



F-18 FDG PET/BT Onkolojik Uygulama Kılavuzu

F-18 FDG PET/CT Practice Guideline in Oncology

Çiğdem Soydal¹, Zeynep Burak², Gülin Uçmak³, Murat Fani Bozkurt⁴, Tamer Atasever⁵, Emre Demirci⁶, İlknur Ak Sivriköz⁷

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

²Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

³Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Dr. Abdurrahman Yurtaslan Ankara Onkoloji Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

⁴Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

⁵Medipol Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

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

⁷Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Eskişehir, Türkiye

Öz

Positron emisyon tomografisi (PET), pozitron yayan radyonüklitler ile işaretli radyofarmasötiklerin üç boyutlu dağılımını gösteren tomografik bir görüntüleme yöntemidir. Günümüzde en yaygın kullanılan PET radyofarmasötiti F-18 ile işaretli florodeoksiglukoz (FDG); bir glukoz analogudur ve canlı hücrelere membran glukoz taşıyıcıları aracılığı ile alınır. Dokudaki F-18 FDG tutulumu glukoz kullanımı ile orantılıdır. Pek çok kanserde artmış GLUT ekspresyonu ve heksokinaz aktivitesi nedeniyle artmış glukoz kullanımı söz konusudur. F-18 FDG PET onkolojide tanı, evreleme, yeniden evreleme ve tedavi yanıtının değerlendirilmesi endikasyonlarında duyarlılığı kanıtlanmış bir yöntemdir. Bu uygulama kılavuzu F-18 FDG PET/BT hakkında genel bilgileri sağlayarak F-18 FDG PET/BT çalışmalarını uygulayan, değerlendiren ve raporlayan nükleer tıp uzmanı, sağlık fizikçisi ve teknikerlerine yardımcı olmayı amaçlamaktadır. Ayrıca yetişkin hastalarda onkolojik görüntülemenin tanısal kalitesi ve sağladığı kantitatif bilgilerin uyumunun ve standardizasyonun sağlanmasına odaklanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Onkoloji, F-18 FDG PET/BT, nükleer tıp

Abstract

Positron emission tomography (PET) is a tomographic imaging method that shows three-dimensional distribution of radiopharmaceuticals which are labelled with positron emitter radionuclides. Today most widely used PET radiopharmaceutical F-18 flourodeoxyglucose is an F-18 labelled glucose analogue, and it is trapped by membrane glucose transporters to viable cells. F-18 fluorodeoxyglucose (FDG) uptake is proportional to glucose consumption of the tissue. In several type of cancers, increased glucose consumption is seen due to increased GLUT expression and hexokinase activity. F-18 FDG PET is a proved sensitive method in the diagnosis, staging, restaging and treatment response evaluation for several oncological disease. This practice guideline aims to help nuclear medicine physicians, physicists and technicians as persons who apply, evaluate and report F-18 FDG PET/CT by providing general information of F-18 FDG PET/CT. Additionally it is focused to provide standardization of quality of diagnostic imaging and harmonization of obtained quantitative information.

Keywords: Oncology, F-18 FDG PET/CT, nuclear medicine

Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Doç. Dr. Çiğdem Soydal, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Tel.: +90 312 595 67 32 E-posta: csoydal@yahoo.com ORCID ID: orcid.org/0000-0002-6199-8551

©Telif Hakkı 2020 Türkiye Nükleer Tıp Derneği / Nükleer Tıp Seminerleri, Galenos Yayınevi tarafından yayınlanmıştır.

Giriş

Pozitron emisyon tomografisi (PET), pozitron yayan radyonüklitler ile işaretli radyofarmasötiklerin üç boyutlu dağılımını gösteren tomografik bir görüntüleme yöntemidir. İnsan vücudunda gerçekleşen biyokimyasal ve fonksiyonel olayların non-invaziv ve kantitatif değerlendirilmesine olanak sağlar. Günümüzde en yaygın kullanılan PET radyofarmasötiği Flor-18 (F-18) ile işaretli glukoz analogu olan florodeoksiglukozdur (FDG). Flor-18 siklotronda üretilen pozitron yayan ve kısa yarı ömre (109,7 dk) sahip bir radyonüklittir. Pek çok molekülün işaretlenmesinde kullanılabilir ve enjeksiyon sonrasında birkaç saatlik bir süre içinde görüntülemeye izin verir. FDG ise bir glukoz analogudur. İntravenöz enjeksiyondan sonra kan yolu ile ulaştığı canlı hücrelere membran glukoz taşıyıcıları aracılığıyla, enerji gerektiren aktif transport mekanizması ile alınır. FDG glukoz gibi bir substrat olmakla birlikte glukoz taşıyıcı proteinlere afinitesi glukozdan daha düşüktür (1). Hücre içine girdikten sonra heksokinaz enzimi aracılığıyla fosforillenerek F-18 FDG-6-fosfat formuna dönüşür. Bu formda artık glukoz taşıyıcı proteinlerin substratı değildir ve normal glikolitik yolağın bu ilk basamağında takılarak hücre içine hapsolür. Dokudaki FDG tutulumu hücrelerin glukoz kullanımı ile orantılıdır. Pek çok kanserde artmış GLUT ekspresyonu ve heksokinaz aktivitesi nedeniyle artmış glukoz kullanımı söz konusudur. F-18 FDG PET onkolojide tanı, evreleme, yeniden evreleme ve tedavi yanıtının değerlendirilmesi amacı ile duyarlılığı kanıtlanmış bir yöntemdir (2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14). Ayrıca F-18 FDG PET/bilgisayarlı tomografi (BT) tümör hacimlerinin daha doğru belirlenmesini sağlayarak radyoterapi planlamada da kritik bir rol oynayabilir (15,16).

BT, görüntülenecek objenin etrafında dönerek kesitsel görüntüler oluşturan bir X-ışını kaynak ve detektör sistemi içeren görüntüleme yöntemidir. PET/BT'nin BT komponenti yalnızca atenüasyon düzeltilmesi amacıyla kullanılmaz aynı zamanda morfolojik ve anatomik yapıların yüksek uzaysal çözünürlük ile görüntülenmesini de sağlar. BT'den elde edilen morfolojik ve anatomik bilgi F-18 FDG PET tarafından saptanan lezyonların lokalizasyonu, yaygınlığı ve karakterizasyonunun daha iyi yapılmasını sağlar. Rehberinin bu versiyonu yalnızca kombine ya da entegre tüm vücut 3D PET/BT sistemlerine yöneliktir.

Amaç

Bu uygulama rehberinin amacı Nükleer Tıp uzmanlarına yetişkin ve çocuk hastalarda F-18 FDG

PET/BT uygulamaları sırasında görüntüleme işlemi, görüntü değerlendirmesi ve bulguların raporlanması aşamalarında yol göstermektedir (17,18). Ayrıca standardize uptake değerleri (SUV) radyofarmasötik uptake analizi için en sıklıkla kullanılan yarı-nicel parametre olduğundan çok merkezli çalışmalarda SUV uyumluluğunun sağlanabilmesi için de yol gösterilmesi amaçlanmıştır. F-18 FDG PET görüntüleme nicel değerlendirmenin doğru ve tutarlı yapılabilmesi için kalite kontrolü gerektiren sayısal bir görüntüleme yöntemidir (19). Tekrarlanabilirlik ve tutarlılık bir sayısal değerlendirme ve/veya görüntüleme belirteci için iki temel gereksinimdir. Tekrarlanabilirlik aynı hastada aynı sistem ile birden fazla uygulamada aynı sonucu elde edebilmektir. Tutarlılık ise farklı görüntüleme merkezlerinde farklı sistemler ile aynı hastada benzer sonuçların elde edilebilmesidir. F-18 FDG PET/BT'nin kullanıldığı çok merkezli klinik çalışmalarda ve hastalara uygun klinik yaklaşımın belirlenmesinde tekrarlanabilirlik ve tutarlılık temel teşkil eder. Merkezler arasında F-18 FDG PET/BT ile standardize bir görüntüleme prosedürünün yürütülmesi, kanıt dayalı tıp için katkı sağlarken, nicel değerlerin farklı merkezler arasında tutarlılık göstermesi rutinde nicel ve yarı-nicel değerlendirmenin güvenilirliğini artıracaktır. Doğruluk ve tutarlılık aynı zamanda FDG PET/BT'nin tanı, prognoz tayini ve evrelemede olduğu gibi tedavi yanıtı değerlendirmede de kullanımı için oldukça önemlidir.

Tanımlar

- Entegre ya da multimodal PET/BT sistemi bir PET ve bir BT sisteminin tek, kombine bir hasta kontrol ünitesi içinde yer aldığı sistemlerdir.
- PET/BT sistemleri görüntülemenin PET ve BT kısımlarının her iki görüntüleme için hasta aynı pozisyonda iken sekanslar halinde görüntü elde edilmesine izin verir.
- Bir F-18 FDG PET/BT çalışması aşağıda tanımlamaları yer alan farklı görüntüleme alanlarını içerebilir:
 - **Tüm vücut görüntüleme:** Kafanın en üst düzeyinden ayak ucuna kadar yapılan görüntülemedir.
 - **Gövde görüntüleme:** Kafa tabanından uyluk orta kesimine kadar yapılan görüntülemedir. Pek çok onkolojik hastalık için önemli olan vücut bölgelerini içerir. Eğer gereklilik varsa kranyum dahil edilebilir.
 - **Bölgesel görüntüleme:** Sınırlı bir vücut bölgesinde tümör ilişkili değişiklikleri görüntülemek üzere yapılır.

- Yalnız serebral ve serebellar dokuyu kapsayan beyin görüntüleme ile kombine tüm vücut ya da gövde görüntüleme.
- PET/BT görüntülemelerde atenüasyon ve saçılım düzeltmesi BT transmilyon datusı ile yapılır. PET/BT çalışmasında kullanılan doz ve oral ya da intravenöz kontrast madde kullanılıp kullanılmamasına göre değışkenlik gösteren farklı BT yöntemleri kullanılabilir:
 - **Düşük-doz BT:** Yalnızca atenüasyon düzeltmesi ve anatomik korelasyon amacı ile kullanılan, tanısall radyolojik görüntüleme amacı ile yapılmayan BT görüntülemesidir.
 - **Tanısal BT:** İntravenöz ve/veya oral kontrast ajan kullanılarak ya da kullanılmayarak, düşük doz BT görüntülemeden daha yüksek X-ışını dozları ile elde edilen BT görüntülemesidir.

Yaygın Klinik Endikasyonlar

F-18 FDG PET/BT pek çok ülkede yaygın olarak kullanılmasına rağmen, endikasyonlar açısından ülkeler arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Günümüzde F-18 FDG PET/BT onkolojik hastaların yönetiminde önemli köşe taşlarından biri haline gelmiştir. F-18 FDG PET/BT'nin endikasyonları aşağıdaki gibi sıralanabilir (1, 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,20,21);

- Benign/malign lezyonların ayrımı
- Metastatik hastalık ile tanı alan ya da Paraneoplastik sendromu bulunan hastalarda primer tümör odağının saptanması
- Malignite tanısı alan hastalarda evreleme
- Kanseri tanısı ile tedavi uygulanan hastalarda tedavi yanıtının değerlendirilmesi
- Tedavi sonrası takipte fizik muayene ya da diğer görüntüleme yöntemlerinde saptanan lezyonların rezidü tümör ya da tedavi sonrası fibrozis ya da nekroz ayrımı
- Tümör belirteç yüksekliği saptanan hastalarda tümör rekürrensini araştırılması
- Tanı için biyopsi yapılacak bölgenin belirlenmesi
- Radyoterapi planmasına rehberlik

Yukarıda sayılan endikasyonlar dışında onkolojide F-18 FDG PET/BT kullanımına ilişkin endikasyonlar gün geçtikçe artmaktadır. Dahası F-18 FDG PET/BT'nin enfeksiyon ve enflamasyon görüntülemesinde, kardiyojoloji ve nörolojideki rolü de artış göstermektedir. Bu endikasyonlarda F-18 FDG PET/BT prosedürleri bazı spesifik farklılıklar gösterebilir.

Kalifikasyon ve Sorumluluk

Ülkemizde FDG PET/BT görüntülemenin yapılması, değerlendirilmesi ve raporlanması Nükleer Tıp hekimlerinin yetki ve sorumluluğundadır.

Görüntüleme Prosedürü

İstem Formu

Klinik istem formu hastayı takip eden hekim tarafından imzalanmış, güncel Sağlık Uygulama Tebliği (SUT) tebliği ile uyumlu, hastanın tanısı ve F-18 PET/BT istemini tıbbi açıdan gerekçelendiren klinik bilgiyi içeriyor olmalıdır.

Hastaya PET/BT tetkiki öncesindeki uygulanan en son kemoterapi tarihi, cerrahi girişim geçirmiş ise tarihi, radyoterapi almış ise tarihi randevu öncesinde bilinmelidir. (SUT tebliğine göre uygulanan tedavi ile PET/BT tetkiki arasında geçmesi gereken en kısa süre tedavi tipine göre tanımlanmıştır).

Anamnez

Hastanın klinik öyküsünün, onkolojik öyküsü ve komorbitelerini içermesi yeterli olacaktır. Tanı ve F-18 FDG PET/BT endikasyonu ile ilişkili laboratuvar test sonuçları gözden geçirilmelidir. Planar grafiler, BT, manyetik rezonans görüntüleme (MRG), kemik sintigrafisi gibi diğer görüntüleme sonuçları ve varsa daha önce yapılan PET/BT çalışmalarının sonuçları ele alınmalıdır. Değerlendirilmesi gereken parametreler aşağıda sıralanmıştır.

- Onkolojik öykü ve ilişkili komorbiteler (enfeksiyon/enflamasyon, diyabet)
- Yakın zamanda varsa travma öyküsü
- Varsa Nörolojik Paraneoplastik sendromu da içerecek şekilde nörolojik ve psikiyatrik klinik bulgular
- Boy ve vücut ağırlığı: Vücut ağırlığının PET/BT çalışması öncesinde direkt ölçümü önerilmektedir.
- Plazma glukoz düzeyi
- Kullandığı ilaçlar, özellikle antidiyabetikler, kortikosteroidler, büyüme faktörleri ve sedatifler. Tedavi yanıtı değerlendirmesi için en son aldığı tedavinin zamanı.
- Diğer görüntüleme yöntemlerinin sonuçları ve gerekli ise görüntüleri.
- F-18 FDG PET/BT ile aynı günde ancak daha önce yapılan girişimler: PET/BT öncesinde 24-48 saat içinde iv kontrast ajan kullanıldı ise not edilmeli, eğer çok gerekli değil ise bu tarz girişimler yapılmamalı.
- Kontrast madde alerjisi: Eğer çok gerekli değilse iv kontrast ajan kullanılmamalı ve kullanılacak ise referans eden klinisyenin bilgisi ile kullanılmalı.

- Gerek duyulan hallerde serum kreatinin düzeyi ve GFR gibi böbrek fonksiyonlarına bakılabilir. Suboptimal böbrek fonksiyonu olan hastalarda iv kontrast ajan kullanılmaması, gerekli ise renal fonksiyonun korunması için klinisyeni tarafından hidrasyon, böbrek fonksiyonların takibi, nefrotoksisiteyi engelleyici ilaçlar vb. tedaviler sonrasında uygulama yapılması önerilmektedir.

Hasta Hazırlığı ve Önlemler

Hasta hazırlığının temel amacı hedef tümör dokusundaki aktivite tutulumunu optimize edip hastanın radyasyon maruziyetini en düşük düzeyde tutarken, normal dokulardaki fizyolojik aktivite birikimlerini en düşük düzeye indirmektir (ALARA).

Gebelik

Bilinen ya da şüpheli bir gebelik durumu olan kadın hastalarda olası zarar ve fayda oranı göz önünde bulundurulmakla birlikte F-18 FDG PET/BT çekimi önerilmemektedir (21). Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICRP), 259 MBq (7mCi) F-18 FDG enjeksiyonu sonrasında gebe olmayan uterus tarafından absorbe edilen dozu 4,7 mGy olarak bildirmiştir (22). Ovülasyondan sonra ilk 10 günlük sürede gebelik testi yapılması karar sürecinde yardımcı olabilir. Eğer gebelik şüphesi varsa ve klinik olarak acil bir endikasyon yok ise yukarıdaki 10 gün kuralı uygulanmalıdır.

Emzirme

F-18 FDG süte çok az miktarda geçtiği için ICRP tarafından FDG enjeksiyonu sonrasında emzirmenin kesilmesi önerilmemektedir (22). Ancak emziren kadınlarda meme dokusu F-18 FDG tutulumu gösterdiği için anne ve bebeğin yakın temasının 12 saat süre ile kesilmesi, bebeğin anneden eksternal ışınlama yol ile alacağı dozu düşürmek amacı ile önerilmektedir. Bebeğin F-18 FDG enjeksiyonundan hemen önce emzirilmesi bir sonraki beslenme ile enjeksiyon arasındaki zamanı en uzun tutacaktır. Anne sütünün sağılması ve 12 saatlik sürede biberon ile verilmesi yakın mesafe teması önlemek için önerilebilir.

Hastaya Öneriler

Kan şekeri regüle olan ve diyabet tanısı olmayan hastaların F-18 FDG enjeksiyonundan en az 4 saat öncesinden başlayarak katı gıda ve su dışında sıvı gıda almamaları önerilir. Bu durum pratikte sabah F-18 FDG PET/BT çekimi olan hastanın bir gece önce gece yarısından başlayarak aç olması ve önceki akşam tercihen karbonhidrat içeriği düşük hafif bir akşam

yemeği yemesi ve alkol tüketimi yapmaması anlamına gelir. Eğer F-18 FDG PET/BT çalışması öğleden sonraya planlanmış ise F-18 FDG enjeksiyonundan en erken 4 saat önceye gelecek şekilde sabah hafif bir kahvaltı yapılabilir. Kullanılan ilaçları kesmeye gerek yoktur.

- Radyasyon güvenliği ve üriner F-18 FDG konsantrasyonunun düşürülmesi amacı ile tetkik öncesi yeterli hidrasyon sağlanması önemlidir. Örneğin enjeksiyondan önceki 2 saatte 1 litre su tüketimi teşvik edilmelidir. Oral kontrast madde ile görüntüleme yapılacak ise kontrast ajanın içinde verileceği su miktarı da göz önünde tutulmalıdır.
- Kahve ve kafeinli gıdalar şekersiz tüketiliyor olsa bile basit karbonhidratları içerebileceği ve olası uyarıcı etkilerinden dolayı önerilmez.
- Parenteral nutrisyon ve glukoz içeren intravenöz mayiler F-18 FDG enjeksiyonunda 4 saat önce kesilmelidir.
- F-18 FDG enjeksiyonu ve uptake fazı sırasında iskelet kaslarının FDG tutulumunu en aza indirmek için hasta sessiz bir ortamda oturarak beklemelidir. Enjeksiyondan 30-60 dakika öncesinden başlayarak uptake fazı boyunca kahverengi yağ doku tutulumunu en aza indirmek amacı ile hasta sıcak bir ortamda bulunmalıdır.
- Hasta F-18 FDG enjeksiyonundan önce 6 saatte mümkünse 24 saatte ağır egzersizden kaçınmalıdır.
- F-18 FDG PET/BT çalışmasından hemen önce mesane boşaltılmalıdır.
- Hasta PET/BT çekim süresi boyunca (20-45 dk) sırt üstü yatabiliyor olmalıdır. Hastanın randevusunun planlanması sırasında olası klostrifobisinin sorgulanması, tanısız olmayan çalışmaları ve tetkik iptallerini azaltacak ve gerekirse premedikasyon planlanması yapılabilecektir.
- Mümkünse hastanın kolları üretici firma tarafından temin edilen uygun aparatlar kullanılarak kafasının altında tutulmalıdır.
- Eğer PET/BT çalışması sırasında tanısız kontrastlı BT yapılacak ise kontrast uygulaması için önerilen özel önlemlere uyulmalıdır.

FDG Enjeksiyonu Öncesi Serum Glukoz Düzeyinin Ölçülmesi

Hastanın en az 4 saatlik açlık ile hazırlanmasının asıl amacı, insülinin tümör dışındaki hücrelerde glukoz tutulumundan direkt olarak sorumlu olması nedeni ile kan şekerinin ve insülin düzeyinin düşük olmasını

sağlamaktır (23). Kan glukoz düzeyini ve insülinemi normal düzeylerde tutmak için yapılan tüm çabaya rağmen, kontrolsüz diyabeti olan hastalarda açlık hiperglisemisi F-18 FDG PET/BT'nin klinik değerini etkilemediğinden, bu olgularda hipergliseminin çalışma için kesin bir kontrendikasyon teşkil etmediği gösterilmiştir (23).

Plazma glukoz düzeyi ölçümü için glukometre ya da serum glukoz düzeyini ölçebilen yatak başı herhangi bir cihaz kullanılabilir. Fakat plazma glukoz düzeyi SUV ölçümlerinin düzeltilmesi amacı ile kullanılacak ise ölçüm kalibre ve geçerliliği kanıtlanmış bir yöntem ile yapılmalıdır (24).

Hastanın plazma glukoz düzeyine, görüntüleme merkezine ulaştığında bakılması, önerilen bir uygulamadır. Çünkü çok düşük ya da yüksek değerlerin bu aşamada saptanması hastanın gereksiz yere beklemesine engel olacaktır. Diyabetik hastalarda hastanın merkeze ulaşmasını takiben plazma glukoz düzeyine bakılması, eğer gerekli ise kan şekerini düşürmeye yönelik girişimlerin hızla yapılması açısından da faydalı olacaktır. Ayrıca yüksek glukoz düzeyi nedeni ile tetkiki ertelenecek hastalar da kan şekeri regülasyonu yapılması için gerekli tedaviye bir an önce başlanması amacı ile yönlendirilebilecektir.

Klinik Uygulamada;

- Plazma glukoz düzeyi 200 mg/dL'nin altında ise F-18 FDG PET/BT çalışması yapılabilir.
- Eğer plazma glukoz düzeyi 200 mg/dL'e eşit ya da daha yüksek ise çalışma ertelenebilir ya da hastanın durumu ve klinik gerekçeye göre iptal edilebilir.

Araştırma amaçlı uygulamalarda;

- Plazma glukoz düzeyi için önerilen üst sınır 126 ila 150 mg/dL arasında olmalıdır (25); üst sınır çalışma protokolüne göre özelleştirilebilir. Plazma glukoz düzeyi belirlenen aralığın dışında olan hastalar genellikle çalışma dışı bırakılır, fakat çalışma protokolü belirlenirken karar aşamasında mevcut kaynaklar göz önünde bulundurulmalıdır.

Glukoz düzeyine göre düzeltilmiş SUV değerleri raporlanabilse de pek çok merkezde klinik pratikte kullanılmamaktadır. Eğer SUV değeri plazma glukoz düzeyine göre düzeltilmiş ise, düzeltme yapılmış ve yapılmamış değerler raporda yer almalıdır. Plazma glukoz düzeyleri, sonradan glukoz düzeyine göre düzeltilmiş SUV değerlerinin hesaplanabilmesine olanak sağlamak için kaydedilmeli ve raporlanmalıdır. Özellikle tedavi yanıtının değerlendirildiği çalışmalarda, plazma

glukoz düzeyleri tedavi ile değişebileceği için, kan şekeri ölçümlerinin kalibre edilmiş ve geçerliliği kanıtlanmış (yatak başı cihazlar ile değil) yöntemler ile yapılması önerilir. Literatürde glukoz düzeyine göre düzeltilmiş SUV değerleri ile yapılan birkaç çalışma mevcuttur ve glukoz normalizasyonunun tedavi yanıtı değerlendirme ya da yanıt öngörmede normalizasyon yapılmamış SUV değerlerine göre üstün olduğunu gösteren herhangi bir kanıt bulunmamıştır (26).

Plazma glukoz düzeyini düşürmek amacı ile insülin uygulanabilir, fakat uygulanan insülin tipi ve uygulama yoluna bağlı olarak F-18 FDG enjeksiyonunun ertelenmesi önerilir. Eğer insülin enjeksiyonu ile F-18 FDG enjeksiyonu arasında 4 saatlik interval olamayacak ise kas dokusunda uptake artışına sebep olacağı için kan şekerini düşürmek amacı ile insülin uygulanmamalıdır. Tercih edilecek uygulama yolu subkütan enjeksiyon olmalıdır. Hızlı etkili insülin formları tercih edilmelidir. F-18 FDG çalışması öncesinde önerilmeyen insülin tipleri regüler ya da kısa etkili, orta etkili ve uzun etkili insülin tipleridir. Üst limitin hemen üstündeki glukoz düzeyleri için uygulanabilecek bir diğer yöntem hastayı hidrasyon eşliğinde yürütmektir. Son zamanlarda F-18 FDG enjeksiyonundan önce intravenöz insülin uygulaması tartışılmaktadır ancak henüz etkinliği kanıtlanmamıştır (27).

Diyabet (DM) Tanılı Hastalar:

Oral antidiyabetik ile kontrol altında Tip2 DM olan hastalarda;

- F-18 FDG PET/BT çalışması tercihen sabahın ilerleyen saatlerinde yapılmalıdır.
- Hastalar yukarıda anlatılan açlık kurallarına uymalıdır.
- Hastalar oral antidiyabetik ilaçlarını almaya devam etmelidirler. Eğer intravenöz kontrast ajan uygulanacak ise metformin görüntüleme öncesinde kesilmeli ve 48 saat sonrasına kadar başlanmamalıdır.

Tip 1 ya da insülin bağımlı Tip 2 DM olan hastalarda;

- Hasta ve doktoru ile kooperasyon içinde normal glisemik değerlere ulaşmak için çaba gösterilmelidir.
- F-18 FDG PET/BT planlaması için üç farklı yöntem uygulanabilir;

1. Sabah ileri saatler ya da öğlen saatine planlama yapılabilir. Bu durumda hasta sabah erken saatte (7 civarında) normal kahvaltı yapıp normal doz hızlı ya da kısa etkili insülini uygulayabilir. Sonrasında su dışında herhangi katı ya da sıvı gıda almaz. F-18 FDG hızlı etkili

insülin enjeksiyonundan sonraki ilk 4 saatte ya da kısa etkili insülin enjeksiyonundan sonraki 6 saatte enjekte edilmez. Orta ya da uzun etkili insülin enjeksiyonu sonrasında aynı gün F-18 FDG enjeksiyonu önerilmez. Sabah dozunda orta ya da uzun etkili insülin kullanan hastalarda görüntüleme günü onların yerine sabah dozunun hızlı ya da kısa etkili insülin ile yapılması tercih edilebilir.

2. Sabah erken saate planlama yapılabilir. Bu durumda önceki akşam uygulanan orta etkili insülin F-18 PET/BT çalışmasını etkilemez ve glisemi büyük olasılıkla hala kontrol altında olacaktır. Eğer önceki akşam uzun etkili insülin uygulanmış ise F-18 PET/BT çalışması ile hafif bir etkilenme olacaktır. Bu nedenle eğer sabah erken saate görüntüleme planlanmış ise uzun yerine orta etkili insülin tercih edilmelidir. Hasta F-18 PET/BT çalışmasından sonra normal kahvaltısını yaparak normal dozda insülin uygulayabilir.

3. İnfüzyon pompası kullanan hastalarda PET/BT çalışması mümkünse sabah erken saate planlanmalıdır. İnsülin pompası F-18 FDG enjeksiyonundan en az 4 saat önce kapatılmalıdır. Hasta, PET/BT çalışmasından sonra kahvaltı yaparak insülin pompasını tekrar çalıştırabilir.

Böbrek Yetmezliği

Görüntü kalitesinin suboptimal olabilmesi ve değerlendirme hatalarına açık olmasına rağmen F-18 FDG görüntüleme böbrek yetmezliği olan hastalarda uygulanabilir.

Özel Durumlar

- Sedasyon: Yetişkinlerde F-18 FDG PET/BT çalışması sırasında rutin olarak sedasyon uygulanmasına gerek yoktur. Sedasyon baş boyun tümörleri tanısı olan hastalarda çizgili kas tutulumunu azaltmak amacı ile ya da klostrifobik hastalarda göz önünde bulundurulabilir. Sedasyon uygulanan hastalara araba kullanmaması ve eve bir yakını eşliğinde seyahat etmesi önerilmelidir.
- Kahverengi yağ doku tutulumu: Bu tutulumu azaltmak amacıyla bir seri ilaç (FDG enjeksiyonundan 10 dk önce 5 mg iv diazepam, enjeksiyondan 2 saat önce oral 80 mg propranolol) denenmiştir. Ancak sonuçları tartışmaya açıktır (28,29,30).
- Eğer kalp içinde ya da yakın komşuluğunda bir lezyonun değerlendirilmesi amacı ile F-18 FDG PET/BT yapılacak ise ek diyet önerileri yerinde olacaktır. Miyokarttaki normal glukoz tutulumunu azaltmak için pek çok seçenek olmakla birlikte, en

sık önerilen F-18 PET/BT çalışmasından önceki 24 saatlik sürede ya da en azından oral alım kesilmeden önceki 6 saatlik sürede düşük karbonhidratlı diyet uygulamasıdır (31,32). Düşük karbonhidratlı diyet miyokardın enerji kaynağı olarak glukoz yerine yağ asidi kullanmasını sağlar, böylelikle miyokartta fizyolojik F-18 FDG tutulumu azalır.

- Tüm vücut ya da gövde görüntülemeye beyin F-18 PET/BT çalışması eklenmesi tek doz enjeksiyon ile iki görüntülemenin yapılmasına olanak sağlayabilir. Bu amaçla beyin F-18 FDG PET/BT uygulama rehberine uygun kısa bir görüntüme eklemesi yapılabilir. Tüm vücut F-18 FDG PET/BT çalışması sırasında elde edilen beyin görüntüleri tanısız amaçlı kullanmak için yeterli teknik kalitede değildir. Ek beyin görüntüleme nörolojik ya da psikiyatrik klinik bulguları olan ya da limbik ensefalit gibi paraneoplastik hastalık şüphesi olan durumlarda tercih edilebilir. Bu hastaların pek çoğunda tüm vücut F-18 FDG PET/BT normaldir ve beyin PET/BT fonksiyonel hasar ya da anomalilerin bulunup bulunmadığı (bölgesel enflamasyon, epileptik odak, enflamasyon sonrası defektler) ya da varsa genişliği hakkında bilgi verebilir. Ek beyin F-18 FDG PET/BT görüntüleme tümörü saptanamayan hastalarda da ayırıcı tanı açısından yardımcı olabilir (nörodejenerasyon, toksik ensefalopati, primer nöroenfeksiyonlar). Dahası bu strateji tümör odağı saptanan hastalarda tümörde mevcut aktivite ile beyindeki paraneoplastik etkilerin tedavi yanıtının da eş zamanlı değerlendirilebilmesine olanak sağlar.
- Klinik deneyimler uygun hidrasyonun abdominopelvik tümörü olan hastalarda üriner aktiviteden kaynaklanan değerlendirme problemlerini azalttığını göstermektedir. Eğer hasta görüntüleme öncesinde yeterince hidrate edilir ise geç görüntüleme ya da furosemid uygulaması nadiren gerekir. Bazı merkezler bu durumda üriner kateter uygulaması yapmaktadır. Fakat bu durumda bu işleme bağlı gelişebilecek olası üriner sistem enfeksiyon riski ile daha iyi görüntü kalitesinin sağlanacağına dair fayda arasında denge sağlamak önemlidir. Ek olarak eğer pelvis değerlendirmesi önemli ise BT çalışması kraniyumdan pelvise doğru alınıp ardından PET görüntüleme pelvisten başlayarak yukarıya doğru yapılabilir. Bu protokol pelvisin BT ve PET görüntülemesi arasındaki süreyi minimize ederek iki çalışma arasında mesane

hacminde yalnızca minimal bir değışikliğe neden olur.

- İntravenöz kontrast ajan kullanılarak tanısıl amaçlı BT ile yapılacak PET/BT çalışmalarında endikasyonlar, kontrendikasyonlar ve kısıtlamalar deneyimli bir klinisyen tarafından tetkik öncesi değerlendirilmelidir.
- İntravenöz kontrast ajanlar ile etkileşebilecek ilaçlar ve klinik tanılar göz önünde tutulmalıdır.
- Kontrast ajan uygulamasından önce kontrast ajan toksisitesi için risk teşkil eden tüm hastalarda böbrek fonksiyonları kontrol edilmelidir. Tüm hastalarda rutin kreatinin ölçümü şart değildir; endikasyonlar 60 yaş üstü, var olan böbrek hastalığı ya da hasarı (diyaliz, renal transplant, tek böbrek, renal kanser ya da cerrahi), diyabet öyküsü, medikal tedavi gerektiren hipertansiyon, metformin içeren ilaç kullanımı olarak sayılabilir. Bu risk faktörlerinden birine sahip olmayan hastalara rutin kreatinin ölçümü gerekmez. GFR tek başına kreatinin ölçümüne göre renal fonksiyonları daha iyi yansıtır. Serum kreatinin düzeyi >1,5 mg/dL ve/veya GFR <60 mL/dk olan hastalar nefrotoksosite için yüksek riske sahiptir. Son 4 hafta içinde ölçülen serum kreatinin düzeyi ya da GFR düzeyi pekçok klinik durumda yeterlidir ancak renal disfonksiyon açısından yeni ya da artış gösteren risk faktörü olan hastalarda bu süre kısaltılabilir (33,34).
- Metformin bir oral antidiyabetik ajandır. Eğer intravenöz kontrast ajan kullanılacak ise metformin kesilmeli ve 48 saat sonrasına kadar başlanmamalıdır. Eğer nefrotoksosite riski yüksekse metformin, böbrek fonksiyonları takip edilip normale döndükten sonra yeniden başlanmalıdır. Eğer risk düşük ise böbrek fonksiyonlarının tekrar değerlendirilmesine gerek kalmadan başlanabilir. Bu süre içinde alternatif bir antidiyabetik ajan verilebilir (33,34,35).
- Kontrast ajanlara bağlı yan etki için risk faktörleri belirlenmelidir. Daha önce kontrast ajan alerjisi gelişmiş olması risk faktörlerinin en önemlisidir. Kontrast ajan ilişkili yan etkiler idiyosinkratik (anafilaktoid) ve non-idiyosinkratik olarak sınıflandırılır. Hayatı tehdit eden yan etkiler nadirdir. Premedikasyon tekrarlayan anafilaksi riskini azaltır. Ancak yine de ciddi yan etki öyküsü olan hastalara kontrastsız çekim tercih edilmelidir (33,34,36).

- Abdomen ve pelvisen alınan BT görüntülerinde klinik açıdan gerekli olduğu ve kontrendikasyonu olmadığı durumda oral kontrast ajan uygulanması gastrointestinal sistemin daha iyi görüntülenmesini sağlar. Günümüzde bu amaçla su ya da su bazlı kontrast ajanlar kullanılmaktadır (37). Su, baryumlu kontrast ajanlarla kıyaslandığında barsaklarda daha iyi ya da benzer düzeyde distansiyon ve tanısıl netlik sağlar.
- Klostrofobi, dispne ya da sırt üstü yatmada zorluk gibi nedenler ile çekim sırasında sorun yaşayabilecek hastalar dikkatle değerlendirilmeli ve görüntü kalitesini etkilememesi amacı ile sorunlarının çözülmesi için tüm çaba harcanmalıdır. Çözüm bulunamayan durumlarda çekimin tekrarlanması ya da başka bir güne ertelenmesi gerekebilir. Klostrofobisi olan hastalarda sedatifler uygulanabilir. Görüntü kalitesini etkileyebilecek bu gibi durumlar hataya sebebiyet vermemek amacı ile kayıt altına alınmalıdır.

Radyofarmasötik

Ürün: F-18 florodeoksiglukoz (FDG)

Radyonüklit: Flor-18

Doz/aktivite: Kullanılan cihaza, her yatak pozisyonu için ayrılan süreye ve hastanın ağırlığına göre değişir.

Uygulama yolu: İntravenöz

Doz için öneriler

Her merkezde kullanılan her PET/BT cihazı için uygulanabilecek minimum F-18 FDG dozu ve her yatak pozisyonu için gerekli olan minimum süre belirlenmelidir. Böylelikle daha yüksek dozlarda aktivite uygulayıp çekim süresi azaltılabilir ya da tercihen ALARA prensibi göz önünde tutularak daha düşük dozlar ile çekim süresi uzatılabilir.

Yetişkinlerde uygulanan F-18 FDG dozlarını minimum düzeyde tutmak için her yatak pozisyonundaki akuzisyon süresi, hasta ağırlığı ve önerilen aktivite arasındaki ilişkiye dayanan lineer ve kuadratik olmak üzere iki öneri yer almaktadır (38). Lineer ilişkili yaklaşımda vücut ağırlığı >75 kg olan hastalara daha yüksek aktivite önerilir; böylelikle atenüasyon artışından kaynaklanan düşük sinyal/gürültü oranı (azalmış görüntü kalitesi) kompanse edilir. Alternatif olarak kuadratik ilişkiyi içeren yaklaşımda ise uygulanan doz, hasta vücut ağırlığı ve PET akuzisyon süresi göz önünde tutularak her hasta için hesaplama yapılabilir.

Yeni geliştirilmiş teknolojiye sahip PET sistemlerinde daha düşük F-18 FDG dozları ile görüntüleme yapılabilir (39). Alternatif olarak daha yüksek F-18 FDG enjeksiyon dozları ile daha kısa akuzisyon süreleri sağlanabilir (40,41). Doksan kg üzerinde vücut ağırlığına sahip olan hastalarda F-18 FDG dozunu artırmak yerinde yatak süresini uzatmak önerilmektedir.

Literatürde L(Y)SO dedektör kullanan sistemlerde 90 kg'ın üzerindeki hastalara 530 MBq'den daha yüksek F-18 FDG dozu uygulanması önerilmemektedir (42). Eğer her yatak pozisyonu için akuzisyon süresi ayrı ayrı ayarlanabilir ise toraks ve abdomen dışında kalan alanlarda atenüasyon az olacağı için süre %50'ye varan oranda azaltılabilir. Bu durumda F-18 FDG dozu yine toraks ve abdomen için belirlenen yatak süresi temel alınarak hesaplanmalıdır. Fonksiyonel olarak sürekli hareket ile çalışan sistemlerde ise toraks ve abdomen dışındaki alanlarda hareket hızı iki katına çıkarılabilir.

Her durumda uygulanan F-18 FDG dozu, kullanılan PET/BT sisteminin pik sayım oranı kapasitesinin üzerine çıkmamalıdır. Görüntü kalitesini kabul edilebilir sınırlara çekmek için akuzisyon süresi artırılabilir.

Pediyatrik yaş grubunda F-18 FDG PET/BT hazırlık ve çekim parametreleri ilgili çalışma grubu tarafından ayrı bir kılavuz olarak yayınlanacaktır.

F-18 FDG ve kontrast ajan hazırlaması ve uygulaması için kullanılan malzemeler:

1. Tartı cihazları ve boy ölçüm ekipmanları: Yılda en az birkez kontrol edilmeli ve kalibrasyonları yapılmalıdır.
2. Programlanabilir kontrast ajan enjeksiyon sistemleri: İntravenöz kontrast ajan enjeksiyonu yapılacak ise gereklidir. Eğer yalnızca serum enjeksiyonu yapacak sistem var ise kontrast ajan manuel olarak enjekte edilebilir. Ancak bu durumda iki fazlı protokoller uygulanamaz.
3. İlk yardım ekipmanları ve medikasyonları: İntravenöz kontrast ajan enjeksiyonu yapılacak ise mutlaka hasta başında bulunmalıdır.
4. F-18 FDG manuel olarak uygulanacak ise; kan şekere bakıldıktan sonra yerleştirilecek bir damar yolu kateteri ile uygulama yapılır. Sonrasında enjektörde mümkün olan en düşük dozda F-18 FDG kaldığından emin olunmalıdır. Ardından en az 10 mL normal salin ya da glukoz içermeyen herhangi bir intravenöz mayi ile damar yolu yıkanmalıdır.
5. Otomatik enjeksiyon sistemi kullanılacak ise; kullanılan sistemin %3 doğruluk ile istenilen F-18

FDG aktivitesini uygulayabilmesi gerekir. Bu bilgi üretici firma tarafından sağlanıyor ve kullanıcı tarafından da doğrulanabiliyor olmalıdır.

F-18 FDG Uygulaması ve Çekim Öncesi Hazırlık:

1. F-18 FDG enjeksiyonu ile ilgili bir sorun ya da ekstrasvazyona ilişkin enjeksiyon bölgesinde belirgin bir tutulum var ise not edilmelidir.
2. F-18 FDG enjeksiyonu sonrasında uygulanan sistem ve/veya damar yolu kateterleri sonrasında intravenöz kontrast ajan enjeksiyonu amacı ile kullanılamayacak ise çıkarılabilir.
3. Damar yolu kateterinde kalan aktivite miktarı enjekte edilen net aktivitenin doğru hesaplanması amacı ile ölçülmelidir.
4. Bekleme odasının ortam sıcaklığı ve koşulları hastaların streten uzak beklemelerine uygun olmalıdır.
5. Bekleme sırasında hastaların oturarak ya da uzanarak beklemesi ve konuşmaması istenmelidir. Bu arada tuvalete gidebilirler. Ayrıca PET/BT çekimi başlamadan 5 dk önce mesaneyi boşaltabilmek amacı ile tuvalete gitmeleri istenmelidir.
6. Eğer beyin PET görüntüleme yapılacak ise hazırlıkta ek öneriler gereklidir. FDG enjeksiyonu yapılmadan önceki dakikalarda ve uptake fazı boyunca (en az 20 dk) hasta loş bir odada sessiz ve rahat bir ortamda bekletilmelidir. Hastaların mümkünse gözlerini kapalı tutmaları, konuşmamaları ve okumamaları tavsiye edilmelidir. Damar yolu kateteri F-18 FDG enjeksiyonundan 10 dk önce yerleştirilmelidir.
7. Mesanede mevcut yoğun üriner aktivite pelvis ve retroperitonun değerlendirmesini etkileyebilir. Bu nedenle bekleme süresi boyunca hastanın en az 500 mL su tüketmesi önerilir. Eğer hasta oral yol ile bu miktarda sıvı alamıyor ve herhangi bir kontredikasyonu yok ise, bu sıvı intravenöz yol ile uygulanabilir. Nadiren gerekli olsa da bazı durumlarda loop diüretikleri uygulanabilir.
8. F-18 FDG enjeksiyonu ile görüntülemenin başlaması arasında önerilen süre 60 dakikadır. Ancak hastanın tanısı ve çalışmanın amacına göre bu süre değişiklik gösterebilir. Böyle bir değişiklik yapıldı ise raporun görüntüleme protokolü kısmında belirtilmelidir. SUV ölçümlerinin doğruluğu için uptake süresinin doğru belirlenmesi çok önemlidir. Altmış dakika optimal süre olmakla birlikte 55-75 dakika kabul

edilebilir aralık içerisinde (43). Tedavi yanıtının değerlendirilmesi amacı ile tekrarlanan F-18 PET/BT çalışmaları yapıldığında uptake süresinin 10 dakikalık interval içinde benzer olması önem teşkil eder. Ayrıca aynı hastada tekrarlanan çalışmaların aynı PET/BT sistemi ve benzer görüntüleme ve rekonstrüksiyon parametreleri ile yapılması önerilir.

Protokol/Görüntü Elde Edilmesi

PET Görüntüleme:

- Hastanın PET/BT sistemine kaydı sırasında konsola tüm bilgilerin doğru girildiğinden emin olunmalıdır. Bu bilgiler hastanın boyu, vücut ağırlığı, uygulanan radyofarmasötik adı, uygulanan net aktivite miktarı, ölçüm zamanı, enjeksiyon zamanını içermelidir. Eğer bu bilgilere PET/BT sisteminden ulaşılamayacak ise bilgiler hasta raporunda da yer almalıdır.
 - Aksiyal Görüntüleme Alanı: Pek çok onkolojik durumda kafa tabanından uyluk orta kesimine kadar görüntüleme yeterlidir. Gerekli ise tüm vücut daha geniş görüntüleme yapılabilir. Tüm vücut görüntüleme kranyuma, beyine ve alt ekstremitelere metastaz olasılığı yüksek olan tümörlerde önerilir. Baş ve beyin metastaz olasılığı yüksek ancak alt ekstremitelere metastaz olasılığı düşük olan malignitelere beyin görüntülemenin eklendiği genişletilmiş gövde görüntüleme yeterli olacaktır (44). Belirli bir bölgeye sınırlı hastalık (SPN, şüpheli akciğer Ca, hiler lenf nodu, baş boyun tümörleri, tedavi yanıtı) durumunda takip çalışmalarında bölgesel ek görüntüleme yapılabilir.
 - Hastanın kolları abdomen ve pelvis görüntülerinde beam-hardening artefakta ya da trunkasyon artefaktına sebep olmaması için yukarıya kaldırılarak başının üstünde yatırılır. Eğer hasta kollarını yukarı kaldıramıyor ise tek kolu yukarıda kalarak diğeri yanında uzatılarak ya da her iki kolu bedeninin yanlarında uzatılarak yatırılabilir. Genişletilmiş BT görüntüleme alanı (FOV) içeren sistemlerde trunkasyon izlenmeden hastanın kolları konforlu bir şekilde yanda uzatılabilir.
 - Baş-boyun malignitesi olan hastalarda ek poz alınması istenmiyor ise iki basamaklı görüntüleme yapılabilir;
1. Kollar yanda iken baş-boyun görüntülemesini takiben;

2. Kollar yukarıda toraks apeksinden uyluk orta kesime kadar görüntüleme.

- Eğer PET/BT görüntüleri radyoterapi planlama amacı ile kullanılacak ise radyoterapi uygulaması sırasında kullanılan pozisyonlama aparatları kullanarak görüntüleme yapılmalıdır (12). Radyoterapi planlama için alınan PET/BT görüntülerinde respiratuvar gating gerekebilir.
- Genelde F-18 FDG PET/BT görüntüleme, bir sinogram/skout görüntüleme/topogram ve atenüasyon düzeltmesi ve anatomik korelasyon için alınan bir düşük doz bir BT'yi (BT-AK) içeren bir protokol şeklinde uygulanır.
- BT-AK görüntüleme hasta yüzeysel devamlı solunuma devam ederken elde edilir. Altı ya da daha az halkalı BT sistemlerinde toraks ve üst abdomen görüntüleme sırasında normal ekspirasyon sonrasında nefes tutulan bir protokol kullanılabilir.
- Gerekli ise iv kontrast ajan ile tanısal bir BT görüntüleme yapılabilir. Tanısal BT eşliğinde uygulanabilecek PET/BT protokolleri aşağıda verilmiştir.
- Hasta görüntüleme merkezinden ayrılmadan teknik olarak yeterli olup olmadığını görmek, ek görüntülemeye ihtiyaç olup olmadığını belirlemek ve hastanın klinisyenine acil ulaşmayı gerektiren bir bulgu olup olmadığını anlamak amacı ile elde edilen PET/BT görüntüleri gözden geçirilmelidir.

PET/BT Çalışmaları için Kullanılabilecek BT Protokolleri

- F-18 FDG PET/BT çalışmaları sırasında elde edilen BT görüntüleri tipik olarak bir topogram ve tek ya da çoklu helikal BT görüntülerini içerir.
- BT akuzisyon parametreleri çalışmanın amacı göz önünde bulundurularak seçilmelidir. Parametreler hastanın radyasyon maruziyetini minimumda tutarken gerekli tanısal bilgiyi sağlamak için de yeterli olmalıdır.
- Günümüzde bazı PET/BT sistemleri iteratif rekonstrüksiyon yöntemi kullanan ultra düşük doz BT sistemleri içermektedir.
- Tanısal kontrastlı BT görüntülemeleri, ilgili uygulama rehberlerinde önerilen parametreler ile uygulanmalıdır. Tüp akım değeri metalik implantı olmayan hastalarda hastanın radyasyon dozunu azaltmak amacı ile ayarlanabilir. Klinik gerekçeye göre oral ya da iv kontrast ajan uygulanabilir. Tanısal BT'yi ilgili vücut bölgesinden alarak ardından atenüasyon düzeltmesi ve anatomik lokalizasyon

için tüm vücut düşük doz BT görüntülerinin alınması daha uygun olacaktır. Pek çok klinik durumda önce tüm vücut düşük doz BT ile başlayıp sonrasında saptanan bulgulara göre ek tanısal BT görüntüsü alınacak bölgeye karar vermek daha uygundur.

- Yüksek konsantrasyonda oral ya da iv kontrast madde, PET görüntülerinde atenüasyon düzeltmesi sırasında artefakta neden olarak kantitasyonu etkileyebilir. İv kontrast ajanın atenüasyon düzeltmesi üzerine etkisinin denge ya da venöz fazda alınan BT görüntülerinde kabul edilebilir düzeyde olduğu öngörülmektedir. Bu nedenle arteriyel faz BT akvizisyonlarından kaçınılmalıdır. İleri kantitasyon gerekmeyen PET/BT çalışmalarında vizüel görüntü kalitesi ve değerlendirmeye etkisi kabul edilebilir düzeyde olduğu için iv kontrast ajan PET/BT çalışması sırasında direkt olarak uygulanabilir. Ancak toraks BT çekimi esnasında yapılan derin inspirasyon ciddi düzeyde misregistration artefaktlarına neden olacağı için düşük doz BT yerine bu data kullanılır ise kabul edilemez düzeyde artefaktlar ortaya çıkabilir. Bu nedenle PET çalışması sırasında atenüasyon düzeltmesi için sürekli yüzeysel solunum sırasında alınan düşük doz ya da aynı koşullarda alınan kontrastlı toraks BT görüntüleri kullanılmalıdır.
- Oral ya da iv pozitif kontrast ajanın varlığı BT atenüasyon haritasını minimal etkilese de SUV kantitasyonunu etkiler (45). Eğer SUV kantitasyonu öncelik teşkil ediyor ise BT sırasında kontrast ajan kullanımından kaçınılmalıdır. Ancak bazı klinik durumlarda kontrast ajanın vereceği klinik bilgi SUV hesaplamasındaki hatadan daha değerli olabilir. Kontrast ajan SUV hesaplamasında yaklaşık < %10'luk etkiye sebep olmaktadır. Bu nedenle her çalışmada uygulanacak yaklaşım kişiselleştirilmelidir. Ayrıca aynı hastada farklı zamanlarda yapılacak PET/BT çalışmalarında aynı yaklaşımın uygulanması önerilir. Tanısal kontrastlı BT'nin her PET/BT çalışmasında endike olmadığı hastalarda aşağıda tanımlanan 1, 2a ve 2b numaralı stratejiler uygulanabilir.

Yöntem 1:

BT yalnızca atenüasyon düzeltmesi ve anatomik lokalizasyon amacı ile kullanılacak ise sıralama şu şekilde olmalı;

1. BT topogram,
2. Düşük doz BT,
3. PET görüntüleme.

Yöntem 2:

Kontrastlı tanısal BT gerekli ise, aşağıdakilerden biri uygulanabilir.

- Yöntem 2a:

1. Yöntem 1'i uygula,
2. Gerekli olan bölgeden iv kontrast ile ek tanısal BT görüntüleme yap.

- Yöntem 2b:

1. Gerekli olan bölgeden iv kontrast ile tanısal BT görüntüleme yap,
2. Kontrast ajanın kan havuzunda dilüe olması için en az 60 sn bekleme süresinden sonra Yöntem 1'i uygula.

-Yöntem 3:

1. BT topogram
2. Kontrast ajan enjeksiyonundan 20 sn sonra başlatılan derin inspirasyonda toraks BT (atenüasyon düzeltmesi ya da füzyon amacı ile kullanılmaz),
3. Toraks BT'den 45 sn sonra (denge ya da venöz faz) düşük doz tüm vücut BT,
4. PET görüntüleme.

-Yöntem 4

1. BT topogram
2. Kontrast ajan enjeksiyonundan 20 sn sonra başlatılan derin inspirasyonda toraks BT (atenüasyon düzeltmesi ya da füzyon amacı ile kullanılmaz),
3. Toraks BT'den 45 sn sonra (denge ya da venöz faz) tanısal tüm vücut BT,
4. PET görüntüleme.
5. İdeal koşullarda iv kontrast ajan programlanabilir bir enjektör sistemi ile 20Gx1,16" kateter kullanılarak 2,5 mL/s hızda tercihen ön koldan enjekte edilir. Eğer kateter farklı bir bölgeye yerleştirilir ise kateter boyutu, infüzyon hızı ve süresi değişkenlik gösterebilir.

6. Gastrointestinal sistemin daha iyi seçilebilmesi için oral kontrast ajan olarak pozitif (dilüe baryum vb.) ya da negatif (su vb.) ajanlar kullanılabilir (46). Yüksek konsantrasyonda baryum ya da iyotlu kontrast ajanlar PET görüntülerinde atenüasyon artefaktlarına sebep olarak bu bölgelerde SUV değerlerinin olduğundan yüksek çıkmasına yol açabilir. Negatif kontrast ajanlar bu artefaktları önler. Ancak suyun tek başına bir negatif kontrast ajan olarak kullanılması hızlı reabsorbsiyona yol açarak barsakta non-spesifik FDG tutulumunun artışına neden olur (47). Eğer F-18 FDG PET/BT çalışmasında kantitasyon önemli ise dilüe kontrast ajan kullanılması önerilir. Oral kontrast ajanın konsantrasyonu kullanılan kontrast ajan, PET/BT sistemi ve görüntü rekonstrüksiyon

yazılımına bağlı olarak atenüsyon artefaktı oluşmasını engelleyecek düzeyde olmalıdır.

7. Hastanın BT ve PET görüntüleme sırasında aynı pozisyonda yattığından emin olunmalıdır. Eğer sistem genişletilmiş görüntü alanı kapasitesine sahip ise trunkasyon artefaktlarını engellemek için bu seçenek tercihen kullanılmalıdır.

8. Metal implantlar BT görüntülerinde çeşitli artefaktlara sebep olur. Metal artefakt azaltma teknikleri bu etkileri en aza indirebilir. Bu teknikler kullanılsa dahi metal implantların yakınlarındaki PET görüntü kalitesini ve kantitasyonunu etkileyeceği unutulmamalıdır. Metal obje yakınında ya da çevresinde izlenen F-18 FDG tutulumları atenüsyon düzeltmesi yapılmamış PET görüntüleri değerlendirilerek doğrulanmalıdır.

9. Görüntüleme bittikten sonra hasta henüz nükleer tıp ünitesinden ayrılmadan önce alınan görüntünün nükleer tıp hekimi tarafından teknik uygunluk açısından değerlendirilmesi önerilir. Böylelikle örneğin solunum hareketi nedeni ile akciğer bazalinde mevcut lezyonlar ya da intestinal sistem gibi hareketli organlarda izlenen şüpheli aktivite birikimlerinin doğru yorumlanabilmesi için gerekirse dual faz görüntüleme ya da ek bölgesel görüntüleme yapılabilmesine olanak sağlanmış olur.

Tuzaklar

- Günümüzdeki PET/BT sistemlerinin çoğunda BT tarayıcısının görüş alanı PET tarayıcısına göre daha küçüktür. BT görüntülerindeki kesilme rekonstrüksiyon artefaktlarına ve PET çalışmasının kantitasyonunda hatalara sebep olur. Eğer varsa görüntü rekonstrüksiyonu sırasında kesilme düzeltme algoritmaları uygulanabilir. Kesilme miktarı çalışmalar ve hastalar arasında farklılık gösterebileceği için, çalışmalar ve hastalar arasında doğru kantitasyon yapıldığından emin olmak zordur. Bu nedenle BT görüntülerindeki kesilmenin önlenmesi önerilir. Eğer mümkünse genişletilmiş BT ve PET görüş alanları tercih edilmelidir.
- PET/BT ünitelerinde doz kalibratörleri de dahil tüm saatlerin senkronize olduğu düzenli olarak kontrol edilmelidir. Saatlerin 1 dakikalık zaman diliminde lokal saate göre senkronize olması istenir.

Görüntü Rekonstrüksiyonu

PET emisyon datası geometrik yanıt ve dedektör etkinliği (normalizasyon), sistem ölü zamanı, random coinsidans, saçılım ve atenüsyon açısından düzeltilmelidir.

- Kantitatif görüntü eldesi için gerekli tüm düzeltmeler rekonstrüksiyon işlemi sırasında yapılmalıdır.
- Matriks boyutu ve büyütme faktörü herhangi bir yönde voksel boyutu 3,0-4,0 mm içinde olacak şekilde seçilmelidir.
- Varsa rekonstrüksiyon sırasında time of flight bilgisi kullanılmalıdır.
- Rezolüsyon modellemesi ya da diğer yeni rekonstrüksiyon ya da görüntü işleme yöntemleri kullanılabilir. Çok merkezli çalışmalarda standardize edilen ya da harmonize edilen PET/BT sistemlerinin performans bilgilerine göre ek filtreleme işlemleri yapılabilir. Çok merkezli standartlar sağlanamıyor ise FDG tutulumunun kantitasyonu için rekonstrüksiyon yöntemleri kullanılmamalıdır.
- Atenüsyon düzeltmesi kullanılarak ve kullanılmayarak yapılan rekonstrüksiyonları birlikte uygulamak atenüsyon BT-AK nedeni ile oluşabilecek potansiyel rekonstrüksiyon artefaktlarını tanımak açısından iyi bir klinik uygulama olacaktır. Atenüsyon düzeltmesi yapılmış (PET-AK) ve atenüsyon düzeltmesi yapılmamış (PET-NAK) görüntülerin birlikte mevcut olması yüksek atenüsyona sebep olabilecek materyaller komşuluğunda PET-AK görüntülerinde izlenen lezyonların PET-NAK görüntülerinde konfirme edilebilmesine olanak sağlar.

BT Görüntülerinin Rekonstrüksiyonu

• PET/BT sırasında elde edilen BT görüntüleri genellikle filtre edilmiş geri projeksiyon yöntemi ile oluşturulur. PET/BT sisteminde mevcut ise iteratif rekonstrüksiyon yöntemi de uygulanabilir. BT protokolüne ve klinik duruma göre ayrı BT rekonstrüksiyonları kullanılabilir. BT rekonstrüksiyonları kesit kalınlığı, kesit üst üste binmesi ve filtre gibi parametrelere göre değişiklik gösterir. Kesit içindeki görüntü karakteristiklerini ayarlayan rekonstrüksiyon kerneline ek olarak, z boyutunda da longitudinal bir filtre aksiyel düzlemde rezolüsyonu ayarlamak amacı ile uygulanır. Ölçülen atenüsyon değerleri su dansitesine göre normalize edilerek cihazdan bağımsız bir sayısal değer elde edilir.

BT değeri = Hounsfield ünitesi = $1,000(\mu - \mu_{su})/\mu_{su}$

• Modern BT sistemlerinde z boyutundaki uzaysal rezolüsyon da nerede ise transaksiyel rezolüsyon kadar yüksektir ve böylelikle yüksek kalitede koronal ve sagittal görüntüler elde edilebilir.

Görüntü Analizi ve Değerlendirme

SUV Hesaplamaları

Görüntüler füzyon PET ve BT datasını görüntüleyebilen ve SUV ölçümü yapabilen bir yazılım ile değerlendirilmelidir. Görüntü değerlendirmede kullanılan monitör radyoloji ve nükleer tıp klinik uygulamaları için onaylı olmalıdır. Görüntüler onaylı bir PACS sisteminde DICOM formatında depolanmalıdır. F-18 FDG PET görüntüleri atenüasyon düzeltilmesi yapılarak ve yapılmayarak kaydedilmelidir. Tüm kesitlerde (atenüasyon düzeltilmesi yapılmış) izlenen F-18 FDG tutulumunun kantitatif değeri ve boyutu ölçülebilmelidir.

PET görüntüleri özellikle fokal anormal F-18 FDG tutulumu olup olmadığı varsa yoğunluğu ve anatomik boyutu ile birlikte değerlendirilmelidir. Eğer uygunsuz PET/BT bulguları diğer tanısal testlerin bulguları ile korele olarak değerlendirilmeli ve raporlanmalıdır. Tedavi yanıtı değerlendirilecek ise tedavi öncesi ve sonrası görüntüler aynı gri skala ve renkli skala kullanılarak değerlendirilmelidir. Hasta hareketi, kontrast ajanlar ya da metalik implantlar nedeni ile oluşabilecek artefaktları değerlendirmek amacı ile atenüasyon düzeltilmesi yapılmış ve yapılmamış görüntülerin her ikisini de değerlendirmek gereklidir. Görsel değerlendirme yanında SUV ölçümleri klinik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. SUV, tümördeki tutulumun dağıldığı hacme göre normalizasyonunu gösteren bir sayısal değerdir.

$SUV = \frac{T \text{ zamanında dokudaki radyoaktivite konsantrasyonu} / [\text{Enjekte edilen doz (MBq)} / \text{vücut ağırlığı (kg)}]$ şeklinde hesaplanır.

Literatürdeki basılı bilginin büyük kısmı vücut ağırlığına göre normalize edilmiş SUV değerini kullanır. Yağsız vücut kitlesine göre normalize edilen SUV değeri SUL olarak adlandırılır (48).

SUL şu şekilde hesaplanır;

$SUL = \frac{\text{Aktivite}^{VOI} (\text{kBq/mL}) / \text{Aktivite}^{\text{uygulanan}} (\text{MBq})}{\text{yağsız vücut kitlesi (kg)}}$

SUL değerinde plazma glukoz düzeyine göre düzeltme yapılacak ise şu formül kullanılır;

$SUL_{glu} = \frac{\text{Aktivite}^{VOI} (\text{kBq/mL}) \times \text{Glukoz}^{\text{plazma}} (\text{mmol/L})}{\text{Aktivite}^{\text{uygulanan}} (\text{MBq}) / \text{yağsız vücut kitlesi (kg)} \times 5,0 (\text{mmol/L})}$

Yağsız vücut kitlesi (LBM) ise şu şekilde hesaplanır (49);

$LBM^E = 9,270 \times \text{vücut ağırlığı} / (6,680 + 216 \times \text{beden kitle indeksi})$

$LBM^K = 9,270 \times \text{vücut ağırlığı} / (8,780 + 244 \times \text{BKİ})$

SUV değerinin sonradan normalizasyonuna olanak sağlayabilmek için hastanın cinsiyeti, boyu ve vücut ağırlığı bilgileri hasta raporunda yer almalıdır. SUL özellikle tedavi yanıtının değerlendirileceği ve iki çalışma arasında vücut ağırlığında belirgin değişiklik olan hastalarda önerilmektedir. Daha önce belirtildiği üzere eğer plazma glukoz düzeyine göre SUV normalizasyonu yapılacak ise plazma glukoz düzeyi mutlaka geçerliliği kanıtlanmış bir yöntem ile ölçülmelidir.

VOI Belirlenmesi

Tüm çalışmalarda tanımlanan her lezyon için maksimum SUL ya da SUV değeri (SUL_{max} , SUV_{max}) belirlenmelidir. Bu değerler en yüksek tutulum izlenen lezyonun tek bir vokseli içindeki değeri gösterir. Maksimum tutulum rekonstrükte edilmiş PET görüntüleri üzerinden herhangi bir manipülasyon yapılmadan belirlenmelidir.

SUV değerleri lezyonun tüm boyutlardaki ortalama değerleri maksimize edebilen 1,2 cm çaplı (1,0 mL hacimde) bir 3 boyutlu sferik VOI kullanılarak da hesaplanabilir.

Total lezyon glikolizi (TLG) ve metabolik tümör volümü (MTV) son zamanlarda ilgi odağı haline gelmiştir ve bu parametrelerin ve onlardaki değişikliğin prognostik ve/veya prediktif değere sahip olduğu iddia edilmektedir. Eğer ölçülmüş ise bu parametreler de raporlanmalıdır. Bu ölçümler FDG tutan lezyonların 3 boyutlu segmentasyonunu gerektirir. Bu amaçla SUV_{max} ya da SUL_{max} 'ın yüzde kesme değerleri ile 3 boyutlu VOI'ler çizilir. TLG ve MTV hesabı için şu iki izokontür VOI ölçümleri önerilir;

- Maksimum piksel değerinin %41'inden çizilen 3 boyutlu izokontür VOI (VOI41)
- Maksimum piksel değerinin %50'sinden çizilen 3 boyutlu izokontür VOI (VOI50)

MTV belirlenen kesme değerinin üzerindeki VOI hacmini temsil eder. VOI41 için MTV41, VOI50 için MTV50 belirlenmiş olur. TLG ise VOI değerinin içindeki ortalama SUV ya da SUL (SUV_{mean} , SUL_{mean}) değerlerinin MTV ile çarpımı ile hesaplanır. Aynı hastanın farklı zamandaki çalışmalarını karşılaştırırken SUL, TLG ve MTV'deki değişimler her çalışmada aynı yöntem ile belirlenmiş VOI'ler ile hesaplanmalıdır.

VOI41 kullanılarak çizilen izokontürler gerçek tümör boyutunu en iyi yansıtır ancak bu durum tümör zemin aktivite oranı yüksek ve homojen tutulumla sahip tümörler için geçerlidir. VOI41 yöntemi görüntü,

tümör aktivite tutulumunun heterojen olması ve tümör zemin aktivite oranının düşük olması nedeni ile bazen uygun olmayabilir. Bu durumlarda VOI50 kullanılması önerilmektedir.

Semiotomatik VOI çizimleri sırasında zemin aktivitenin yüksek olduğu alanlarda ya da komşuluğunda mesane, kalp gibi yüksek tutulum izlenen lezyonlarda, lezyonun tutulum düzeyi de düşük ise güvenilir bir VOI oluşturmak mümkün olmayabilir. Bu nedenle semiotomatik çizilen VOI'ler mutlaka görsel olarak kontrol edilmelidir. Dahası heterojen tutulum gösteren lezyonlarda bu VOI'ler lezyonun yalnızca metabolik olarak en aktif kısmını çezebilir. Eğer bu gibi VOI'nin güvenilir olmadığı ya da görsel olarak izlenen lezyonu yansıtmadığı düşünülüyorsa ise yalnızca SUV ve SUL ya da üç boyutlu SUV_{peak} ya da SUL_{peak} değerleri ölçülmelidir.

FDG Fizyolojik Dağılımı ve Değerlendirme Kriterleri

İv enjeksiyondan yaklaşık 60 dk sonra beyinde, kalpte, böbreklerde ve üriner sistemde fizyolojik F-18 FDG tutulumu izlenir (50). Beyin enjekte edilen dozun yaklaşık %7'si ile yüksek oranda F-18 FDG tutulumu gösterir. Tipik açlık durumunda miyokart primer olarak yağ asitlerini kullanırken glukoz yüklenmesi durumunda yağ asidi yerine karbonhidrat kullanır. Açlık durumunda teorik olarak miyokardın F-18 FDG tutulumu düşük olmalıdır ancak klinik pratikte değişik düzeyde tutulum izlenmektedir. Ayrıca glukozdan farklı olarak F-18 FDG üriner ekskresyon gösterir. Çizgili kaslarda da egzersiz ve serum insülin düzeylerine bağlı olarak değişik düzeylerde F-18 FDG tutulumu izlenir. Gastrointestinal sistemdeki tutulum düzeyi hastadan hastaya değişkenlik gösterir ve metformin kullanımı gibi durumlarda artış gözlenir. Waldeyer halkası ve terminal ileum ve çekumdaki lenfoid dokularda FDG tutulumu sıklıkla görülür. Çocuk ve genç hastalarda fizyolojik timik tutulum sıklıkla izlenir. Genç hastalarda ve düşük hava sıcaklıklarında kahverengi yağ dokusunda fizyolojik tutulum izlenir. Serbest F-18 florid kontaminasyonu olmadığı sürece kemik dokusunda fizyolojik F-18 FDG tutulumu izlenmez, fakat kemik iliğinde büyüme hormonu alan hastalarda, enfeksiyon, enflamasyon ya da anemi gibi kemik iliği aktivasyonu yapan durumlarda ya da kemoterapiyi takiben değişik düzeylerde tutulum izlenebilir.

- Fizyolojik tutulumun yüksek olması nedeniyle F-18 FDG PET/BT beyin metastazlarının değerlendirilmesinde sınırlı yere sahiptir. Özellikle beyin metastazlarının primer tanısında ve dışlanmasında kullanımı önerilmez.

- Artmış F-18 FDG tutulumu pek çok neoplastik lezyonda, granülasyon dokusunda, enfeksiyonda ve enflamatuvar süreçte izlenir. Yanlış pozitif tutulumla ve hataya sebep olabilecek ve yalnızca negatif sonuç verebilecek nedenler detaylı olarak yayınlanmıştır (21). Ek 1'de bu nedenler liste halinde sıralanmıştır.
- F-18 FDG tutulum paterninin BT bulguları, hasta öyküsü, fizik muayene bulguları ve diğer görüntüleme yöntemleri ile birlikte değerlendirilmesi malign ve benign lezyonların ayırımı açısından yardımcı olacaktır.
- SUV ve ilişkili MTV ve TLG gibi diğer parametrelerin tedavi yanıtının değerlendirilmesi ve prognoz tayininde kullanımına dair kanıt düzeyi artmaktadır (5,43,51,52).
- Anormal tanımlaması için F-18 FDG tutulum düzeyi çevre dokular ve tümör arasındaki kontrasta bağlı olacağı için tek bir SUV alt limit değeri bulunmamaktadır. Bu kontrast pek çok patofizyolojik faktör ile ilişkilidir, en önemlileri tümör histolojisi, canlı tümör hücrelerinin hacmi, statik akuzisyon sırasındaki hareket ve çevre zemin aktivitenin yüksekliğidir. Ayrıca F-18 FDG PET/BT'nin duyarlılığı plazma glukoz düzeyi yüksek olan diyabetik hastalarda azalabilir (52).
- Her ne kadar kemoterapi ile F-18 FDG PET/BT arasındaki optimum interval için kesin bir bilgi olmasa da, en az 10 günlük interval tedavi yanıtı değerlendirmesi için yeterli kabul edilir (20). Bu süre tümör metabolizması (makrofaj aktivitesi vb.) ile sistemik etkilerin (kemik iliği aktivasyonu vb.) dengelenmesi için gereklidir. Eğer 10 günlük interval sağlanamayacaksa son kemoterapi uygulamasından sonra mümkün olan en uzun süre beklenmelidir.
- Büyüme faktörlerinin F-18 FDG dağılımı üzerine etkisi son uygulamadan sonra genellikle 2 hafta sonrasına kadar devam eder.
- Radyoterapi ilişkili yan etkilerin daha uzun süreli olduğu kabul edilir. Baş boyun maligniteleri nedeni ile radyoterapi uygulanan hastalarda tedavi sonrası 2-3 ay sonrasına kadar F-18 FDG PET/BT'de radyasyon ilişkili enflamasyon izlenebilir (53,54). Radyoterapinin tamamlanmasından sonra F-18 FDG PET/BT için 2 ya da 3 ay beklemek, bu süre içinde nadiren klinik progresyon izleneceği de göz önünde tutulduğunda uygun gibi görünmektedir. Güncel SUT geri ödeme endikasyon listesinde primer

tümörün lokalizasyonuna bakılmaksızın radyoterapi yanıtının değerlendirilmesi amacı ile F-18 FDG PET/BT çekilebilmesi için tedavi tamamlandıktan sonra en az 3 ay geçmesi istenmektedir.

- Cerrahi girişim geçiren hastalarda F-18 FDG tutulumunun düzeyi cerrahinin büyüklüğü, yara yerinde enfeksiyon-enflamasyon bulunup bulunmaması ve girişimin üzerinden ne kadar süre geçtiği ile ilişkilidir. Örneğin mediastinoskopi sonrası 10. günde birkaç küçük bulgu izlenirken, sternotomi sonrası aylar boyunca bulgular sebat eder. Cerrahi sonrası gelişen enflamasyon nedeni ile tetkik primer cerrahi bölgesini değerlendirmek amacı ile yapılacak ise F-18 FDG PET/BT'nin en az 6 ay sonrasına kadar ertelenmesi önerilir.
- F-18 FDG PET/BT tanısal amaçla yapılıyor ise uygun klinik bulgular eşliğinde fokal artmış aktivite birikimine bakılarak görsel değerlendirme kullanılır. SUV ölçümünün farklı metodolojiler kullanıldığı da göz önünde bulundurulduğunda hasta değerlendirmesine katkısı net değildir. Ancak özellikle çok merkezli çalışmalarda kantitatif değerlendirme için F-18 FDG PET/BT görüntüleme yöntemlerinin uyumunun sağlanması önemlidir.
- Karaciğer Tutulumunun Değerlendirilmesi

F-18 FDG PET/BT çalışmasının kalitesinin değerlendirilmesi için karaciğer SUV ya da SUL ölçümü kullanılabilir. Karaciğer ölçümleri karaciğer sağ lob üst kesimden organ sınırları ya da varsa malign odaktan uzakta olacak şekilde çizilen 3 cm çaplı bir sferik VOI ile hesaplanabilir. Karaciğer SUL değerleri için kabul edilebilir sınırlar 1,0 ile 2,2, SUV değerleri için ise 1,3 ile 3,0 arasındadır. Ölçülen SUL ya da SUV değerlerinin rapor içinde tercihen belirtilmesi önerilir. Sınır değerler dışında ölçülen karaciğer SUL ya da SUV değerleri yanlış FDG enjeksiyonu, teknik sebepler, ya da yanlış ölçümden kaynaklanabilir.

Mediasten Tutulumunun Değerlendirilmesi

Mediasten tutulumunun değerlendirilmesi fizyolojik ya da normal tutulum düzeyinin tanımlanması açısından önemlidir. Son yıllarda lenfomalarda tedavi yanıtının interim değerlendirmesi yaygınlaşmaktadır. Torasik aorta içine damar duvarını içine almayacak şekilde çok sayıda VOI çizilerek damar içindeki ortalama tutulum düzeyi hesaplanır. Kan havuzu için ölçülen SUL değerlerinin 1,2, SUV değerinin ise 1,6 civarında olması beklenir.

Raporlama

Rapor görüntüyü değerlendiren nükleer tıp hekimi ile hastayı refere eden klinisyen arasında iletişimi sağlayan ve hasta yaklaşımında önemli değişikliklere sebep olabilecek ana belgedir. Ciddi morbiditeye neden olabilecek acil klinik bulguların varlığında hastayı refere eden klinisyen ile direkt ve sözlü iletişime geçmek gerekebilir. Bu durum için tipik bir örnek patolojik fraktür riski yüksek olan lezyonlar olabilir.

Rapor içeriği

Hasta sonuç raporları hastanın adı, hastane kayıt numarası, doğum tarihi ve cinsiyet bilgilerini mutlaka içermelidir. Yapılan görüntüleme çalışmasının adı ve uygulama tarihi de yer almalıdır. Hastanın boyu, vücut ağırlığı, tanısı ve PET/BT çekim gerekçesini içeren klinik bilgilere yer verilmelidir. Mevcut ise tanı ile ilişkili kısa bir klinik bilgiye yer verilebilir. İlişkili olabilecek tanısal tetkikler ve görüntüleme bulguları özetlenebilir. Ayrıca raporda SUT endikasyonuna uygun olarak geri ödeme için gerekli bilgiler de yer almalıdır.

Karşılaştırmalı değerlendirme yapılıyor ise karşılaştırılan tetkikin tarihi ve adı yer almalıdır. F-18 FDG enjeksiyonu öncesi ölçülen plazma glukoz düzeyi belirtilmelidir. Çalışmaya özel olarak kullanılan radyofarmasötüğün adı, enjekte edilen aktivite miktarı, uygulama yöntemi, uygulama tarih ve saati bulunmalıdır. Uygulama bölgesinin belirtilmesi faydalı olacaktır. Çalışma ile ilgili olan radyoaktif olmayan medikasyonlar var ise raporda yer almalıdır. Görüntüleme yapılan PET/BT cihazının tipi yer almalıdır ancak spesifik tanımlama isteğe bağlıdır.

Uygulama prosedürü açısından hastanın görüntülediği saat ya da F-18 FDG enjeksiyon ile görüntüleme arasındaki zaman aralığı belirtilmelidir. Görüntülemeye giren vücut alanı başlangıçtan bitiş noktasına doğru tanımlanmalıdır. Hastanın görüntüleme sırasında yatış pozisyonu supin ya da pron ve kolların pozisyonu yukarıda ya da yanda şeklinde belirtilmelidir. Her ne kadar çalışmanın BT kısmı düşük doz olsa da bulgular belirtilmelidir. Eğer BT tanısal dozda yapılmış ise uygulanan protokol ve bulgular detaylı olarak raporlanmalıdır. BT doz bilgileri gerekli ise yazılabilir ayrıca bu bilgi DICOM görüntülerinden de elde edilebilir olmalıdır. Aynı zamanda atenüsyon düzeltmesi amacı ile kullanılan BT görüntülerinin kontrastlı mı kontrastsız mı olduğu da belirtilmelidir. Rutin işleme parametrelerinin raporda yer alması gerekmeyebilir ancak hareket düzeltmesi gibi ek özel bir uygulama kullanıldı ise belirtilmesinde fayda olacaktır.

Bulguların Tanımlanması

Araştırılan klinik soruya yanıt verecek şekilde yapılandırılmış bir raporun hazırlanması iyi bir klinik uygulama örneği olacaktır. Ancak uygulamada raporlama formatları arasında ciddi farklılıklar bulunmaktadır. Uygun durumlarda biyopsi, alternatif radyolojik tetkik ve takip açısından öneriler raporun içerisinde yer almalıdır. Görüntüyü değerlendiren nükleer tıp uzmanının yorumu hasta yaklaşımı ve klinik sonuçları açısından kritik öneme sahiptir. Ayrıca bu rapor resmi bir belge niteliğindedir.

- Raporda FDG PET/BT çalışmasının kalitesinde hareket artefaktları, kahverengi yağ dokusu ya da kas tutulumu, enjeksiyon bölgesinde infiltrasyon ya da hiperglisemi gibi nedenler ile ortaya çıkan bir kısıtlılık varsa raporda belirtilmelidir. Eğer görüntü kalitesini etkiliyor ise metalik artefaktlar ya da fazla kilo nedeni ile oluşabilecek BT ilişkili artefaktlar da raporlanmalıdır.
- Patolojik F-18 FDG tutulumlarının lokalizasyonu, büyüklüğü ve yoğunluğu (SUV ya da SUL) tanımlanmalıdır.
- Patolojik F-18 FDG tutulumu izlenen alanlarda ilişkili BT bulguları ve tutulum ile ilişkileri tanımlanmalıdır. F-18 FDG tutulumu düşük, orta, yoğun olarak ya da çevre zemin aktiviteye oranlanarak tanımlanabilir. Ancak görsel değerlendirme kriterleri her çalışma protokolü için tanımlanmalıdır ve her kanser tipi ve lokalizasyonuna göre değişiklik gösterebilir. Rastlantısal F-18 FDG PET ya da BT bulguları özellikle klinik açıdan önemli ise raporda belirtilmelidir. F-18 FDG tutulumu göstermese dahi PET/BT raporunda BT komponentinde izlenen klinik durum ile ilişkili bulgular raporlanmalıdır.
- Sınırlılıklar: Gerekli ise F-18 FDG PET/BT çalışmasının duyarlılığı ve özgüllüğünü etkileyebilecek küçük lezyonlar (parsiyel volüm etkisi), enflamatuvar değişiklikler, çizgili kas aktivitesi, yüksek kan şekeri gibi nedenler tanımlanmalıdır.

Eğer F-18 FDG PET/BT çalışması tedavi yanıtının değerlendirilmesi amacı ile yapılıyor ise mevcut tutulum daha önceki tutulum düzeyi ile karşılaştırılarak değerlendirilmelidir. Tedavi yanıtının değerlendirilmesi amacı ile kullanılacak örnek parametreler Avrupa Kanser Araştırma ve Tedavi Örgütü (EORCT) tarafından belirlenmiştir (50). 2009 yılında ise PERCIST kriterleri tanımlanmıştır (48). Daha sonra lenfomada tedavi yanıtının değerlendirilmesi amacı ile 5 basamaklı skala belirlenmiştir (55). F-18 FDG tutulum yoğunluğu yarı-nicel parametreler ile değerlendirilebilir. Ancak SUV

değişiklikleri temel alınarak yapılacak tedavi yanıtı değerlendirmelerinde hasta hazırlığı, enjeksiyon ve görüntüleme protokolü ve analiz parametrelerinin karşılaştırılabilir olması gerekmektedir. F-18 FDG PET/BT'nin tedavi yanıtı değerlendirmesinde kullanımı ayrı bir uygulama kılavuzunda detaylı olarak verilmiştir.

Özet ve Tanı/Kanı

- Net olarak çalışma bulguları normal ya da anormal olarak tanımlanmalıdır.
- F-18 PET/BT çalışmasından beklenen klinik soru net olarak ele alınmalıdır.
- Mümkünse kesin kanı belirtilmelidir.
- Uygun olan durumlarda evrelemeye yönelik fikir sunulmalıdır (TNM ya da diğer).
- Gerekli ise bulguların confirmasyonu ya da netleştirilmesi için çalışmanın tekrarı ve/veya diğer ek görüntüleme yöntemleri önerilmelidir.
- Tedavi yanıtını değerlendirmek amacı ile karşılaştırmalı değerlendirme yapıldığında tedavi yanıtı görsel olarak ve yarı-nicel olarak değerlendirilmelidir.

Kalite Kontrolü

PET/BT Sistemi Kalite Kontrolü

Çok merkezli çalışmalarda SUV ölçümlerinin standardizasyonu amacı ile kalibrasyon işlemlerinin yapılması önemlidir. Aynı zamanda katılan tüm merkezlerin benzer parametreler ile görüntüleme yapması sağlanmalıdır. SUV değerlerinin uyumunu sağlamak amacı ile yapılması gereken minimum kalite kontrol testleri şunlardır;

- Günlük kalite kontrol (hem PET hem BT komponenti için)
- Kalibrasyon kalite kontrolü ve doz kalibratörleri ile PET/BT sisteminin çapraz kalibrasyonu
- Görüntü kalitesi ve kurtarma katsayısı kontrolü

Bu kalite kontrol testleri TAEK tarafından önerilen rutin testler için yeterli olmayabilir. Bu açıdan güncel mevzuatın takip edilmesi yerinde olacaktır.

PET/BT kameraları için uygulanacak kalite kontrol testleri detaylı olarak ayrı bir uygulama kılavuzunda yer almaktadır.

Doz Maruziyeti

F-18 FDG PET/BT çalışmalarında hastanın aldığı doz uygulanan radyofarmasötikten ve çalışmanın BT komponentinden kaynaklanmaktadır. Tanısal BT

yapıldığında özellikle çocuk hastalarda doz maruziyeti önem kazanmaktadır. BT komponentinden alınan doz kullanılan protokol ve BT sistemine göre farklılık gösterir. Radyasyon maruziyetini mevcut klinik duruma göre en düşük düzeyde tutacak şekilde bir BT tekniği seçilmesi yerinde olacaktır. Günümüzde mevcut güncel sistemlerin sahip olduğu teknoloji radyasyon maruziyetini en düşük düzeyde tutmaya izin verecek yeterliliktedir.

F-18 FDG enjeksiyonundan kaynaklanan doz eşdeğerleri yetişkinlerde $1,9 \times 10^{-2}$ mSv/MBq ile 185 MBq FDG enjeksiyon için yaklaşık 3,5 mSv düzeyindedir (22). Kullanılan BT parametrelerine göre değişimle birlikte BT komponentinden kaynaklanan doz 1 ile 20 mSv arasında değişir.

Görüntüleme protokolü hasta bazında ortaya konulan klinik soruya göre kişiselleştirilerek mümkün olan en düşük hasta dozları ile belirlenmelidir. Özellikle çocuk hasta grubunda bu durum daha büyük önem arz etmektedir. Doz optimizasyonu için uygun sistemlerde doz azaltma yaklaşımları göz önüne tutulmalıdır.

Kaynaklar

1. El-Haj N, Etchebehere E, Fanti S, et al editors. IAEA Human Health Series. No:26. Printed by the IAEA, International Atomic Energy Agency Vienna, 2013. July 2013;p:3-4. Available from: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1616_web.pdf.
2. Avril NE, Weber WA. Monitoring response to treatment in patients utilizing PET. *Radiol Clin North Am* 2005;43:189-204.
3. Bastiaannet E, Groen H, Jager PL, et al. The value of FDG-PET in the detection, grading and response to therapy of soft tissue and bone sarcomas; a systematic review and meta-analysis. *Cancer Treat Rev* 2004;30:83-101.
4. Borst GR, Belderbos JSA, Boellaard R, et al. Standardised FDG uptake: a prognostic factor for inoperable non-small cell lung cancer. *Eur J Cancer* 2005;41:1533-1541.
5. Erdi YE. The use of PET for radiotherapy. *Curr Med Imaging Rev* 2007;3:3-16.
6. Geus-Oei LF, van der Heijden HF, Corstens FH, Oyen WJ. Predictive and prognostic value of FDG-PET in nonsmall-cell lung cancer: a systematic review. *Cancer* 2007;110:1654-1664.
7. Hoekstra CJ, Stroobants SG, Smit EF, et al. Prognostic relevance of response evaluation using [F-18]-2-fluoro-2-deoxy-D-glucose positron emission tomography in patients with locally advanced non-small-cell lung cancer. *J Clin Oncol* 2005;23:8362-8370.
8. Larson SM, Schwartz LH. 18F-FDG PET as a candidate for "qualified biomarker": functional assessment of treatment response in oncology. *J Nucl Med* 2006;47:901-903.
9. Vansteenkiste JF, Stroobants SG. The role of positron emission tomography with 18F-fluoro-2-deoxy-D-glucose in respiratory oncology. *Eur Respir J* 2001;17:802-820.
10. Weber WA. Use of PET for monitoring cancer therapy and for predicting outcome. *J Nucl Med* 2005;46:983-995.
11. Fletcher JW, Djulbegovic B, Soares HP, et al. Recommendations on the use of F-18-FDG PET in oncology. *J Nucl Med* 2008;49:480-508.
12. Delgado-Bolton RC, Fernández-Pérez C, González-Maté A, Carreras JL. Meta-analysis of the performance of 18F-FDG PET in primary tumor detection in unknown primary tumors. *J Nucl Med* 2003;44:1301-1314.
13. Delgado-Bolton RC, Carreras JL, Pérez-Castejón MJ. A systematic review of the efficacy of F-18-FDG PET in unknown primary tumors. *Curr Med Imaging Rev* 2006;2:215-225.
14. Jiménez-Requena F, Delgado-Bolton RC, Fernández-Pérez C, et al. Meta-analysis of the performance of (18)F-FDG PET in cutaneous melanoma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2010;37:284-300.
15. Grégoire V, Chiti A. PET in radiotherapy planning: particularly exquisite test or pending and experimental tool? *Radiother Oncol* 2010;96:275-276.
16. Thorwarth D, Beyer T, Boellaard R, et al. Integration of FDG-PET/CT into external beam radiation therapy planning: technical aspects and recommendations on methodological approaches. *Nuklearmedizin* 2012;51:140-153.
17. Boellaard R, O'Doherty MJ, Weber WA, 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.
18. Delbeke D, Coleman RE, Guiberteau MJ, et al. Procedure guideline for tumor imaging with 18F-FDG PET/CT 1.0. *J Nucl Med* 2006;47:885-895.
19. Busemann SE, Plachcinska A, Britten A. Acceptance testing for nuclear medicine instrumentation. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2010;37:672-681.
20. Ronald Boellaard, Roberto Delgado-Bolton, Wim J. G. Oyen, et al. PET/CT: EANM procedure guidelines for tumour imaging: version 2.0. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2015; 42:328-354.
21. ACR Guidelines and Standards Committee. ACR-SPR practice parameter for performing FDG-PET/CT in oncology. American College of Radiology; 2014. Last Accessed Date: 23.11.2014. Available from: <http://www.acr.org/~media/71B746780F934F6D8A1BA5CCA5167EDB.pdf>. Accessed 23Nov 2014.
22. ICRP. Radiation dose to patients from radiopharmaceuticals. Addendum 3 to ICRP Publication 53. ICRP Publication 106. Approved by the Commission in October 2007. *Ann ICRP* 2008;38:1-197.
23. Belohlavek O, Jaruskova M. [18F]FDG-PET scan in patients with fasting hyperglycaemia. *Q J Nucl Med Mol Imaging* 2016;60:404-412.

24. Dai KS, Tai DY, Ho P, et al. Accuracy of the EasyTouch blood glucose self-monitoring system: a study of 516 cases. *Clin Chim Acta* 2004;349:135-141.
25. Quantitative Imaging Biomarkers Alliance. Quantitative FDG-PET Technical Committee. UPICT oncology FDG-PET CT protocol. Last Accessed Date: 23.11.2014. Available from: http://qibawiki.rsna.org/index.php?title=FDG-PET_tech_ctte.
26. Huang SC. Anatomy of SUV. Standardized uptake value. *Nucl Med Biol* 2000;27:643-646.
27. Caobelli F, Pizzocaro C, Paghera B, Guerra UP. Proposal for an optimized protocol for intravenous administration of insulin in diabetic patients undergoing (18) F-FDG PET/CT. *Nucl Med Commun* 2013;34:271-275.
28. Rakheja R, Ciarallo A, Alabed YZ, Hickeson M. Intravenous administration of diazepam significantly reduces brown fat activity on 18F-FDG PET/CT. *Am J Nucl Med Mol Imaging* 2011;1:29-35
29. Soderlund V, Larsson SA, Jacobsson H. Reduction of FDG uptake in brown adipose tissue in clinical patients by a single dose of propranolol. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2007;34:1018-1022.
30. Sturkenboom MG, Hoekstra OS, Postema EJ, Zijlstra JM, Berkhof J, Franssen EJ. A randomised controlled trial assessing the effect of oral diazepam on 18F-FDG uptake in the neck and upper chest region. *Mol Imaging Biol* 2009;11:364-368.
31. Coulden R, Chung P, Sonnex E, Ibrahim Q, Maguire C, Abele J. Suppression of myocardial 18F-FDG uptake with a preparatory "Atkins-style" low-carbohydrate diet. *Eur Radiology* 2012;22:2221-2228.
32. Lum DP, Wandell S, Ko J, Coel MN. Reduction of myocardial 2-deoxy-2-[18F]fluoro-D-glucose uptake artifacts in positron emission tomography using dietary carbohydrate restriction. *Mol Imaging Biol* 2002;4:232-237.
33. Bui KL, Horner JD, Herts BR, Einstein DM. Intravenous iodinated contrast agents: risks and problematic situations. *Cleve Clin J Med* 2007;74:361-364, 367.
34. ACR Committee on Drugs and Contrast Media. ACR manual on contrast media, version 9. ACR, American College of Radiology; 2013. ISBN: 978-1-55903-012-0. Last Accessed Date: 23.11.2014. Available from: <http://www.acr.org/quality-safety/resources/~media/37D84428BF1D4E1B9A3A2918DA9E27A3.pdf>.
35. University of California San Francisco. Department of Radiology and Biomedical Imaging. Contrast administration in patients receiving metformin. Last Accessed Date: 23.11.2014. Available from: <http://www.radiology.ucsf.edu/patient-care/patient-safety/contrast/iodinated/metformin>.
36. European Society of Urogenital Radiology. ESUR guidelines on contrast media. Last Accessed Date: 23.11.2014. Available from: <http://www.esur.org/guidelines>.
37. Antoch G, Kuehl H, Kanja J, et al. Dual-modality PET/CT scanning with negative oral contrast agent to avoid artifacts: introduction and evaluation. *Radiology* 2004;230:879-885.
38. de Groot EH, Post N, Boellaard R, Wagenaar NR, Willemsen AT, van Dalen JA. Optimized dose regimen for whole-body FDG-PET imaging. *EJNMMI Res* 2013;3:63.
39. Boellaard R, Willemsen AT, Arends B, Visser EP. EARL procedure for assessing PET/CT system specific patient FDG activity preparations for quantitative FDG PET/CT studies. Last Accessed Date: 23.11.2014. Available from: http://earl.eanm.org/html/img/pool/EARL-procedure-for-optimizing-FDG-activity-for-quantitative-FDG-PET-studies_version_1_1.pdf.
40. Boellaard R, Krak NC, Hoekstra OS, Lammertsma AA. Effects of noise, image resolution, and ROI definition on the accuracy of standard uptake values: a simulation study. *J Nucl Med* 2004;45:1519-1527.
41. Boellaard R, Oyen WJ, Hoekstra CJ, et al. The Netherlands protocol for standardisation and quantification of FDG whole body PET studies in multi-centre trials. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2008;35:2320-2333.
42. Masuda Y, Kondo C, Matsuo Y, Uetani M, Kusakabe K. Comparison of imaging protocols for 18F-FDG PET/CT in overweight patients: optimizing scan duration versus administered dose. *J Nucl Med* 2009;50:844-848.
43. Quantitative Imaging Biomarkers Alliance. Quantitative FDG-PET Technical Committee. UPICT oncology FDG-PET CT protocol. Last Accessed Date: 23.11.2014. Available from: http://qibawiki.rsna.org/index.php?title=FDG-PET_tech_ctte
44. Osman MM, Chaar BT, Muzaffar R, et al. 18F-FDG PET/CT of patients with cancer: comparison of whole-body and limited whole-body technique. *AJR Am J Roentgenol* 2010;195:1397-1403.
45. Mawlawi O, Erasmus JJ, Munden RF, et al. Quantifying the effect of IV contrastmedia on integrated PET/CT: clinical evaluation. *AJRAM J Roentgenol* 2006;186:308-319.
46. Antoch G, Kuehl H, Kanja J, et al. Dual-modality PET/CT scanning with negative oral contrast agent to avoid artifacts: introduction and evaluation. *Radiology* 2004;230:879-885.
47. Otsuka H, Graham MM, Kubo A, Nishitani H. The effect of oral contrast on large bowel activity in FDG-PET/CT. *Ann Nucl Med* 2005;19:101-108.
48. 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-150S.
49. Janmahasatian S, Duffull SB, Ash S, Ward LC, Byrne NM, Green B. Quantification of lean bodyweight. *Clin Pharmacokinet* 2005;44:1051-1065.
50. Itti E, Meignan M, Berriolo-Riedinger A, et al. An international confirmatory study of the prognostic value of early PET/CT in diffuse large B-cell lymphoma: comparison between Deauville criteria and DeltaSUVmax. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2013;40:1312-1320.
51. Chung HH, Kwon HW, Kang KW, et al. Prognostic value of preoperative metabolic tumor volume and total lesion glycolysis in patients with epithelial ovarian cancer. *Ann Surg Oncol* 2012;19:1966-1972.

52. The Royal College of Radiologists. Standards for radiology discrepancy meetings. London: The Royal College of Radiologists; 2007. Last Accessed Date: 23.11.2014. Available from: http://www.rcr.ac.uk/docs/radiology/pdf/Stand_radiol_discrepancy.pdf.
53. Andrade RS, Heron DE, Degirmenci B, et al. Posttreatment assessment of response using FDG-PET/CT for patients treated with definitive radiation therapy for head and neck cancers. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2006;65:1315-1322.
54. Kawabe J, Higashiyama S, Yoshida A, Kotani K, Shiomi S. The role of FDG PET-CT in the therapeutic evaluation for HNSCC patients. *Jpn J Radiol* 2012;30:463-470.
55. Barrington SF, Mikhaeel NG, Kostakoglu L, et al. Role of imaging in the staging and response assessment of lymphoma: consensus of the International Conference on Malignant Lymphomas Imaging Working Group. *J Clin Oncol* 2014;20:3048-3058. doi:10.1200/JCO.2013.53.5229

Ek 1. F-18 FDG PET/BT görüntülerinde yanlış pozitif sonuca neden olan durumlar:

1. Fizyolojik tutulum bölgeleri

- Tükürük bezleri ve baş boyun bölgesinin lenfoid dokusu
- Tiroid bezi
- Orbital tutulum, konuşmaya bağlı larinks ve dil kasları
- Kahverengi yağ dokusu aktivasyonu
- Çocuk ve gençlerde timus dokusu
- Laktasyon evresinde meme dokusu
- Meme areola bölgesi
- İskelet kasları ve bazı düz kaslar
- Gastrointestinal sistem (özellikle metformin kullananlarda)
- Üriner sistem yapıları
- Menstruasyonda uterus ve korpus luteum kistleri
- Çocuklarda kemik fizis bölgeleri
- İskopubik sinkondrozis

2. Enflamatuvar olaylar

- Cerrahi girişim sonrasında enfeksiyon/enflamasyon/hematom/biyopsi bölgesi.
- Radyoterapi sonrasında gelişen enflamasyon (örneğin radyasyon pnömonisi)
- Kemoterapi sonrası gelişen değişiklikler (enflamasyon, nekroz vb.)
- Granülomatöz özellikte lokal enflamatuvar hastalıklar (sarkoidoz, mantar hastalıkları, mikobakteri hastalıkları)
- Stoma bölgeleri (trakeostomi, kolostomi vb.), drenaj tüpleri, besleme kanülleri
- Enjeksiyon bölgeleri
- Tiroidit
- Özefajit, gastrit, enflamatuvar barsak hastalığı, apandisit
- Akut veya kronik pankreatit
- Akut kolanjit, kolesistit
- Osteomyelit, yakın tarihli kırıklar, eklem protezleri
- Lenfadenit ve reaktif lenf bezleri (özellikle çocuklarda)
- Vaskülitler, aterosklerotik damar hastalığı

3. Benign tümörler veya tümör benzeri patolojiler

- Hipofiz adenoma
- Sürrenal bez adenoma
- Tiroid bezinde foliküler adenoma
- Tükürük bezi tümörleri (Warthin tümörü, pleomorfik adenoma vb.)

- Kolondaki adenomatöz polipler
- Overde tekoma ve kistadenomlar
- Dev hücreli tümör
- Anevrizmal kemik kisti
- Benign fibroosseöz lezyonlar (özellikle çocuklarda)
- Leomiyomlar

4. Hiperplastik veya displastik patolojiler

- Graves hastalığı
- Cushing hastalığı
- Kemik iliği hiperplazisi (anemi, koloni stimulan faktör kullanımı vb.)
- Kemoterapi sonrasında tiroide rebound hiperplazi
- Fibröz displazi
- Paget hastalığı

F-18 FDG PET/BT görüntülerinde yanlış negatif sonuca neden olan durumlar:

- Sistem rezolüsyonuna bağlı olarak <1 cm küçük lezyonlar
- Hiperglisemi veya hiperinsülinemi
- Yakın tarihli tedavi (radyoterapi, kemoterapi, steroid tedavisi)
- Düşük metabolik aktiviteye sahip tümörler
 - ◊ Bazı düşük grade'li veya iyi diferansiye tümörler (müsinöz neoplaziler, akciğer adeno karsinom in situ vb.)
 - ◊ Prostat kanseri
 - ◊ Nöroendokrin tümörler
 - ◊ Medüller tiroid kanseri
 - ◊ Memenin lobüler karsinomu
 - ◊ Hepatosellüler tümörler (iyi diferansiye hepatosellüler kanser)
 - ◊ İndolent lenfomalar (Marginal zon lenfoma, küçük hücreli lenfositik lenfoma vb.)