

F18-FDG PET/BT İLE ONKOLOJİK GÖRÜNTÜLEME UYGULAMA KILAVUZU

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

I. AMAÇ

Bu uygulama kılavuzunun amacı, yetişkin ve çocuk hastalarda F18- Fluorodeoksiglukoz Pozitron Emisyon Tomografi/Bilgisayarlı Tomografide görüntüleme ve sonuçları yorumlamada ortak standartlar oluşturarak nükleer tıp hekimine yardımcı olmaktır. Bu uygulama kılavuzu kombine PET/BT cihazlarını kapsamaktadır.

II. BİLGİ VE TANIMLAMALAR

F18- Fluorodeoksiglukoz Pozitron Emisyon Tomografi/Bilgisayarlı Tomografi (F18-FDG PET/BT) giderek artan oranda tümör tanısı, evrelendirilmesi, tedaviye yanıtın değerlendirilmesi ve radyoterapi planlamada kullanılmaktadır. Kombine PET/BT cihazları, tek bir görüntüleme hem F18-FDG PET'den metabolik bilgi, hem de BT'den anatomik bilgi sağlamaktadır. Bilinen ya da kuşku malig nitelerde PET/BT'den sağlanan bilgi; yalnız PET ya da BT'den elde edilen veya ayrı ayrı çekilip yan yana değerlendirilen bilgiden klinik olarak daha yararlıdır.

PET, bozulan ve pozitron yayan bir radyonüklid kullanılarak, anihilasyon fotonlarının kaydedilmesi ile radyofarmasötiğin dokulardaki üç boyutlu dağılımının tomografik görüntülemesinin yapıldığı bir tekniktir. En yaygın kullanılan ajan, glukoz analogu olan FDG'dir. Dokuda FDG akümü lasyonu, glukoz kullanımı ile orantılıdır. Pek çok malignitede, GLUT-1 glukoz transporter'ın aşırı üretimi ve artmış heksokinaz aktivitesi ile ilişkili olarak glukoz kullanımı artmaktadır. Bu nedenle glukozun dokulardaki kullanım oranını görüntülemek için F18-FDG kullanılmaktadır. F18-FDG PET/BT tüm malignitelerde etkin değildir. Tümörün biyolojik özelliklerine göre değişen oranlarda FDG tutulumu izlenebilir. Bu amaçla farklı malignitelerde farklı radyofarmasötikler tercih edilmektedir.

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.

Tanımlar

A. Kombine PET/BT cihazı;

BT ve PET için 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.

B.PET/BT kayıt işlemi;

Kombine görüntü (füzyon) ve görüntü analizi için PET ve BT görüntülerinin oluşturulma işlemidir.

C.PET/BT (füzyonu);

Oluşturulmuş PET ve BT görüntü serilerinin birleştirmesinden ibarettir. Üst üste getirilmiş veriler, gri skaladaki BT görüntüleri klavuzluğunda PET renkleri ile gösterilir.

D.PET/BT görüntüleme

Tüm vücut veya vücudun sınırlı bir bölgesini içerir. Bu görüntülemelerde kullanılan yöntemler:

1. Tüm vücut tümör görüntüleme (Total body): Tepeden ayaklara kadar olan alan,
2. Kafa tabanı –uyluk ortasına kadar (Whole-body),
3. Sınırlı tümör alanı görüntülemesi.

E.Atenuasyon düzeltme’de kullanılan yöntemler

1. PET/BT cihazı ile BT transmisyon görüntüleme
2. PET/BT cihazında izotopik bir kaynak ile transmisyon görüntüleme. Günümüzde bu yöntem yaygın kullanılmamaktadır.

III. KLİNİK UYGULAMALAR**F18-FDG PET/BT endikasyonları;**

PET/BT kullanım alanları:

- A. Tanı; ilgilenilen lezyonun benign-malign ayrımı,
- B. Kanserin ilk bulgusu olarak primeri bilinmeyen tümör metastazı fark edildiğinde ya da paraneoplastik sendromlu hastada,
- C. Bilinen malignitelerin evrelendirilmesi,
- D. Bilinen malignitelerin tedavi monitorizasyonunda (takip ve yönlendirmede),
- E. Tedavi cevabı değerlendirmede; tedavi sonrası fizik muayenede ya da diğer görüntüleme çalışmalarında saptanan anormal bulguların tümöral yapıdan fibroz/nekroz ayrımının yapılması,
- F. FDG pozitif ve potansiyel olarak tedavi edilebilir relapsı olan hastalarda yeniden evreleme için,
- G. Tümör belirteçlerinin yükseldiği durumlarda tümör rekürensini saptanması,
- H. Biyopsi; en fazla bilgi verecek lokalizasyonun belirlenmesi,
- İ. Radyasyon tedavi planlamada rehberlik amaçlı,
- J. Onkoloji dışı uygulamalarda, enfeksiyon ve aterosklerozun değerlendirilmesi.

IV. PROSEDÜR**A. Hasta hazırlanması**

Hastanın uygun şekilde hazırlanmasında temel amaç; miyokard, iskelet kası, böbrekler, mesane, kahverengi yağ dokusu gibi normal dokularda radyofarmasötik tutulumunu azaltırken hedef dokuda (neoplastik hastalık) görüntüleme için uygun tutulumu sağlamaktır.

1. Hamilelik ve Emzirme dönemi:

Hamilelik döneminde PET/BT görüntülemesi yapılmamalıdır. Uygulanan F-18 FDG küçük miktarlarda süte geçmektedir. Sütün daha sonra bebeğin beslenmesi için kullanılmak üzere enjeksiyon öncesi sağılması tavsiye edilir. Görüntülemeden 24 saat sonraya dek süt sağılmalı ve atılmalıdır. Daha sonra emzirmeye devam edilebilir.

2. Görüntüleme öncesi

Fizyolojik glukoz tutulumunu azaltmak ve serum insülin düzeyini bazale yakın tutmak amacıyla F18-FDG uygulamasından önce, hastalar en az 6 saat aç olmalı ve su dışında başka bir içecek tüketmemelidirler. Özellikle su ile oral hidrasyon tavsiye edilmelidir. Enjeksiyondan önceki 2 saat içinde içilecek 1 lt su, tanısal BT’de kullanılacak oral kontrastın dilüsyonunu sağlar. Dekstroz içeren intravenöz sıvılar veya parenteral beslenmenin 4–6 saat önce kesilmesi önerilir. İntravenöz kontrast madde kullanılacak ise iyotlu kontrast madde alerjisi öyküsü alınmalıdır. İntravenöz kontrast, serum kreatinin düzeyi 2.0 mg/dL üzerinde ise uygulanmamalıdır. Diyabetik hastalarda metformin kullanımı sorgulanmalıdır.

3. Enjeksiyon öncesi

a. *Beyin görüntüleme için*, F18-FDG uygulanması aşamasında ve tutulum fazında hasta çok az aydınlatılmış, sessiz bir odada tutulmalıdır.

b. *Tüm vücut görüntüleme*, F18-FDG enjeksiyonu öncesinde ve tutulum fazında kahverengi yağ dokusu tutulumundan kaçınmak için, hasta ılık bir odada oturmuş veya uzanmış olmalıdır. İhtiyaç halinde battaniye kullanılabilir. Tüm hastalar, en az 6 saat öncesinden aşırı egzersizden kaçınmalı, görüntülemeden 5 dakika önce tuvalete gönderilmelidir.

c. *F18-FDG verilmeden önce* kan glukoz seviyesi kontrol edilmelidir. Tümör tutulumu hiperglisemik durumlarda azalmaktadır. Kan glukoz seviyesi 200 mg/dL’den yüksek ise randevu başka bir tarihe ertelenebilir. Kan şekerini azaltmak için insülin enjeksiyonu önerilebilir, fakat F18-FDG enjeksiyonu insülin sonrasına ertelenmelidir (aradaki süre insülinin tipi ve verilmiş yoluna bağlıdır). Bu konuda kesin bir görüş birliği sağlanmamıştır. Oral antidiabetikler ile kontrollü Tip II diyabet hastalarında, mümkünse 4-6 saatlik açlık sonrası enjeksiyon yapılmalı ve hasta kan şekeri regülasyonu için oral antidiabetik alınımına devam etmelidir. Tip I diyabet ve insülinle kontrollü Tip II diyabet hastalarında ideal olarak normoglisemik durumda görüntüleme yapılmalıdır. Bu hastalarda PET çalışması sabahın geç saatlerinde yapılmalıdır. Hasta sabah 07.00’de normal bir kahvaltı sonrası kullandığı insülin dozunu enjekte etmeli, ardından herhangi bir yiyecek ve su dışında sıvı tüketmemelidir. Bu hastaların çekim öncesi kan şekeri kontrolü yapılmalı ve gereksiz beklemeler önlenmelidir. Bir hasta sürekli insülin infüzyonu alıyorsa, PET mümkünse sabah erken saatte yapılmalıdır. İnsülin pompası, “gece ayarı” ile PET çalışması sonuna dek kullanılmalı, hasta çalışma sonrası kahvaltı yapılmalıdır. Bazı merkezler, kan şekeri düşürülmesi amaçlı insülin verilmesini uygun bulmayıp, eğer verilirse de en az 4 saat beklenmesini önermektedirler.

d. *BT görüntüleme*, attenuasyon düzeltme (AD), anatomik lokalizasyon (AL) için veya abdomen, pelvis için tanısal amaçlı yapılıdır. Tanısal BT’de, kontrendikasyon yoksa intraluminal gastrointestinal kontrast ajan verilerek gastrointestinal sistemin yeterli görüntülenmesi sağlanır.

e. Transüretal kateter gerekli ise, enjeksiyon öncesi takılmalıdır. Küçük pelvik tümör varlığında, gerekli görülürse furosemid enjeksiyonu yapılabilir.

B. İşlem ile ilgili bilgiler

Nükleer tıp genel görüntüleme kuralları sağlanmalıdır. Bunun için;

1. Hastanın boyu ve kilosu her görüntüleme öncesi mutlaka doğru bir şekilde ölçülmelidir. Bu bilgi özellikle standart uptake değerinin hesaplanması açısından önemlidir.
2. Hastanın öyküsü, malignitenin tipi ve yeri, tanı ve tedavi zamanı (biyopsi zamanı, sonuçları, cerrahi, radyasyon, kemoterapi, kemik iliği stimulanları ve steroid verilmesi), kullandığı ilaçları ve daha önceki görüntüleme sonuçları,
3. Tedavi aralıkları; kemoterapi ve radyoterapi sonrası süreleri
4. Diyabet öyküsü, açlık durumu, yeni bir enfeksiyon odağı, çekim süresince (15–45 dakika) hastanın sırtüstü yatabilme durumu,
5. Klostrorobi öyküsü,
6. Hastanın kollarını başının üzerinde tutabilmesi sorgulanmalıdır.

C. Uyarılar

Genel nükleer tıp radyasyon güvenliği kuralları sağlanmalıdır.

D. Radyofarmasötikler

PET/BT ile hastaya verilen radyasyon dozu Tablo 1,2 ve 3’te verilmiştir. Bu doz, PET radyofarmasötiklerinden ve BT görüntülemeye alınan radyasyon dozunun toplamıdır. Özellikle pediatrik uygulamalarda, tanısal BT ile alınan radyasyon dozuna daha çok dikkat edilmelidir. BT sistemleri ve uygulanan protokollerin farklılığı nedeni ile “karakteristik” bir BT dozu verilemez. Bu durum, PET/BT çalışmasının BT parçası için de geçerlidir. Örneğin, tüm vücut tarama, vücudun farklı bölümlerini içerebilir ve tanısal BT dozunu azaltan protokoller uygulanabilir. Bu seçeneklere göre de ICRP’nin yayınladığı efektif doz aralığı yaklaşık 2×10^{-2} mSv/MBq; buna göre de 185 MBq aktivite için yaklaşık 3-4 mSv olabilir. SNM klavuzuna göre ise 5-80 mSv (0.5–8.0 rem) olarak verilmiştir. BT sistem ve uygulanan protokole spesifik BT dozu hesaplanması tavsiye edilebilir. Hastaya verilen radyasyon dozu, hastanın vücut çapı azaldıkça önemli derecede arttığı için, pediatrik ve adolesan hastaların BT çekimleri hastanın vücuduna uygun miliamper-saniyede yapılmalıdır. Yüksek rezolüsyonlu tanısal BT’de ise efektif BT dozu 1-20 mSv olarak değişebilir.

E. Görüntüleme

1. Görüntüleme alanı, pozisyonlama ve çekim öncesi hazırlık

a. Tüm vücut tümör görüntüleme

Çoğu tümör tipinde anormal F18-FDG akümülyasyon alanlarını araştırmak için genellikle kafa tabanı–proksimal uyluk görüntüleme tavsiye edilir. Bu uygulamada, dış kulak yolundan uyluk ortasına

kadar tarama çekimi yapılır. Ancak, kafa derisi, kafatası, beyin veya alt ekstremitte tutulumu yüksek olasılıklı olan hastalarda tüm vücut tümör görüntüleme yapılması önerilir.

b. Sınırlı alan tümör görüntüleme

Hastanın problemi bilinen bir bölgede ise önerilebilir (Örneğin; soliter pulmoner nodül, muhtemel akciğer kanseri, hiler lenf nodu tutulumu, baş-boyun tümörü tanısı, tedavi monitorizasyonu, ilerlemiş lokal meme kanseri). Ancak, tüm vücut tümör görüntüleme evrelemede daha avantajlıdır.

c. Görüntüleme biçimi

En uygun yöntemde, (hasta tarafından tolere edilebilirse) kollar başın üzerine kaldırılarak görüntüleme yapılmalıdır. Yan tarafta bırakılan kollar gövde üzerinde saçılım artefaktı oluşturabilir. Ancak, baş ve boyuna yönelik görüntülemelerde kollar yan tarafta pozisyonlanmalıdır.

d. Çekim öncesi

Görüntülemeye geçmeden önce renal toplayıcı sistem ve mesanedeki radyasyon dozunu azaltmak için hasta tuvalete gönderilmelidir.

e. Metalik objeler

Çıkarılması mümkün olanlar çıkarılmalıdır.

2. PET emisyon görüntüleme protokolü

a. Hastanın dosyasına, endikasyonu, kullanılan izotop, hastanın ağırlığı, boyu ve verilen aktivite miktarı yazılmalıdır. Ayrıca, aktivite kalibrasyon zamanı, enjeksiyon saati not edilmelidir. Radyofarmasötikler lezyon alanının karşı tarafından enjekte edilmelidir. Emisyon görüntüleri radyofarmasötik enjeksiyonundan en az 45 dakika sonra alınmalıdır. Genel kabul gören uygulama FDG enjeksiyonundan 60 dakika sonra görüntülemenin başlamasıdır. Bazı durumlarda, zamanla tutulum değişimini değerlendirmek için 60 dakika sonra ikinci bir görüntü alınabilir. Tüm hastalarda F18-FDG enjeksiyonundan sonra görüntülemeye kadar geçen süre mümkün olduğunca sabit olmalıdır. İki ayrı çalışmadaki semikantitatif parametreler ile (özellikle SUV) karşılaştırıldığında sürelerin aynı olması önemlidir.

b. Emisyon görüntüsünde, her bir yatak pozisyonu için görüntüleme zamanı 2 ile 5 dakika veya daha uzun olabilir. Yatak pozisyonu verilen aktivite, hastanın ağırlığı, PET cihazının duyarlılığına göre belirlenir. 2D tarama için, 5 MBq/kg (\pm % 10), 3D tarama için ise 2.5 MBq/kg (\pm % 10) olabilir. Çocuklar için (< 19 yaş), pediatrik doz şeması kullanılmalıdır. ALARA prensipleri uyarınca, doz artırılarak süre kısaltılabilir. Obez hastalarda (>90 kg), doz artırımından ziyade, her bir yatak pozisyonu için görüntüleme zamanı daha uzun olabilir. Özellikle verilen aktivitenin 530 MBq üzerine çıkmaması önerilir.

Kafatası ile uyluk ortasına kadar çekimde, toplam görüntüleme zamanı 15-45 dakika arasında değişir. Görüntüleme zamanı beyin görüntüleme eklenmesi veya ilgilenilen sınırlı bir alanın da görüntülenmesi ile uzayabilir.

c. Tümör glukoz metabolizmasının SUV (standart uptake değeri) yoluyla semikantitatif değerlendirilmesi; “enjekte edilen doz, vücut ağırlığı, yağ dışı vücut kitlesi veya vücut yüzeyine göre

normalize edilmiş” ve atenuasyon düzeltilmesi yapılmış görüntülerde ölçülen “lezyon görece radyoaktivitesi” esasına dayanır. Bu ölçüm, enjeksiyondan 60 dakika sonra alınan statik emisyon görüntülerinden sağlanır. SUV ölçümlerinin doğruluğu; diğer faktörler yanı sıra, PET cihazının doğru kalibrasyonuna da bağlıdır. SUV ölçümlerinin tekrarlanabilirliği, klinik protokollerin tekrarlanabilirliğine; örneğin doz infiltrasyonuna, F18-FDG verildikten sonra geçen zamana, kullanılan rekonstruksiyon algoritmine, atenuasyon haritasına, ilgi alanı büyüklüğüne, tümör dışındaki diğer organların tutulum değişimine ve analiz metoduna (örn; maksimum ve ortalama) bağlıdır.

d. Tümör metabolizmasının semikantitatif hesaplanması; kan havuzu, mediastinum, karaciğer ve serebellum gibi referans bölgelerindeki F18-FDG tutulumunun lezyon tutulum oranı esasına dayanır.

F. Girişimler:

1. Mesanede biriken idrar aktivitesini azaltmak amaçlı:

- a. Mesane kateterizasyonu (özellikle mesane tümörlerinin değerlendirilmesinde),
- b. Kateterizasyon yapılmadan hidrasyon ve bir loop diüretigi,

2. Kahverengi yağ dokusunda FDG tutulumunu azaltmak amaçlı:

- a. ¹⁸F-FDG enjeksiyonundan 30-60 dakika önce hastanın sıcak bir odada tutulması.
- b. ¹⁸F-FDG enjeksiyonundan 1 saat öncesi 20 mg oral propranolol (beta bloker) uygulaması (Daha önce yapılan PET çalışmasında kahverengi yağ dokusunda tutulumu olduğu bilinen hastaya).

3. BT görüntüleme için Protokol

PET/BT görüntülemenin BT bileşeni ya AC/AL için ya da tanısal BT olarak yapılabilir. Tanısal BT, AC/AL için her zaman gerekli değildir. Bazı durumlarda, hem AC/AL için başlangıç BT çekimi (PET çekimi öncesi) ayrıca PET çekimi sonrası tanısal BT yapılabilir.

a. BT görüntüleme AC/AL için yapılırsa, düşük radyasyon için düşük miliamper-saniye ayarları yapılması önerilir.

b. Tanısal BT’de uzaysal rezolüsyonu iyileştirmek için, standart BT miliamper-saniye-ayarları ile yapılması önerilir. Hastaya verilen radyasyon dozunu azaltmak için, tüp akımı modülasyonu kullanılabilir. Bazı vakalarda, intravenöz veya oral kontrast materyal kullanılabilir. Belli bir vücut bölgesinde tanısal BT için, ayrıca bir BT görüntüleme gerekli olabilir. İntravenöz kontrastın yüksek intravasküler konsantrasyonu, PET görüntülerinde atenuasyon düzeltme artefaktı oluşturabilir, ancak etkisi genellikle az miktardadır. Bu artefakt, uygun düzeltme faktörleri ile azaltılabilir.

c. Kontraendikasyon olmadıkça, gastrointestinal traktı yeterli görüntüleme gereği varsa intraluminal gastrointestinal nonkalorik kontrast madde verilebilir. Bu madde, pozitif kontrast ajan (dilüe barium gibi), oral iyotlu kontrast madde veya negatif kontrast ajan (su gibi) olabilir. Yoğun konsantre baryum

koleksiyonu veya iyotlu kontrast ajanlar attenuasyon düzeltme artefaktına yol açar ve bölgesel F18-FDG konsantrasyonunu olduğundan fazla gösterir. Diğer dilue pozitif ve negatif oral kontrast ajanlarda bu etki daha az olup, PET görüntü kalitesini etkilemez.

d. PET/BT'de, BT transmisyona çekiminde nefes alma pozisyonuna göre, PET emisyon görüntülerindeki diyafragma pozisyonu, BT transmisyona görüntüleri ile mümkün olduğunca çakışmalıdır. Özellikle, göğüs bölgesinin tanısal BT taraması inspirasyon sonunda yapılmalıdır. Ancak bu teknik PET/BT için uygun değildir ve PET'deki solunum hareketi hata payı nedeni ile PET ve BT görüntülerinin kaymasına yol açar. Solunum hareketi, akciğerin bazal ve periferdeki lezyonların yanlış lokalizasyonuna ve karaciğer kubbesindeki ve akciğer yumuşak dokusu ile temasta olan lezyonlarda yüksek SUV değerlerine neden olur. Hareket düzeltilmesi veya mümkünse solunum gating tavsiye edilir.

Tablo-1 Radyasyon dozimetrisi

	<u>En Yüksek Dozu Alan Organ</u>		Effektif Doz mSv/MBq
	Organ	Doz mGy/MBq	
Yetişkin	Mesane Duvarı	0.13	0.019
Çocuk	Mesane Duvarı	0.34	0.056

Tablo-2 PET/BT cihazında Tanısal BT Doz Hesabı

Tarama Tipi	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Efektif Doz (mrem)
Tüm Vücut Erkek	11.2	12.85	1175
Tüm Vücut Kadın	11.2	12.85	1255
Beyin	64.37	1526	
Bebek (3 tarama aralığı)	3.89	218	
Pediyatrik (4 tarama aralığı)	5.33	351	

Tablo-3 PET/CT cihazında Atenuasyon BT Doz Hesabı

Tarama Tipi	CTDI vol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Efektif Doz (mrem)
Tüm Vücut Erkek	3.7	428	392

Tüm Vücut Kadın	3.7	408	418
Beyin	64.37	1526	
Bebek (3 tarama aralığı)	3.89	218	
Pediyatrik (4 tarama aralığı)	5.33	351	

CTDI: CT dose index

DLP: Dose Length Product

G. Verilerin işlenmesi :

1.PET rekonstrüksiyonu:

- Dedektör verimliliği (normalizasyon),
- Sistem ölü zamanı,
- Saçılma,
- Atenuasyon ve
- Örnekleme düzensizliği (sampling nonuniformity) için emisyon verilerinin düzeltilmesi gerekmektedir.

Atenuasyon düzeltilmesi yapılmış ve yapılmamış rekonstrüksiyonların arşivlenmesi, BT tabanlı atenuasyon düzeltme prosedürlerinin yarattığı potansiyel artefaktlardan kaynaklanan sorunların çözümünde kullanışlı bir uygulamadır. Rekonstrükte görüntü transaksial, koronal ve sagittal planlarda, ayrıca maksimum yoğunluklu dönen projeksiyon (MIP) görüntüsü olarak görülebilir (Bakınız “PET sistemlerinin kalite kontrolü ve kabul testleri”. Turk J Nucl Med 2004; 13: 118-139).

2.BT rekonstrüksiyonları: Tam görüş alanındaki BT sinogramları PET emisyon datasının atenuasyon düzeltilmesi ayrıca BT görüntülerinin yorumlanması için uygun yakınlaştırma, kesit kalınlığı ve her vücut bölgesi için belli rekonstrüksiyon algoritmaları için filtre edilmiş backprojection kullanarak rekonstrükte edilir. Filtre edilmiş backprojection görüntüleri uygun bölümleri aksiyel ya da eğimli planlara aktarıldıktan sonra iki boyutlu ya da üç boyutlu olabilir. Uzaysal rezolüsyon, gürültü yapısı, uzun ekseninde filtreleme gibi kesit içi özellikleri ayarlayan rekonstrüksiyon kerneli, derinlik çözünürlüğünün ve kesit duyarlılık profillerinin modifikasyonu için kullanılır. Buna ek olarak, belirli görüntü özelliklerini vurgulamak için kemik, akciğer veya baş algoritmaları gibi teknikler bulunmaktadır. Atenuasyon düzeltilmesi için sadece standart kerneller kullanılır. Günümüzde BT hacimlerinin neredeyse izotropik olması nedeni ile yeniden kesitlendirme için koronal, sagittal ve kavisli ekranlar tercih edilmektedir. Hacim sağlama (Volume rendering) ve istenilen bölgede toplam hacme ya da kalınlığa uygulanan maksimum-minimum yoğunlukta projeksiyon gibi ileri gösterme teknikleri sıklıkla kullanılmaktadır. Organa özgü ve göreve özgü otomatik veya yarı-otomatik bölümlendirme algoritmaları ve özel değerlendirme algoritmaları da rutin olarak kullanılmaktadır.

3.Görüntü: Entegre PET/BT sistemlerinde yazılım paketleri tipik olarak, aksiyal, koronal, ve sagittal planlarda kaydedilmiş ve hizalanmış BT görüntülerini, ^{18}F -FDG PET görüntülerini ve füzyon görüntülerini -ayrıca 3D (cine mode) modunda inceleme için maksimum yoğunluklu projeksiyon (MIP) görüntülerini sağlamaktadır. Atenuasyon düzeltmeli ve düzeltmesiz ^{18}F -FDG PET görüntüleri inceleme için bulunmalıdır.

H. Yorumlama Kriterleri

1. ^{18}F -FDG'nin fizyolojik tutulumu değişebilen derecelerde beyin, miyokard (bazı hastalarda uzun süreli açlığa rağmen tutulum belirgin olabilmektedir), meme, karaciğer, dalak, mide, barsaklar, böbrekler ve idrarda, kas ve lenfoid doku (tonsiller gibi), kemik iliği, tükürük bezleri, timus, uterus, overler, testisler ve kahverengi yağ dokusunda izlenebilmektedir.
2. Tüm vücut çalışmalarında ^{18}F -FDG'nin gri cevherde fizyolojik tutulumu yüksek olduğu için, serebral metastazların gösterilmesinde duyarlılık rölatif olarak düşmektedir.
3. Neoplasmlarda, granülasyon dokusunda (örn: iyileşen yaralar), enfeksiyonlar ve enflamatuvar proseslerde ^{18}F -FDG'nin artmış tutulumu görülmektedir.
4. ^{18}F -FDG tutulum paterni ve spesifik BT bulguları ile hastaların öykü, fizik muayene ve diğer görüntüleme modaliteleri ile olan korelasyonu benign-malign lezyon ayırımında en önemli parametrelerdir. Tedavi yanıtı ve hastaların prognozunu değerlendirilmesinde semikantitatif ölçümler (SUV) yararlı olabilmektedir.
5. Tümör ve çevresel tutulum arasındaki kontrastın derecesi pek çok parametreye bağlı olarak değişebilmektedir;

- * Tümör histolojisi (tümörün FDG tutulum paterni),
- * Canlı tümör hücrelerinin volümü,
- *Görüntüleme sırasındaki hareket (solunum artefaktına bağlı bulanık sinyal gibi),
- *Komşu dokulardaki fizyolojik FDG tutulumu gibi.

Hastalara FDG PET görüntülemesi öncesi uygulanmış her türlü girişimin (operasyon, biyopsi örnekleme) zamanı ve lokalizasyonu bilgisi detaylı olarak alınmalı ve bu girişimlere bağlı yara iyileşme süreçlerinin hastaya ve işleme bağlı olarak değişebileceği akılda tutularak yorumlamının yapılması gerekmektedir.

6. Kesin veriler olmamakla birlikte,

- Son kemoterapi ile PET arasında tümör metabolizması ve sistemik etkilerinin en aza indirilmesi amaçlı en az 14 gün süre geçmelidir.
- Growth faktörlerin (Gm-CSF) etkisi ya da artmış kemik iliği tutulumu 2 haftadan fazla sürmemektedir, görüntüleme zamanı tedavi süresine göre belirlenmelidir.
- Radyoterapi sonrası radyoterapinin inflamatuvar etkilerinin en aza indirgenmesi amaçlı PET çalışmasının radyoterapinin bitiminden 3 ay sonra planlanması en uygun zaman aralığıdır.

- Neoadjuvan tedaviler sonrası tedaviye yanıtın değerlendirilmesinin mümkün olan en erken dönemde yapılması gerekliliğinden kemoradyoterapi sonrası 1. ayda PET/BT çalışması yapılabilir.

Raporlama öncesi PET/BT çalışması için hasta hakkında bilinmesi gerekenler;

- a. Tümör histolojik tipi ve tümör lokalizasyonu.
- b. Onkolojik hikaye.
- c. Diabet (kullandığı ilaç).
- d. Diğer görüntüleme yöntemlerinin sonuçları (BT, MR, USG).
- e. Tedavi cevabının değerlendirilmesinde uygulanan son tedavi tipi ve zamanı.
- f. Kontrast ajanlara karşı alerji öyküsü.
- g. Renal fonksiyonlar hakkında bilgi.

I. Raporlama

1. Çalışmanın tanımlanması

2. Klinik bilgi

- a. Çalışmanın endikasyonu.
- b. İlişkili özgeçmiş (anamnez).
- c. Hastanın yaşı, cinsiyeti, boyu, kilosu, mesleği, memleketi ve ikamet ettiği şehir.
- d. Hastanın sosyal güvencesi.

3. Prosedür tanımlanması ve görüntüleme protokolü

- a. Radyofarmasötik, uygulanan aktivite miktarı, uygulama yolu ve görüntüleme zamanı
- b. Diğer ilaç uygulamaları ve işlemler; intravenöz kanül, hidrasyon, foley katater kullanımı (kateter boyutu), furosemid kullanımı (miktar ve zamanı), beta-bloker kullanımı, kas gevşeticiler ya da ağrı kesiciler, sedasyon prosedürleri (kısaca prosedürü tanımlayarak sedasyon süresini ve PET çalışmasının bitiminde hastanın durumunun belirtilmesi).
- c. Görüntü alanı ve hasta pozisyonu: tüm vücut, kafa tabanından uyluk ortasına kadar ya da sınırlı bir alan ve kolların pozisyonunun tanımlanması.
- d. Bazal glukoz düzeyi.

- e. BT transmision protokolü (atenüasyon düzeltmesi/anatomik lokalizasyon veya tanısal BT protokolü-oral veya intravenöz kontrast madde kullanım bilgisi).

4. Bulguların tanımlanması

- a. Çalışmanın kalitesi: Görüntüleme esnasında hareket, kaslarda aktivite tutulumu ve hiperglisemi nedeniyle *çalışma kalitesi sınırlı ya da iyi* gibi.
- b. Anormal ^{18}F -FDG tutulumunun yeri, boyutu ve yoğunluğunun benzer dokulardaki normal tutulum paterni ile karşılaştırılarak ve PET'te tanımlanan anormallikler ile BT görüntülerinde ortaya çıkan ilgili morfolojik bulguların tanımlanması. ^{18}F -FDG tutulumunun yoğunluğu SUV değerleri ile verilebilir (ortalama SUV: 2.0-3.0; maksimum SUV: 3,0-4,0) ancak tutulumun yoğunluğu hafif, orta, yoğun olarak ya da normal hepatik parankimdeki zemin aktivitesi ile ilişkilendirilerek de tanımlanabilir. Entegre PET/BT raporu, BT de görülen, hasta sağlığı ile ilgili olabilecek rastlantısal herhangi bir bulguyu da içermelidir.
- c. Sınırlamalar: Uygun olduğu ölçüde çalışmanın özgüllüğünü ve duyarlılığını sınırlayabilecek faktörler belirtilebilir (küçük lezyonlar, enflamatuar prosesler, kas tutulumları, yüksek kan glukoz değerleri, kahverengi yağ dokusu tutulumu gibi).
- d. Klinik içerik: Görüntüleme değerlendirilmesi sırasında ortaya çıkan ilgili klinik sorularla ilişkili bulguların vurgulanması.
- e. Karşılaştırmalı veriler: Daha önceki çalışmalar ve raporlar ile karşılaştırma mümkün olan her durumda raporlamanın bir parçası olmalıdır. PET/BT çalışmaları hastanın daha önceki tanısal BT, PET, PET/BT, MR ve uygun olan tüm görüntülemelerle ve ilgili klinik bilgi ile birlikte korele edildiğinde daha değerli olmaktadır.

PET/BT çalışması tedavi yanıtı görüntülemesi için yapıldığında, aktivite tutulumunun büyüklüğü ve yoğunluğu karşılaştırılarak

- Metabolik progrese hastalık,
- Metabolik stabil hastalık,
- Metabolik kısmi yanıt ya da
- Metabolik tam yanıt şeklinde özetlenebilir.

Tutulunun yoğunluğundaki değişimler semikantitatif ölçümlerle, mutlak değerlerle ve yüzde değişimlerle ifade edilebilir. Ancak her iki görüntü grubunda teknik protokol ve görüntü analizi tutarlı olmalıdır.

5. Özet ve tanı

- Uygun olduğunda, kesin bir tanı verilmelidir.
- Uygun olduğunda, ayırıcı tanılar verilmelidir.
- Uygun olduğunda, tanıyı açıklığa kavuşturmak ya da teyit etmek için takip ve ek tanısal çalışmalar önerilmelidir.

6. SUV hesaplamaları

Rekonstrükte edilmiş PET ve BT görüntüleri bilgisayar ekranında değerlendirilir. Güncel PET/BT cihazlarında yazılım paketleri axial, coronal ve sagittal planlarda PET, BT ve PET+BT füzyon görüntülerini, ayrıca üç boyutlu cine modunda maksimum yoğunluk yansıtan (MIP) görüntüleri elde etmemizi sağlamaktadır. Monitörler ve kullanılan ayarlar yayınlanan standartlar ile uyumlu olmalıdır. Özellikle fokal olmak üzere, anormal FDG tutulumunun varlığı ya da yokluğu, boyut ve intensitesi ile birlikte değerlendirilmelidir. FDG tutulumunun yokluğu özellikle diğer testlerin anatomik anomalileri saptadığı durumlarda belirleyicidir. Rapor, ilişkili klinik veri ve diğer tanısal testler ile korele olarak değerlendirilmeli ve bu bağlamda karşılaştırmayı içermelidir. Tedaviye yanıt değerlendirilirken karşılaştırılan görüntüler her iki çalışmada da aynı renk skalası kullanılarak değerlendirilmelidir. Kontrast ajan, metal implant ya da hasta hareketinin neden olduğu artefaktların tanımlanması amaçlı hem düzeltilmiş hem de düzeltilmemiş (uncorrected) görüntülere ihtiyaç duyulmaktadır. Görsel analiz kriterleri her çalışma için ayrı belirlenmelidir.

Klinik çalışmalarda SUV görsel değerlendirmeye ek olarak artan şekilde kullanılmaktadır. SUV dağılım hacmine dayalı normalize edilmiş tümör tutulumunun ölçümüdür.

$$SUV = \frac{\text{Aktivite}_{\text{voi}} \text{ (kBq/ml)}}{\text{Aktivite}_{\text{uygulanan}} \text{ (MBq)/BW (kg)}}$$

Plazma glukoz düzeltmesi yapılacak durumlarda aşağıdaki formül uygulanır;

$$SUV = \frac{\text{Aktivite}_{\text{voi}} \text{ (kBq/ml)}}{\text{Aktivite}_{\text{uygulanan}} \text{ (MBq)/BW (kg)}} \times \frac{\text{Glukoz}_{\text{plazma}} \text{ (mmol/l)}}{5.0 \text{ (mmol/l)}}$$

Her hastanın plazma glukoz seviyelerinin ölçülmesi, SUV değerlerine ek olarak kan şekere göre düzeltilmiş SUV değerlerinin hesaplanmasını sağlar. Hasta yaşı, cinsiyeti boyu,

kilosu gibi parametrelerin bilinmesi diğer SUV normalizasyonlarının hesaplanmasına olanak sağlar.

J. Hata nedenleri:

Malignite dışı etkenler yanlış pozitif ve yanlış negatif sonuçlara neden olabilir. Bu liste en sık karşılaşılan nedenleri içermektedir:

1. Yalancı pozitif bulgular

a. Fizyolojik tutulumlar

- Baş ve boyunda tükrük bezleri ve lenfoid doku tutulumu
- Tiroid bezi
- Kahverengi yağ dokusu
- Timus (özellikle çocuklarda)
- Laktasyonda meme dokusu
- Areola
- Çizgili ve düz kaslar (örneğin boyun ve paravertebral; hiperinsülinemi)
- Gastrointestinal (özefagus, mide, barsak gibi)
- Üriner yol (¹⁸F-FDG atılım yolu)
- Kadın genital traktı (menstrüel siklus döneminde uterusu ya da overde korpus luteum kisti)

b. Enflamatuvar prosesler

- Cerrahi sonrası enflamasyon, enfeksiyon veya hematoma; biyopsi veya amputasyon yeri
- Radyasyon sonrası (radyasyon pnömonisi gibi)
- Kemoterapi sonrası
- Bölgesel enflamatuvar hastalıklar, özellikle granülomatöz oalyar (sarkoidoz, mantar enfeksiyonu veya mikobakterial hastalıklar gibi).
- Stoma bölgesi (trakea veya kolon) ve drenaj tüpleri
- Enjeksiyon alanı
- Tiroidit
- Özefajit, gastrit veya inflamatuvar barsak hastalıkları
- Akut ve nadiren kronik pankreatit
- Akut kolanjit ve kolesistit
- Osteomyelit, yeni kırık bölgesi veya eklem protezi
- Lenfadenit

c. Benign neoplaziler

- Hipofiz adenomu
- Böbreküstü bezi adenomu
- Tiroid foliküler adenomu
- Tükrük bezi tümörleri (Whartin tümörü, onkositoma veya pleomorfik adenom gibi)

- Kolonun adenomatöz polipleri ve villöz adenom
- Overde tekoma ve kistadenom
- Dev hücreli tümör
- Anevrizmal kemik kisti
- Leimyom

d. Hiperplazi veya displazi

- Graves hastalığı
- Cushing hastalığı
- Kemik iliği hiperplazisi (anemi veya sitokin tedavisi gibi)
- Kemoterapi sonrası timik hiperplazisi
- Fibröz displazi
- Paget hastalığı

e. İskemi

- Hiberne miyokard

f. Artefaktlar

- PET ve BT görüntülerinin uyumsuzluğuna bağlı attenüasyon düzeltme artefaktları.
- Polikromatik BT enerjilerini anihilasyon fotonlarının 511 keV'lik enerjisine çevirirken yapılan hatalar metal veya yoğun baryum etrafında artefaktlara yol açabilmektedir. Ancak bu hatalar yeni konversiyon algoritmaları ile daha nadir görülmektedir.

2. Yalancı negatif bulgular

- Boyutun küçük olması (Sistem rezolüsyonunun 2 katından daha az)
- Tümör nekrozu
- Yakın tarihte uygulanan kemoterapi veya radyoterapi
- Yakın tarihte uygulanan yüksek doz steroid tedavisi
- Hiperglisemi ve hiperinsülinemi
- Düşük gradeli bazı tümörler (sarkom, lenfoma veya beyin tümörü gibi)
- Geniş müsinöz komponentli tümörler
- Bazı hepatosellüler kanserler, özellikle iyi differansiye tümörler
- Bazı genitoüriner kanserler, özellikle iyi differansiye tümörler
- Prostat kanseri, özellikle iyi differansiye tümörler

- Bazı tiroid kanserleri, özellikle iyi differansiye tümörler
- Bazı nöroendokrin tümörler, özellikle iyi differansiye tümörler
- Bazı bronkoalveolar karsinomlar
- Bazı lobuler tip meme kanserleri
- Bazı kemik metastazları, özellikle osteoblastik veya sklerotik tümörler
- Bazı osteosarkomlar

PET kalite kontrol

Bu konu ile ilgili ayrıntılı bilgi için bakınız “PET sistemlerinin kalite kontrolü ve kabul testleri”. Turk J Nucl Med 2004; 13:118-139.

Fizyolojik ve fiziksel faktörler onkolojik PET çalışmalarında SUV değerlerinin doğruluğu ve tekrarlanabilirliğinde etkilidir. PET kamera kalibrasyonlarındaki değişkenlikler, görüntü rekonstrüksiyonu, veri analizi ve/veya ayarları SUV değerleri üzerinde %50'ye kadar varan değişikliklere neden olabilir. Çok merkezli onkoloji çalışmalarında SUV kullanımı, enstitüler arası SUV değerlerinin alışverişinin sağlanması için enstitüler arası kalibrasyon prosedürlerini gerektirir. Enstitülerin aynı metodolojiyi kullanması aynı oranda önemlidir. SUV değerlerinin enstitüler arasında kullanımı minimum kalite kontrol gereksinimlerinin belirlenmesini gerektirir. Örneğin;

- Günlük kalite kontrol
- PET ve PET/ BT kameralarının enstitünün kendi doz kalibratörü veya farklı doz kalibratörü ile kalibrasyonu

Bu kalite kontrol ölçümleri nükleer tıp derneğinin veya ulusal düzenlemelerin gerektirdiği kalite kontrol gereksinimlerinin yerine geçmez.

Günlük kalite kontrol

Günlük kalite kontrolü PET kamerasının fonksiyonel durumunu belirler (detektör hatası ya da elektronik hatanın tespiti gibi). Çoğu sistemde otomatik veya yarı otomatik günlük kalite kontrol prosedürleri bulunmaktadır. Her durumda günlük kalite kontrol ölçümleri üreticinin belirlediği özelliklere göre yapılmalıdır ve kullanıcılar cihazın günlük kalite kontrol testlerinden geçtiğini kontrol etmelidir. Mümkün olduğunda Ge68 ile doldurulmuş silindirik fantom PET taraması yapılmalıdır. Ek olarak singoram verisi dedektör arızasının tespiti için görsel olarak değerlendirilebilir.

Kalite kontrol kalibrasyonu ve PET/ BT cihazlarının çapraz kalibrasyonu

Kalibrasyon ve çapraz kalibrasyonun amacı kurumun kendi doz kalibratörü ile veya farklı bir kalibratöre karşı PET BT'nin doğru ve direkt kalibrasyonunun hastaya özel FDG aktivitesinin belirlemek amacı ile kullanılmasıdır. Eğer FDG radyofarmasötik üreten bir şirketten alınıyor ise PET kameranın çapraz kalibrasyonu, o şirket tarafından sağlanan örnek kalibrasyon örneği ile yapılmalıdır. Çapraz kalibrasyon normal kalibrasyon ile karıştırılmamalıdır. Çapraz kalibrasyon direkt, PET kamera ile enstitünün kendi kalibratörü arasındaki nispi kalibrasyon olup, doğru SUV kantifikasyonu için tek tek kalibrasyondan daha gerekli olan olası kalibrasyon tutarsızlıkları ile ilgili bilgi sağlar. Çapraz kalibrasyondaki %15'e kadar olan değişiklikler PET kamerası ve tek tek kalibrasyonların farklı prosedür ve kalibrasyon kaynakları kullanılarak yapılmış olmasından kaynaklanır.

Kısaca prosedür şu şekildedir; bir şırınga 70 ± 10 MBq FDG solüsyonu ile doldurulur ve doz kalibratöründe ölçülür. Daha sonra FDG hacmi kesin bilinen su ile doldurulmuş kalibrasyon fantomuna konulur. Homojenizasyon için içerisinde bir adet hava kabarcığı bırakılmış kalibrasyon fantomu yaklaşık 10 dakika çalkalanır. Eğer kurumun kalibre edilmiş kuyu sayacı var ise fantomdan 0,5 ml'lik tam hacmi bilinen 3 örnek, pipet ile alınmalıdır. Kalibrasyon fantomunun emisyon taraması önerilen tüm vücut protokolüne göre PET/ BT kamerada yapılmalıdır. Fantom içerisinde aktivite kalmadığında (yaklaşık en az 10 saat sonra) transmiyon taraması fantom hareket ettirilmeden tekrarlanmalıdır. Düşük doz BT taraması ile atenuasyon düzeltilmesi yapan PET kameralarda, bu tarama emisyon taramasından önce yada sonra yapılabilir. VOI analizi PET kamera ile ölçülen fantomdaki aktivitenin ortalama hacimsel konsantrasyonunu belirlemek amacı ile yapılır. Çapraz kalibrasyon faktörü 1 e eşit olmalıdır ($<10\%$).

Görüntü kalitesi ve kurtarma katsayısı (IQRC)

Kalite kontrol prosedürleri doğru bir çapraz kalibrasyonu garanti etmekle birlikte farklı merkezler arasında, rekonstrüksiyon ve veri analiz metodolojisindeki farklılıklar nedeni ile SUV kantifikasyonunda farklılıklar oluşabilir. Nihai görüntü rekonstrüksiyonundaki farklılıkların tümörün şekline bağlı olarak, 5cm'den küçük tümörlerde SUV sonuçları üzerinde belirgin etkisi vardır. Bu yüzden SUV'nin doğruluğunun değişik boyutlardaki tümörü temsil eden küreler kullanılarak standardize edilmiş antropomorfik fantom ile belirlenmesi önem taşır. Bu gibi fantomlar klinik benzer koşullar altındaki SUV kantifikasyonunun doğrulanmasını sağlar.

IQRC kalite kontrolünün amacı:

- Kalibrasyonun ve standart olmayan fantom kullanılarak yapılan kantifikasyonun doğruluğunun kontrolü
- Aktivite konsantrasyon katsayısının küre boyutunun bir fonksiyonu olarak ölçülmesi

IQRC kalite kontrol prosedürü, NEMA standartları yayınlarında açıklanan şekli ile “görüntü kalitesi, atenuasyon doğruluğu ve saçılım düzeltilmesi” prosedürleri ile yakın uyum içinde yürütülür. Hacim ilgi alanları (VOI) manuel olarak bu prosedürlere göre belirlenir. Ancak, sabit yüzdeler kullanan izokonturlara dayalı 3D hacim ilgi alanlarının otomatik olarak belirlenmesi, manuele göre daha yüksek doğrulukta SUV sonuçları verir. Bu yüzden 3D hacim ilgi alanları otomatik olarak yapılır:

- 3D izokontur background düzeltilmesinin 50% sinde
- Maksimum piksel değeri

Hacim ilgi alanını (VOI) hesaplama prosedürü şu şekildedir;

İlk olarak tümör içindeki maksimum SUV değerine sahip pikselin yeri belirlenmelidir. İkinci olarak, maksimum SUV/piksel değerine, yerine ve belirlenen eşik değeri sınırının üstündeki tüm

piksel/vokselleri içeren 3D “bölgesel genişleyen” algoritmaya dayalı, 3D VOI otomatik olarak oluşturulur. Her küre için bir VOI oluşturulduğunda, kürenin SUV’u belirlenebilir. Sonra ölçülen ortalama VOI aktivite konsantrasyon değeri kürelerin içindeki gerçek aktivite konsantrasyon ile normalize edilir ki; bu da küre başına aktivite konsantrasyon kurtarma katsayısını belirler. Nihai olarak kurtarma katsayısı küre boyutu VOI tanımının işlevi olarak belirlenir. Ölçülen aktivite konsantrasyonu kurtarma katsayısı aşağıda verilen özelliklere uygun olmalıdır. Bu özellikler, bu protokole göre farklı markalardaki çeşitli PET ve PET/BT sistemlerinde ölçülmüş kurtarma katsayısına dayalıdır. Sadece A50 (VOI) hacim ilgi alanı ve maksimum piksel değeri için verilen tanımlamalar verilmiştir;

A50 için kurtarma katsayısı (KK) belirlemesi

Küre volümü (ml)	Beklenen KK	Minimal KK	Maksimal KK
26.52	0.77	0.71	0.83
11.49	0.73	0.67	0.79
5.57	0.66	0.59	0.73
2.57	0.60	0.53	0.68
1.15	0.45	0.38	0.52
0.52	0.30	0.25	0.35

Maksimum piksel değeri için kurtarma katsayısı (KK) belirlemesi

Küre volümü (ml)	Beklenen KK	Minimal KK	Maksimal KK
26.52	0.98	0.88	1.08
11.49	0.95	0.85	1.05
5.57	0.89	0.77	1.01
2.57	0.84	0.75	0.94
1.15	0.63	0.51	0.74
0.52	0.38	0.29	0.46

BT kalite kontrol

Genel olarak BT tarayıcılar için kalite kontrolleri radyoloji dernekleri tarafından belirlenmiştir. Yazılım ve prosedürler genelde tarayıcının kendisinde bulunur. Ek olarak PET BT sistemleri için önerilen kalite kontrol ölçümleri;

- PET ve BT'nin kurulumu ve normalizasyonu, ayrıca PET ve BT görüntülerinin hizalanmasının denetimi üretici firma tarafından belirtilen prosedürlere göre ve sıklıkta yapılmalıdır.
- Sistemde kullanılan her türlü cihaza (PET, PET/BT, kuyu sayacı, doz kalibratörü, saatler, basküller) üreticinin önerdiği şekilde ve sıklıkta bakım yapılmalıdır. Bu cihazların doğru çalışması için gerekli önleyici ve düzeltici bakımları içermelidir.

- Bakım sonrası ve yazılım güncellemesi sonrası sözü edilen cihazların kalibrasyonu yapılmalı ve yapılan kalibrasyonlar doğrulanmalıdır.
- Basküllerin doğru tarttığı gözden geçirilmelidir.
- Doz kalibratörleri ve kuyu sayaçları en az senede 1 kere kalibre edilmelidir.

K. PET Endikasyonları

1.Klinik endikasyonlar ile ilgili şartlar:

- a) Tanı amaçlı F-18 FDG PET (PET) çalışmaları genellikle diğer yöntemlerle tespit edilen malignite şüpheli kitlelerde (soliter pulmoner nodül gibi) metabolik karakterizasyon amacıyla kullanılır. Bu tür endikasyonlarda PET sonuçlarının invaziv bir tanısal işlemin yapılmasını önlemeye yardımcı olması esası aranır. Ya da PET sonuçlarının invaziv tanısal bir işlem için yol gösterici olması (örneğin heterojen ve büyük kitlelerde ya da yeri belirlenemeyen tümörlerde biyopsi yerinin belirlenmesi) tanı amaçlı PET kullanımı için gereklidir. Bunların dışındaki tanısal uygulamalarda ve özellikle kanser tarama amaçlı PET kullanımı halinde bedelleri şu an itibariyle yürürlükte bulunan sağlık uygulama tebliği gereğince ödenmez. Kanser şüpheli kitlelerde metabolik karakterizasyon amaçlı PET çalışması yapılabilmesi için kitle boyutunun (en uzun çap) asgari 1 (bir) cm olması gereklidir.
- b) Evreleme, kanser tanısı almış hastalarda hastalığın yaygınlığının belirlenmesini ifade eder. PET sadece fluorodeoksi glukoz (FDG) afinitesi yüksek kanserlerde (Tablo 1) evreleme amacıyla kullanılabilir. Evreleme amaçlı PET yapılması için hastada kemoterapi (KT) ve/veya radyoterapi (RT) tedavilerine başlanmamış olması şartı aranır. Evreleme amaçlı PET endikasyonu olan ve RT uygulanması düşünülen tüm tümörlerde aynı zamanda RT planlama endikasyonu ile de PET uygulanabilir. Ancak RT planlama amaçlı PET uygulamalarının kombine PET/BT tarayıcılarda yapılması şartı aranır.
- c) Yeniden evreleme, kanserin ilk tedaviden sonraki takip aşamasında herhangi bir nüks (rekürrens) saptanması veya rekürrens lehine bulgular olması durumunda başka metastazların olup olmadığını araştırmaya ya da hastalığın yaygınlığını göstermeye yönelik bir ifadedir. Histolojik olarak kanıtlanmış rekürrens tanısı olmadan PET ile yeniden evreleme yapmak için ya diğer görüntüleme yöntemleri ile rekürrens veya rezidüel kitle gösterilmesi, ya da tümör belirteçlerinde rezidüel veya rekürrens hastalık düşündürecek ölçütlerde yükselme tespit edilmesi şartları aranır. Bunların haricinde rekürrens ve/veya metastaz potansiyeli yüksek olan orta-yüksek dereceli malign

melanomlarda ilk 3 (üç) yıl ve yüksek grade'li non-Hodgkin lenfomalarda ilk 2 (iki) yıl takipte yukarıda belirtilen şartlar aranmaksızın yılda bir kez olmak üzere rekürrens/metastaz kontrol amaçlı rutin PET endikasyonu konabilir.

- d) Tedaviye yanıtın değerlendirilmesi, KT veya RT'nin tamamlanmasından sonra tümörün verdiği yanıtı araştırmaya yönelik bir ifadedir. Bu amaçla PET endikasyonu konması için kemoterapi tamamlandıktan sonra en erken 2 (iki) hafta, radyoterapi tamamlandıktan sonra ise en erken 3 (üç) ay geçmiş olması gereklidir.
- e) Kemosensitivitenin 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.Diğer şartlar:

- a) PET çalışmasının tekrar yapılabilmesi için bir önceki PET çalışmasından sonra asgari 3 (üç) ay süre geçmiş olma şartı aranır. Ancak kanser tedavisi yanıtının belirlenmesi amacıyla ve nüks şüphesi nedeniyle erken dönemde yapılacak PET çalışmaları için bu şart aranmaz.
- b) Onkolojik amaçlı PET çalışmalarında tüm vücut tarama yapılır. Tüm vücut PET görüntüleme, kafa tabanı ile uyluk üst kısımlarına kadar olan mesafeyi kapsar. Beyin metastazlarının gösterilmesinde PET'in duyarlılığı düşük olduğu için standart onkolojik amaçlı PET çalışmasında kraniyal bölgenin görüntülemeye dahil edilmesi şart değildir. Metastaz potansiyeli çok yüksek olan malign melanom, nöroblastom ve multipl miyelom gibi malignitelerde tüm vücut görüntülemesine kraniyal bölge ve alt ekstremiteler dahil edilmelidir. Ayrıca klinik muayene veya diğer görüntüleme yöntemlerinde kraniyal veya periferik alt ekstremitte tümörü veya metastaz şüphesi olan olgularda da kraniyal bölge ve periferik ekstremiteler görüntülenmelidir.
- c) Tüm vücut PET çalışmalarında aynı seansta beyine veya miyokarda yönelik görüntülemeler yapılsa dahi ayrıca fatura edilemezler.
- d) PET raporlaması nükleer tıp uzmanlarınca yapılır. PET ile birlikte tanısal BT yapılması halinde BT raporlaması radyoloji uzman hekimince yapılır.
- e) PET sonuç raporunda tetkik endikasyonunun açık olarak (ICD 10 kodu ile) belirtilmesi gereklidir.

TABLO 1- ONKOLOJİK TÜM VÜCUT F-18 FDG-PET ENDİKASYONLARI
 “801.440 Tüm vücut F-18 FDG-PET” kodu için geçerlidir“

Klinik Durum	ICD-10 kodu	PET endikasyonları	Açıklama ve sınırlamalar
Lenfoma (Hodgkin hastalığı ve nonHodgkin lenfoma-NHL)	C81 – C85	Evreleme	
		Yeniden evreleme	FDG tutmayan düşük grade’li NHL olguları hariç
		Tedaviye yanıt	FDG tutmayan düşük grade’li NHL olguları hariç
		Kemosensitivite	FDG tutmayan düşük grade’li NHL olguları hariç
Malign melanom	C43	Evreleme	Breslow kalınlığı ≥ 0.76 mm ve/veya Clark level \geq III olgularda geçerlidir
		Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Beyin tümörleri	C71	Tanı	Diğer yöntemlerle netice elde edilemeyen 1 cm’den büyük kitle lezyonların metabolik karakterizasyonu
		Yeniden evreleme	Radyasyon nekrozu- rekürren/rezidiv tümör ayırımı
Baş-boyun kanserleri (tiroid tümörleri hariç)	C00 – C14 - C32 (Ek: 21/01/2012-28180/37 md. Yürürlük: 21/01/2012)	Tanı (primer odak arama)	Metastatik servikal lenf nodu varsa geçerlidir
		Evreleme	
		Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Tiroid kanserleri	C73	Yeniden evreleme	- İyi differansiye tiroid tümörlerinde tiroidektomi ve radyoiod ablasyon tedavisi sonrası takipte tüm vücut iyot-131 tarama tetkiki negatif olan ve serum tiroglobulin düzeyi artması durumunda uygulanır
			- Meduller kanserde tiroidektomi sonrası takipte diğer görüntüleme yöntemlerinin açıklayamadığı kalsitonin ve/veya CEA düzeyleri yükselmelerinde uygulanır
Meme Kanseri	C50	Evreleme	
		Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Akciğer (Küçük hücreli)	C34	Tanı	Soliter pulmoner nodül

Klinik Durum	ICD-10 kodu	PET endikasyonları	Açıklama ve sınırlamalar
dışı ve küçük hücreli)			değerlendirme (≥ 1 cm)
		Evreleme	
		Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Plevral malignite (Mezotelyoma)	C45	Tanı	Kalsifiye olmayan plevral kalınlaşmalar ve/veya açıklanamayan efüzyonların değerlendirilmesi
		Evreleme	
		Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Mediasten-timus-kalp tümörleri	C37 – C38	Tanı	Şüpheli kitlelerde metabolik karakterizasyon
		Evreleme	
		Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Özefagus kanseri	C-15	Evreleme	
		Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Mide kanseri	C-16	Evreleme	
		Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Kolorektal kanser	C18 – C21	Evreleme	
		Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
İnce barsak tümörleri	C17	Tanı	Şüpheli kitle gösterilmesi durumunda uygulanır
		Evreleme	
		Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Gastrointestinal stromal tümör	C26	Evreleme	
		Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Karaciğer ve safra yolları tümörleri	C22 – C24	Tanı	Karaciğer metastazlarında primer odak aramada geçerli
		Evreleme	
		Yeniden evreleme	

Klinik Durum	ICD-10 kodu	PET endikasyonları	Açıklama ve sınırlamalar
		Tedaviye yanıt	
Pankreas	C25	Tanı	BT veya MR'da pankreasta kitle varsa uygulanır
		Evreleme	
		Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Over kanseri	C56	Yeniden evreleme	CA 125 yükselmiş ise uygulanır
		Tedaviye yanıt	
Serviks kanseri	C53	Evreleme	
		Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Endometrium kanseri	C54 – C55	Evreleme	
		Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Vulva-vagen kanserleri	C51 – C52	Evreleme	
		Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Böbrek kanserleri	C64 – C65	Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Böbreküstü bezi kanserleri	C74	Tanı	BT veya MR'da 1 cm'den büyük kitle varsa
		Evreleme	
		Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Mesane-üreter kanserleri	C66 – C67	Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Penis ve diğer erkek genital kanserleri	C60	Evreleme	
		Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Testis kanserleri	C62	Evreleme	
		Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Primer kemik tümörleri	C40 – C41	Evreleme	
		Yeniden evreleme	

Klinik Durum	ICD-10 kodu	PET endikasyonları	Açıklama ve sınırlamalar
		Tedaviye yanıt	
Multipl myelom veya plasmositom	C90	Evreleme	
		Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Yumuşak doku sarkomları	C49	Tanı	Biyopsi alınması zor kitlelerde metabolik karakterizasyon
		Evreleme	
		Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Nöroblastom	M9500	Evreleme	
		Yeniden evreleme	
		Tedaviye yanıt	
Primeri bilinmeyen metastatik tümörler	C80	Tanı	Primer tümör aranması
Paraneoplastik sendrom	D48.9	Tanı	Malign etyoloji aranması

TABLO 2. BEYİN F-18 FDG-PET ENDİKASYONLARI

“800.690 beyin F-18 FDG-PET kodu için geçerlidir”

Klinik durum	ICD kodu	PET endikasyonu	Açıklama ve sınırlamalar
Dirençli (Refrakter) Epilepsi Nöbetleri	G40	Epilepsi odağının belirlenmesi	Cerrahi yapılması planlanan hastalar
Alzheimer Hastalığı	G30	Alzheimer Hastalığı tanısının doğrulanması ve diğer demanslardan ayırıcı tanısı	65 yaşın üstündeki veya genetik yatkınlığı olan hastalar
		Alzheimer Hastalığının en erken evresinde (hafif kognitif bozukluk) hafif tesbiti	

TABLO 3. MİYOKARD FDG-PET ENDİKASYONLARI
 “800.840 miyokard PET (F-18 FDG ile) kodu için geçerlidir”

Klinik durum	ICD 10 Kodu	PET endikasyonu	Açıklama ve sınırlamalar
Miyokard Canlılığı (Viabilite)	I20 - I25	Enfarkt dokusunda miyokard canlılığının belirlenmesi Revaskülarizasyon ya da transplant öncesi miyokard canlılığının tayini	Miyokard perfüzyon SPECT ile tanı koyulamayan veya şüpheli sonuç alınan hastalarda

DİĞER

Aşağıda belirtilen çalışmaların geri ödeme kapsamında olması için, bir üniversite veya eğitim hastanesinden alınan, biri nükleer tip uzmanı, biri ilgili klinisyen hekim olmak üzere en az 3 hekim tarafından hazırlanan gerekçeli raporun olması şartı aranır.

1) Klinik olarak hastaya yapılmasının faydalı olacağı düşünülen, ancak Tablo 1,2 ve 3'te belirtilmeyen onkoloji veya onkoloji dışı endikasyonlarla yapılan tüm vücut F-18 FDG çalışmaları [Tüm vücut F-18 FDG-PET (801,440)].

2) Miyokard perfüzyon PET (O-15, Rb-82 veya N-13 amonia ile) (800.841).

REFERANSLAR

1. Boellaard R, O'Doherty MJ, Weber WA, Mottaghy FM, Lonsdale MN, Stroobants SG, et al. FDG PET and PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour PET imaging: version 1.0. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2010; 37: 181-200.
2. Delbeke D, Coleman RE, Guiberteau MJ, Brown ML, Royal HD, Siegel BA, et al. Procedure guideline for tumor imaging with ¹⁸F-FDG PET/CT 1.0. J Nucl Med. 2006; 47: 885-95.
3. Wahl RL, Jacene H, Kasamon Y, Lodge MA. From RECIST to PERCIST: evolving considerations for PET response criteria in solid tumors. J Nucl Med. 2009; 50 (Suppl 1): 122S-50.
4. Paquet N, Albert A, Foidart J, Hustinx R. Within-patient variability of ¹⁸F-FDG: standardized uptake values in normal tissues. J Nucl Med. 2004; 45: 784-88.
5. Kostakoğlu L, Hardoff R, Mirtcheva R, Goldsmith SJ. PET-CT fusion imaging in differentiating physiologic from pathologic FDG uptake. Radiographics. 2004; 24: 1411-31.
6. Cohade C. Altered biodistribution on FDG-PET with emphasis on Brown fat and insulin effect. Semin Nucl Med. 2010; 40: 283-93.

7. Parysow O, Mollerach AM, Jager V, Racioppi S, San Roman J, Gerbaudo VH. Low-dose oral propranolol could reduce brown adipose tissue F-18 FDG uptake in patients undergoing PET scans. Clin Nucl Med. 2007; 32: 351-7.
8. Cerfolio RJ, Bryant AS. When is it Best to Repeat a 2-Fluoro-2-Deoxy-DGlucose Positron Emission Tomography/Computed Tomography Scan on Patients with Non-Small Cell Lung Cancer Who Have Received Neoadjuvan Chemoradiotherapy? Ann Thorac Surg. 2007 Oct;84(4):1092-7.
9. Kalite Kontrol, Enstrumantasyon ve Radyasyon Güvenliği Komitesi Yönergesi: Turk J Nucl Med 2004; 13:151-169.
10. The new EANM paediatric dosage card: additional notes with respect to F-18. Lassmann M, Biassoni L, Monsieurs M, Franzius C. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2008;35:1666–8.
11. Comparison of imaging protocols for 18F-FDG PET/CT in overweight patients: optimizing scan duration versus administered dose. Masuda Y, Kondo C, Matsuo Y, Uetani M, Kusakabe K. J Nucl Med. 2009;50: 844–8.
12. ICRP. Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals. Addendum 3 to ICRP Publication 53. ICRP Publication 106, p; 87.
13. Columbia University Medical Center (CUMC):
<http://ehs.columbia.edu/Dosimetry%20Help/NMDoseEstimates.html>.
14. Sağlık Bakanlığı. www.sgk.gov.tr (Ek8/B)