BT Uygulamaları

Recep Savaş 

ÖĞRENME HEDEFLERİ

- PET/BT cihazını ve ünitesini tanımak
- Çekim uygulamaları ve hasta hazırlığını bilmek
- PET/BT'nin klinik uygulamalarını bilmek
- PET/BT ile ilgili tanımlama, endikasyon ve tuzakları bilmek

Savaş R. PET/BT Uygulamaları. Trd Sem 2020; 8: 148-154.

GİRİŞ

PET/BT, iki ayrı cihazın birleştirilerek tek bir cihaz haline getirildiği hibrid bir moleküler görüntüleme yöntemidir. PET (Positron Emission Tomography); vücuttaki perfüzyon, metabolizma ve reseptörler ile fonksiyonlar hakkında in vivo kantitatif bilgi veren noninvaziv bir görüntüleme yöntemidir. Siklotron ünitelerinde radyonüklid kullanılarak yapılan radyofarmasötikler insan vücuduna girdikten sonra farklı yönde gama ışını oluşturur ve bu ışınlar PET kristallerince algılanarak görüntüye dönüştürülür. Her uygulama için özel bir radyofarmasötik kullanılmakla birlikte en sık onkolojik uygulamalar için Flor-18 florodeoksiglikoz (FDG) kullanılır. PET görüntülerinin rezolüsyonu düşüktür [1-4].

BT ise vücudun ince bir diliminden geçen X ışını emiliminin, dedektör aracılığı ile ölçülerek görüntü oluşturması temeline dayanır ve yüksek rezolüsyona sahip anatomik görüntü oluşturur. Oluşan BT görüntüsü aynı zamanda PET görüntülerinde atenüasyon düzeltme amaçlı kullanılır [3].

PET/BT ÇEKİM UYGULAMALARI

PET/BT Ünitesi: En önemli bölümünü çekim odası yani PET/BT cihazı oluşturur. Cihaz MR cihazı ile benzer bir dış görünüme sahiptir. Yani uzun ve yaklaşık 70 cm gantry açıklığına sahip bir cihazdır. Bazı cihazlar bütün iken bazılarında PET'den BT ayrılabilen bir yapıdadır. Sıcak oda ismi verilen yer FDG'nin geldiği ve enjeksiyona hazırlandığı odadır. Yoğun kurşun bloklardan oluşur. Sıcak denilmesi burada yoğun bir radyoaktivitenin olmasından dolayıdır. Enjeksiyon odası, hastanın rahatça uzanabildiği, bir koltuğun olduğu sessiz ve sakin bir odadır. Burada FDG enjeksiyonu yapılır ve hasta çekim öncesi bekletilmeye başlar. Oda içinde hasta rahat ettirilmelidir.

Hasta tuvaleti, özel bir gideri olan sisteme sahiptir. Hastaların çekime alınmadan önce ve çekim sonrası mesaneyi boşaltmaları istenir. FDG, idrar yolları ile atıldığı için tuvaletlerin de farklı olması gerekir. Bekleme salonu özellikle çekim öncesi ve sonrası iki farklı yer olması gerekir. PET/BT ünitesi içinde veya uzak

bir alanda olabilen iş istasyonu odası, çekilen görüntülerin yorumlandığı bir odadır. İş istasyonu hem PET, hem BT görüntülerini hem de ikisini birleştiren füzyon görüntülerini gösterebilmelidir [2, 4].

Radyofarmasötikler: PET tetkikinde kullanılan; siklotron ünitelerinde veya jeneratörler ile üretilen radyofarmasötikler yarılanma ömürleri dakika veya saniye ile anılacak kadar kısa olup bozunma sırasında 511 keV gibi yüksek bir enerjiye sahip gama ışını yayarlar. Siklotron üniteleri firmadan firmaya farklılık göstermekle birlikte; küçük ölçekli sadece tek bir hastaneye yetecek kadar olabileceği gibi, çok büyük ölçekli ve tüm ülkeye hizmet edebilecek kadar olabilir. F-18 ile işaretli FDG yarı ömrü 110 dakika olup bir yerden başka bir yere transfer edilebilir. Yarılanma ömrü kısa olan birçok radyonüklid ancak siklotron ünitesi ve PET cihazı birbirine yakın olduğu durumlarda kullanılabilir (C-11, N-13 ve benzeri). Birçok ülkede siklotron ünitelerinde FDG yanında daha az oranda F-18 sodyum florid (NAF) üretilmekte diğer fluorokolin ve DOPA benzeri ürünler üretilmemektedir [1].

Günümüzde en çok kullanılan radyofarmasötik glikoz analogu olan F-18 FDG olup hemen çoğu kanser vakalarında görüntüleme kullanılır. F-18 FDG, yaklaşık 110 dakika yarı ömre sahip olup siklotron ünitelerinden değişik şekirlere dağıtılabilmektedir [1].

Prostat kanseri ve nöroendokrin tümör görüntülemesinde ise Ga-68; siklotron yerine büyük hastanelerde jeneratör ile üretilmektedir. **Nöroendokrin tümörler için Ga-68 DOTA-TATE, prostat kanseri olgularında da Ga-68 PSMA ürünü kullanılır** [5, 6]. Radyofarmasötiklerin çoğu teşhis için kullanılırken daha az oranda tedavi etme amacı ile de kullanılabilir.

Hasta hazırlığı: Tetkikten bir gün önce başlayan hazırlık dönemi vardır. Öncelikle hastaların istirahat etmeleri yoğun kas aktivitelerinde bulunmamaları, bol su tüketmeleri önerilir. Yine sigara ve kahve içilmemesi önerilir. **Çekimden en az 4 saat önceyi içine alan açlık gereklidir.** Ama su içmeye devam edilmelidir. Çekim öncesi enjeksiyon odasında ılık bir odada dinlendirilir.

Hastanın üşümemesi gereklidir. Aksi takdirde kahverengi yağ dokusunda tutulum olur. Çekime başlamadan önce hastanın açlık kan şekeri ölçülür ve mesaneyi boşaltması istenir. Açlık kan şekeri 200 mg/dL ve daha yüksek ise çekim yapılmamalıdır. Çünkü ortamda glikoz var demektir ve FDG'nin hücreye girmesi zorlaşır, mevcut bir tümörü görüntüleme şansı azalır [7].

Çekim öncesi hastanın boy ve kilosu bilinmelidir. PET cihazının düzgün standart tutulum değerinin (standardized uptake value-SUV) değeri hesaplayabilmesi için bu iki değer gereklidir. Hastaya çekimden yaklaşık 45 dakika önce kilogram başı 0,1-0,15 milicurie FDG dozu hesaplanarak intravenöz (İV) yolla verilir ve enjeksiyon odasında uygun koşullarda istirahat etmesi beklenir [7].

Çekim ve sonrası: Çekimler sıklıkla beyinden pelvis bitimine veya nadiren beyinden ayak ucuna kadar yapılır. Çekim sırasında önce BT görüntüleri elde edilir. Cihaza bağlı olmakla birlikte tüm vücut 15-20 saniyede görüntülenir. **BT çekimi ya düşük doz ya da standart doz şeklinde yapılır. Ancak görüntü kalitesinin artırılması ve iyi bir raporlama için standart dozda BT çekilmeli, İV kontrast madde enjekte edilmelidir. BT çekimi ardından PET çekimi yapılır.** PET tetkiki de 20-30 dakika sürmektedir. Bazen hastalara geç çekim alınması gerekebilir.

Çekim sonrası hastaya bol su içmesi, yemek yemesi, sık idrara gitmesi ve yaklaşık iki saat insanlardan uzak bir alanda beklemesi söylenir [7].

Raporlama: Elde edilen PET ve BT görüntüleri raporlanmak üzere iş istasyonuna gönderilir. Burada BT, PET ve füzyon görüntüler aksiyel, sagittal ve koronal düzlemde görüntülenebilir. Raporlamada, vücutta fizyolojik tutulum yerleri bilinmelidir. Beyin ve kalp en fazla FDG tutulumu gösteren bölgelerdir. FDG atılımı böbrekler yoluyla olduğu için böbrek, üreter ve mesanede yine FDG görülebilir. Bunun dışında her organın kendi doku özelliğine has tutulum paterni vardır. Overlerde menstrüel siklus değişimine göre tutulum gözlemlenebilir. Yoğun kas aktiviteleri ile kaslarda, üşüme ile kahverengi yağ dokusunda, anemi ile kemik iliğinde tutulum gözlemlenebilir. Mide ve barsak duvarlarında da tutulum sıkça görülmekte olup

BT bu bölgelerdeki tutulumun fizyolojik-pato-
lojik ayrımında çok önem taşır [1, 4].

BT’de dansite ölçümü yapıldığı gibi PET iş-
stasyonunda görüntüler üzerinden, standart up-
take değeri yani SUV ölçümü yapılır. SUV de-
ğeri dokudaki aktivite konsantrasyonu ile doğ-
ru, hastaya uygulanan doz ve hasta ağırlığı ile
ters orantılı bir formülasyonu vardır. Bu değer
aslında lezyon içindeki radyoaktivitenin veya
glikoz kullanımının yarı kantitatif karşılığıdır,
SUV değeri minimum, maksimum ve ortalama
olarak hesaplanabilir. Genel olarak raporlarda
SUV değeri yazıldığında SUVmax dan bahse-
dilmektedir. SUV için bilinen 2,5 değeri medi-
asteninin kan havuz değeridir ve aslında akciğer
lezyonları için kullanılır. Her dokunun SUV de-
ğeri farklı olduğu için bu rakam organlara göre
değişmektedir. Çok yüksek SUV değerlerinde
benign inflamatuvar lezyonlar olabileceği gibi
çok düşük değerlere sahip maligniteler de olabi-
lir. Bu nedenle SUV’un daha çok ardışık çekilen
tetkiklerde kıyaslama amaçlı kullanılması daha
mantıklı görünmektedir [1, 3, 6, 8].

Tuzaklar: PET/BT’de elde olunan görüntü-
lerde fizyolojik olaylar, maligniteyi taklit eden
lezyonlar, FDG tutmayan lezyonlar, tedavi son-
rası değişiklikler, teknik hatalar ve raporlama
hatası sayılabilecek en önemli tuzaklardır [4, 7].
Hastada kan şekerinin yüksek olması, milimet-
rik küçük lezyon varlığı, malignitenin nekroz
barındırması ya da aktivitesinin düşük olması
nedeniyle lezyonlar FDG tutmayabilir. Yine
kalp ve beyin gibi anatomik alanlar fizyolojik
nedenlerle FDG tutarken, birçok enfeksiyon ve
aktif inflamasyon dokusu, yapılan biyopsi ve
cerrahi müdahaleler, radyoterapi gibi tedaviler
maligniteyi taklit eder tarzda FDG tutabilir. Yine
hastada mevcut travma ve kırıklar ile bazı ha-
martom, polip gibi benign lezyonlar da maligni-
teyi düşündürür tarzda tutulum yapabilir [7, 8].

PET/BT KLİNİK UYGULAMALARI

Onkolojik Uygulamalar

PET/BT en çok tanı, evreleme, yeniden evre-
leme ve tedavi sonrası değişiklikleri görüntüle-
me amaçlı kullanılır. Çekimde beyinden pelvis

bitimine kadar vücut bölümü dahil edilir. Ma-
lign melanom ve multipl myelom ile alt eks-
tremite tümörlerinde beyinden ayak ucuna dek
tüm vücut çekimi yapılır.

Onkoloji olgularında endikasyonlar çok ge-
niş olup akciğer kanserinden lenfomaya, ma-
lign melanomdan sarkomlara kadar değişik
birçok patolojiyi içine alır [7, 10, 11]. Ancak
genel endikasyonlar aşağıdaki gibidir: [2]

- Tanı amaçlı PET/BT çekimi diğer yöntem-
lerle tespit edilen malignite şüpheli kitlelerde
metabolik karakterizasyon amacıyla kullanılır.
Örneğin akciğerde mevcut 1 santimetreden bü-
yük nodül ya da kitlelerde kullanılabilir. Kit-
lenin metabolik aktivitesi yanı sıra eşlik eden
diğer lezyonlar (örneğin lenfadenopati, organ
metastazları) saptanabilir. PET/BT aynı za-
manda invaziv tanısal bir işlem için, örneğin
heterojen ve büyük kitlelerde ya da yeri belir-
lenemeyen tümörlerde biyopsi yerinin belir-
lenmesi için kullanılabilir. Primeri bilinmeyen
tümör metastazı varlığında primer tümör yerini
belirlemek için, özellikle baş-boyun ve karaci-
ğer metastazlarında sıklıkla kullanılmaktadır.

- Evreleme, kanser tanısı almış hastalarda
hastalığın yaygınlığının belirlenmesini ifade
eder. Evreleme amaçlı PET/BT endikasyonu
olan ve radyoterapi (RT) uygulanması düşünö-
len tüm tümörlerde aynı zamanda RT planlama
endikasyonu ile de PET/BT uygulanabilir.

- Yeniden evreleme, kanserin ilk tedaviden
sonraki takip aşamasında herhangi bir nüks
saptanması veya rekürrens lehine bulgular ol-
masını ifade eder. Bu durumda başka metastaz-
ların olup olmadığını araştırmaya ya da hasta-
lığın yaygınlığını göstermeye yönelik PET/BT
çekimi yapılır. Tümör belirteçlerinin yüksel-
diği veya diğer tetkiklerle yeni çıkan bir ma-
lignite bulgusu olduğunda tümör rekürrensini
saptanması için PET/BT çekilebilir.

- Tedaviye yanıtın değerlendirilmesi, kemo-
terapi (KT) veya RT’nin tamamlanmasından
sonra tümörün verdiği yanıtı araştırmaya yö-
nelik bir ifadedir. Bu amaçla PET/BT endikas-
yonu için kemoterapi tamamlandıktan sonra en
erken iki hafta, radyoterapi tamamlandıktan
sonra ise en erken üç ay geçmiş olması gerek-
lidir.

- Kemosenstivitenin belirlenmesi, sadece KT ile tedavi edilen ve alternatif KT protokolleri uygulanabilecek kanserlerde, tümörün uygulanan KT protokolüne erken dönemde (1.-3. kür sonrası) verdiği yanıtı araştırmaya yönelik bir uygulamadır. Bu amaçla PET uygulanabilmesi için tedaviye başlanmadan önce PET ile evreleme çalışmasının da yapılmış olması gereklidir [2, 4, 7].

- Radyoterapi planlamada rehberlik amaçlı: Özellikle baş-boyun, akciğer ve jinekolojik maligniteler başta olmak üzere tümör volumü ve sınırları hipermetabolik alana göre belirlenir [11].

Diğer Uygulamalar

PET/BT çekimi yukarıdaki endikasyonlarla sınırlı değildir. Örneğin tedavi edilemeyen yüksek ateş olgularında odağın yerinin belirlenmesi, vaskülit sendromlarında tutulan damarın yerinin ve aktivasyon kriterinin belirlenmesi, paraneoplastik sendromlar ve ailede yüksek kanser riski olan olgularda erken tanı için tarama amaçlı kullanılabilir. Ancak bu durumda üç hekim onayı istenmektedir.

Beyin ve kalp amaçlı sadece bu bölgelere yapılan çekimlerin hem hazırlığı hem de çekim tekniği ve süresi farklıdır.

Beyin amaçlı PET/BT endikasyonu; beyin tümörlerinde diğer yöntemlerle tanı konulamayan kitle lezyonlarının karakterizasyonu, radyasyon nekrozu-rekürren/rezidiv tümör ayrımı, kognitif bozukluklar, Alzheimer Hastalığının erken evresinde tanı, Alzheimer Hastalığı tanısının doğrulanması ve diğer demanslardan ayırıcı tanısında, cerrahi yapılması planlanan dirençli epilepsi hastalarında odağın yerinin belirlenmesi amacıyla kullanılır [2, 3, 13].

Kalp için yapılan PET/BT ise miyokard dokusunun canlılığını saptama amaçlıdır. Miyokard perfüzyonu SPECT ile tanı koyulamayan veya şüpheli sonuç alınan hastalarda infarkt dokusunda miyokard canlılığının belirlenmesi ya da revaskülarizasyon ya da transplant öncesi miyokard canlılığının tayini için kullanılır. Prostat kanser uygulamaları için tüm vücut Ga 68 PSMA ve nöroendokrin tümör uygulamaları için Ga 68 Dotatate kullanılmaktadır. Kemik metastazlarında özellikle prostat, meme ve ak-

ciğer kanserinin kemik metastazları tanısında 18F-NaF kullanılabilir [2, 4, 8].

SONUÇ

PET/BT günlük rutinizimizde kullanılan hibrid bir görüntüleme yöntemidir. Hala en sık onkolojik görüntüleme amaçlı ve radyofarmasötik olarak F18-FDG kullanılmaktadır. Hem çekim hazırlığı hem de çekim protokolü özel uygulamaları gerektirmektedir. Cihazın yarısını yani BT'yi radyoloji doktorları iyi bilirken diğer yarısı PET tarafını da bilmesi önem arz etmektedir.

Kaynaklar

- [1]. Sharma P, Singh H, Basul S, Kumar R. Positron emission tomography-computed tomography in the management of lung cancer: An update. *South Asian J Cancer* 2013; 2: 171-8. [\[Crossref\]](#)
- [2]. Savas R. PET/BT nedir, endikasyonları nelerdir? *Klinik Gelişim* 2010; 23; 40-44.
- [3]. Brady Z, Taylor ML, Haynes M, Whitaker M, Mullen A, Clews L, et al. The clinical application of PET/CT: A contemporary review. *Australas Phys Eng Sci Med* 2008; 31: 90-109. [\[Crossref\]](#)
- [4]. Savas R. PET/CT applications. Normal and pathology. *Türkiye Klinikleri J Radiol-Special Topics* 2011; 4: 74-7.
- [5]. Cook GJR, Wegne EA, Fogelman I. Pitfalls and artifacts in 18FDG PET and PET/CT oncologic imaging. *Semin Nucl Med* 2004; 34: 122-33. [\[Crossref\]](#)
- [6]. Meyer GJ, Waters SL, Coenen H, Luxen A, Maziere B, Langstorm B. PET radiopharmaceuticals in Europa: Current use and data relevant for the formulation of summaries of product characteristics (SPCs). *Eur J Nucl Med* 1995; 22: 1420-32. [\[Crossref\]](#)
- [7]. Savaş R. Akciğer kanserinde PET/BT. *TRD Sem* 2014; 2: 326-39. [\[Crossref\]](#)
- [8]. Giammarile F, Castellucci P, Dierckx R, Lobato EE, Farsad M, Hustinx R, et al. Non-FDG PET/CT in diagnostic oncology: A pictorial review. *Eur J Hybrid Imaging* 2019; 20: 1-46. [\[Crossref\]](#)
- [9]. Bilgin SS, Bilgin M, Savas R, Erdogan EB. Inflammatory fibroid polyp of the stomach mimics malignancy on 18F FDG PET/CT imaging. *Clin Nucl Med* 2016; 41: 712-3. [\[Crossref\]](#)
- [10]. Ceylan N, Doğan S, Kocaçelebi K, Savaş R, Çağrıci U. Contrast enhanced CT versus integrated PET-CT in pre-operative nodal staging of non-small cell lung cancer. *Diagn Interv Radiol* 2012; 18: 435-40. [\[Crossref\]](#)

- [11]. Ilica AT, Kocacelebi K, Savas R, Ayan A. Imaging of extranodal lymphoma with PET/CT. Clin Nucl Med 2011; 36: e127-38. [\[Crossref\]](#)
- [12]. Akagunduz OO, Savas R, Yalman D, Kocacelebi K, Esassolak M. Can adaptive threshold-based metabolic tumor volume (MTV) and lean body mass corrected standard uptake value (SUL) predict prognosis in head and neck cancer patients treated with definitive radiotherapy/chemoradiotherapy? Nucl Med Biol 2015; 42: 899-904. [\[Crossref\]](#)
- [13]. Tarlaci S, Savas R, Kocacelebi K. Teaching neuroimages: Primary progressive aphasia: PET demonstration. Neurology 2011; 76: 114. [\[Crossref\]](#)

PET/BT Uygulamaları

Recep Savaş

Sayfa 148

PET/BT, iki ayrı cihazın birleştirilerek tek bir cihaz haline getirildiği hibrid bir moleküler görüntüleme yöntemidir.

Sayfa 149

Günümüzde en çok kullanılan radyofarmasötik glikoz analogu olan F-18 FDG olup hemen çoğu kanser vakalarında görüntülemede kullanılır.

Sayfa 149

Nöroendokrin tümörler için Ga-68 DOTA-TATE, prostat kanseri olgularında da Ga-68 PSMA ürünü kullanılır.

Sayfa 149

Çekimden en az 4 saat önceyi içine alan açlık gereklidir.

Sayfa 149

BT çekimi ya düşük doz ya da standart doz şeklinde yapılır. Ancak görüntü kalitesinin artırılması ve iyi bir raporlama için standart dozda BT çekilmeli, İV kontrast madde enjekte edilmelidir. BT çekimi ardından PET çekimi yapılır.

Sayfa 150

PET/BT en çok tanı, evreleme, yeniden evreleme ve tedavi sonrası değışiklikleri görüntüleme amaçlı kullanılır.

PET/BT Uygulamaları

Recep Savaş

- PET/BT ünitesi içinde aşağıdakilerden hangisi bulunmaz?
 - PET/BT cihazı
 - Soğuk oda
 - Dinlenme odası
 - Bekleme salonu
 - İş istasyonu veya rapor odası
- PET/BT’de kullanılan radyofarmasötiklerin ortak özelliği için doğru olanı işaretleyiniz.
 - PET/BT cihazı içinde üretilebilir.
 - En sık kullanılan ajan glikozdur.
 - Bozunma sırasında alfa ışınları yayarlar.
 - Yarı ömürleri çok uzundur.
 - Yüksek enerjili (511keV) ışın yayarlar.
- Nöroendokrin tümör görüntülemede aşağıdakilerden hangisi kullanılır?
 - F18-FDG
 - Ga-68 Dotatate
 - Ga-68 Psma
 - F19-NaF
 - Timidin
- Prostat kanseri görüntülemede aşağıdakilerden hangisi kullanılır?
 - F18-FDG
 - Ga-68 Dotatate
 - Ga-68 Psma
 - F19-NaF
 - Timidin
- Aşağıdakilerden hangi klinik uygulamalarda genel olarak PET/BT kullanılmaz?
 - Primer kanser tanısı
 - Myokard doku canlılığı
 - Alzheimer hastalığı
 - Primeri bilinmeyen metastaz varlığında
 - İnterstisyel akciğer hastalığı