



**ENFEKSİYÖZ VE ENFLAMATUAR HASTALIKLARIN POZİTRON EMİSYON TOMOGRAFİ/BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE GÖRÜNTÜLENMESİ**

<sup>1</sup> İnanç Karapolat

<sup>2</sup> Kamil Kumanlıoğlu

**Imaging of Infectious and Inflammatory Diseases With Positron Emission Tomography/Computed Tomography**

**ÖZET**

Nükleer tıp pek çok enfeksiyöz ve enflamatuar olayın görüntülenmesinde önemli bir yere sahiptir. Fonksiyonel sintigrafik işlemler non-invaziv tanı yöntemleri olup, enfeksiyon ve enflamasyonun saptanmasında radyolojik görüntüleme yöntemlerinden (ultrasonografi, bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans görüntüleme) elde edilen verilere tamamlayıcı bilgiler sunarlar. Uzun yıllar boyunca bazı konvansiyonel sintigrafik yöntemler enfeksiyon ve enflamasyonu belirlemek amacıyla kullanılmışlardır. En sık olarak Galyum-67 (Ga-67) ve Teknesyum-99m (Tc-99m) veya indiyum-111 (In-111) ile işaretlenmiş lökositler uygulanmış olup, son yıllarda değişik ajanlarla işaretli antikolar kullanılarak yapılan immunsintigrafisi de uygulanmaktadır. Nükleer tıp yöntemlerinin en gelişmiş olarak bilinen Pozitron Emisyon Tomografi/Bilgisayarlı Tomografi (PET/BT) ise anatomik verilerin yanı sıra lezyonun metabolik aktivitesi hakkında bilgi edinme imkânı tanıdığından enfeksiyöz ve enflamatuar hastalıkların tanısında son yıllarda giderek artan sıklıkla kullanılmaktadır. PET/BT görüntülemeye günümüzde en sık kullanılan radyofarmasötik bir glukoz analogu olan Fluorine (F)-18 ile işaretli Fluoro-2-deoxy-D-glukoz (FDG) bileşiğidir. Malign hastalıkların değerlendirilmesinde PET' in yaygın kullanımını takiben F-18 FDG' nin malign olmayan süreçlerde de tutulduğu saptanmış ve benign enfeksiyöz ve enflamatuar lezyonlarda F-18 FDG birikimi görülmüştür. Bu derlemedeki amacımız enfeksiyöz ve enflamatuar hastalıklarda PET/BT' nin kullanım alanlarını özetlemektir.

**Anahtar kelimeler:** Pozitron Emisyon Tomografi/Bilgisayarlı Tomografi; Enfeksiyöz ve enflamatuar hastalıklar; Görüntüleme.

**ABSTRACT**

Nuclear medicine plays an important role in the assessment of a multitude of infectious and inflammatory processes. Functional scintigraphic procedures are part of the noninvasive diagnostic armamentarium and give complementary knowledge over anatomic modalities such as ultrasound, computed tomography (CT) and magnetic resonance imaging (MRI) for assessment of infection and inflammation. A number of conventional scintigraphic modalities have been used for imaging of infection and inflammation. The widest experience has been gained with gallium-67 (Ga-67), leukocytes radiolabeled with either technetium-99m (Tc-99m) or indium-111 (In-111). Immunoscintigraphy using various labeled antibodies has also been used in recent years. Positron Emission Tomography/Computed Tomography (PET/CT) which is the most technological method of nuclear medicine give significant information with combined anatomical and metabolic assessment for the diagnosis of infectious and inflammatory diseases. With the increasing use of the glucose analog radiopharmaceutical named fluorine-18-fluorodeoxyglucose (F-18 FDG) for assessment of malignancies, uptake of this positron-emitting tracer in nonmalignant processes especially in infectious and inflammatory lesions has also been described. The aim of this review is to summarize the role of PET/CT for the assessment of infectious and inflammatory processes.

**Key words:** Positron Emission Tomography/Computed Tomography; Infectious and inflammatory diseases; Imaging.

**GİRİŞ**

Nükleer tıp yöntemleri enfeksiyöz ve enflamatuar olayların görüntülenmesinde önemli bir yere sahiptir. Pozitron Emisyon Tomografi/Bilgisayarlı Tomografi (PET/BT) bunlardan biri olup insan vücudunda metabolik ve anatomik detayların bir arada incelenebilmesini sağlayan radyoizotop görüntüleme tekniğidir (1).

<sup>1</sup> Şifa Üniversitesi Tıp Fakültesi,  
Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İzmir

<sup>2</sup> Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi,  
Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İzmir

Submitted/Başvuru tarihi:

15.03.2013

Accepted/Kabul tarihi:

12.04.2013

Registration/Kayıt no:

13.03.282

**Corresponding Address /  
Yazışma Adresi:**

**İnanç Karapolat**

Şifa Üniversitesi Tıp Fakültesi,  
Bornova Eğitim ve Araştırma  
Hastanesi, Nükleer Tıp Ana Bilim  
Dalı, Sanayi Caddesi No:7, 35100  
Bornova/İzmir

Tel: 0532 7810517

Fax: 0232 3435656

E-mail:

inanckarapolat@hotmail.com

© 2012 Düzce Medical Journal

e-ISSN 1307- 671X

www.tipdergi.duzce.edu.tr

duzcetipdergisi@duzce.edu.tr

PET ile kullanılan radyofarmasötigin özelliğine göre değişik biyokimyasal, metabolik veya fonksiyonel parametreler görüntülenebilmektedir. Rutin uygulamada en çok kullanılan radyofarmasötik bir glukoz analogu olan Fluorine (F)-18 ile işaretli Fluoro-2-deoxy-D-glukoz (FDG) bileşidir. F-18 FDG malign tümöral hücrelerde tutulmakla birlikte tümöre özgü bir ajan değildir. Malign hastalıkların değerlendirilmesinde PET' in yaygın kullanımını takiben F-18 FDG' nin malign olmayan süreçlerde de tutulduğu bildirilmiştir. Benign enfeksiyöz ve enflamatuvar lezyonlarda F-18 FDG birikimi ilk olarak tesadüfen görülmüş ve kanser hastalarının görüntülenmesinde yanlış pozitif sonuçlara yol açan bir tuzak olarak tanımlanmıştır (2). Aslında artmış glikoliz ve glukoz kullanımı ile karakterize tek süreç kanser değildir. Enfeksiyöz ve enflamatuvar olaylarda yer alan lenfosit, nötrofil ve makrofaj gibi hücrelerde malign hücelere benzer şekilde artmış intraselüler heksokinaz ve yüzey glukoz taşıyıcı proteinler içerip F-18 FDG' ye affinite gösterirler. Enflamatuvar hücreler içerisindeki adenosin trifosfat FDG' yi fosforilize eder ve FDG' nin FDG 6-fosfat' a dönüşümünü sağlayarak sitoplazmik konsantrasyonunu artırır. Ancak FDG-6-fosfat glukoz-6-izomeraz enzimi için uygun substrat olmadığı için glikolizin diğer metabolik reaksiyonlarına giremez ve hücrelerin içinde birikir. Bu şekilde biriken FDG miktarı ile glukoz metabolizması hakkında bilgi edinmek mümkün olmaktadır. Enflamasyonda enflamatuvar hücrelerde artan glukoz transport aktivitesine bağlı olarak FDG tutulumu artmakta ve böylece organ ve dokulardaki normal dışı glukoz metabolizma bozukluğu gösteren patolojik alanların üç boyutlu görüntülenmesi sağlanmaktadır (3).

PET-BT malign hastalıklarda yaygın olarak kullanılan bir yöntem olmasına karşın enfeksiyöz ve enflamatuvar hastalıklarda da önemli bir yere sahiptir. Bu derlemede F-18 FDG PET/BT' nin enfeksiyöz ve enflamatuvar hastalıklardaki en sık kullanım alanları incelenmektedir.

## KAS İSKELET ENFEKSİYON VE ENFLAMASYONUNDA F-18 FDG PET/BT

### Akut ve Kronik Osteomyelit

Üç fazlı kemik sintigrafisi, kemik iliği sintigrafisi ile kombine veya tek başına işaretli beyaz küre sintigrafisi ve galyum sintigrafisi akut ve kronik osteomyelit tanısında yıllardır kullanılmaktadır. Ancak F-18 FDG' nin de kemiği tutan enfeksiyöz patolojilerde tutulum gösterdiği saptanmıştır (4).

Akut kemik enfeksiyonu iyi tedavi edilmezse aylar veya yıllar sonra vücut direncinin düşmesi, herhangi bir travma veya cerrahi işlemin kemikte var olan odağı aktive etmesi sonucu kronik osteomyelit oluşabilir. Kronik osteomyelit kemiği tutan, bir kereden fazla tedavi gerektiren ve 6 haftadan uzun süren enfeksiyona verilen isimdir (5). Bu uzamış enfeksiyona daha önceki tedavilerin normal kemik anatomisi ve fizyolojisini etkilemiş olması ve hastalığın düşük metabolik aktivitesinden dolayı tanı koymak zordur (6). PET/BT' nin akut osteomyelitte sınırlı yeri olmasına rağmen kronik osteomyelitte yüksek sensitivite (%96-100) ve spesifiteye (%88-91) sahip olduğu gösterilmiştir (7). Zhuang ve arkadaşlarının yaptığı bir meta-analizde 23 klinik çalışma sistematik olarak değerlendirilmiş ve kronik osteomyelit tanısında farklı görüntüleme yöntemleri karşılaştırılmıştır. Burada PET/BT' nin %96 ile en duyarlı tetkik olduğu saptanmış, kombine kemik ve beyaz küre sintigrafisi ile manyetik rezonans görüntüleme (MRG)' nin duyarlılığı sırasıyla %76 ve %84 olarak bulunmuştur (8).

Tüm osteomyelitlerin %2-4'ünü kapsayan vertebral ve disk mesafesi enfeksiyonları halen tanısasal bir sorun oluşturmaktadır. Enfeksiyon görüntüleme için kullanılan konvansiyel nükleer tıp tekniklerinin duyarlılığı vertebral hastalığın tespitinde diğer kemik bölgelerine göre daha düşüktür. PET/BT 30 hastada dejeneratif

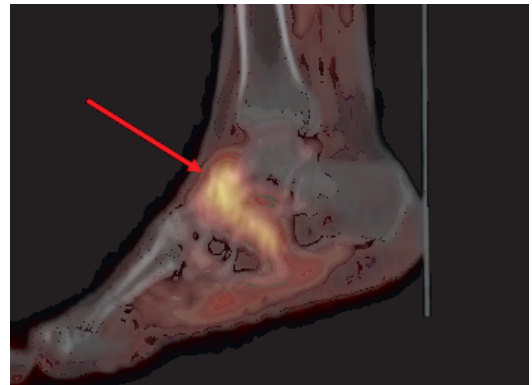
spinal hastalık ve disk mesafesi enfeksiyonunun ayırımında kullanılmış ve %100 duyarlılık ve özgüllük değerleri ile MRG' den daha üstün olduğu saptanmıştır (9).

### Komplike Diyabetik Ayak

Sellülit, osteomyelit ve nöropatik osteoartropati gibi diyabetik ayak komplikasyonlarının ayırıcı tanısında PET/BT önemli bir yere sahiptir (Resim 1). Basu ve arkadaşlarının yaptııkları çalışmada PET-BT' nin Charcot artropatisinin tanısını koymada sensitivite ve spesifitesi (%100 ve %93.8) MRG' dan (%76.9 ve %75) daha yüksek bulunmuştur (10). Diyabetik ayak osteomyelitinin tanısında PET/BT' nin MRG ve konvansiyonel radyografilerle karşılaştırıldığı başka bir çalışmada ise sırasıyla %81, %91 ve %63 sensitivite ve %93, %78 ve % 87 spesifite değerleri bulunmuştur (11).

### Eklemler Protez ve Metal İmplant Enfeksiyonları

Total eklem protezi hastaların yaşam kalitelerinin yükseltilmesi, ağrının dindirilmesi ve fonksiyonların iyileştirilmesi konusunda oldukça başarılı sonuçlar vermesine karşın bazı ciddi komplikasyonlara neden olabilmektedir. Enfeksiyon başarıyı engelleyen en ciddi lokal komplikasyonlardan biri olup hastaların %1-4'ünde görülmektedir. Bu oran revizyon cerrahisine giden hastalarda daha yüksektir (12, 13). Enfeksiyonun tedavisi uzun ve pahalı olup sağlık sistemi için önemli bir yük oluşturmaktadır. Enfekte total artroplastinin erken teşhisi başarılı tedavi şansını arttırmak için gereklidir. Radyolojik görüntüleme yöntemleri enfeksiyonun meydana getirdiği anatomik değişiklikleri gösterirken, enfeksiyonun erken döneminde ve tedavi edilmiş lezyonlar ve postoperatif değişikliklerin enfeksiyondan ayırımında yetersiz kalabilmektedir. Nükleer tıp yöntemleri ise fizyopatolojik değişiklikleri görüntüleme özelliğine sahiptir. Üç fazlı kemik sintigrafisi ile kombine galyum veya bazı durumlarda kemik iliği çalışması ile birlikte işaretli beyaz küre sintigrafisi gibi konvansiyonel nükleer tıp yöntemlerinin yanı sıra son zamanlarda PET/BT ile eklem protezlerindeki enfeksiyonların tanısı ile ilgili veriler giderek artmaktadır. F-18 FDG PET/BT tedaviden veya cerrahiden etkilenmeksizin erken dönemde protez enfeksiyonlarını belirleyebilmektedir (Resim 2). Bir fizibilite çalışmasında 74 kalça ve diz protezi hastası enfeksiyon şüphesi nedeniyle PET/BT ile değerlendirilmiştir. PET/BT' nin diz eklemlerindeki sensitivite, spesifite ve tanısasal doğruluğu sırasıyla %91, %72 ve %78 olarak bulunmuştur. Kalça ekleminde her üç indeks (sensitivite, spesifite ve tanısasal doğruluk) %90' dır ve tüm olgular birlikte değerlendirildiğinde ise sensitivite %91, spesifite %82 olarak bildirilmiştir (14). PET/BT' nin kalça protezi konulmuş hastaların değerlendirilmesindeki doğruluğu %68-100 iken bu değer diz protezlerinde %78-100' dir (15). Bununla birlikte alt ekstremitte protezi olan hastalarda pozitif PET/BT çalışmalarını dikkatli değerlendirmek gerekmektedir. Bazı olgularda bazen onlarca yıl



**Resim 1:** 41 yaşında ayakta şişlik, ağrı ve ısı artışı şikayetleri olan Tip 2 diyabetli bayan hastanın PET/BT incelemesinde sol ayak kemiklerinde osteomyelit ile uyumlu artmış radyofarmasötik tutulumu izlenmektedir.

içerisinde implant etrafında oluşan granülatöz dokudaki non-spesifik radyoaktif madde tutulumundan dolayı yanlış pozitif sonuçlar ortaya çıkabilir. Ayrıca PET/BT' nin protez enfeksiyonları için yüksek sensitivitesine rağmen aseptik gevşeme-septik gevşeme ayrımının yapılmasında güvenilir bir yöntem olmadığı bildirilmektedir (16, 17).

## ENFLAMATUVAR EKLEM HASTALIKLARINDA F-18 FDG PET/BT

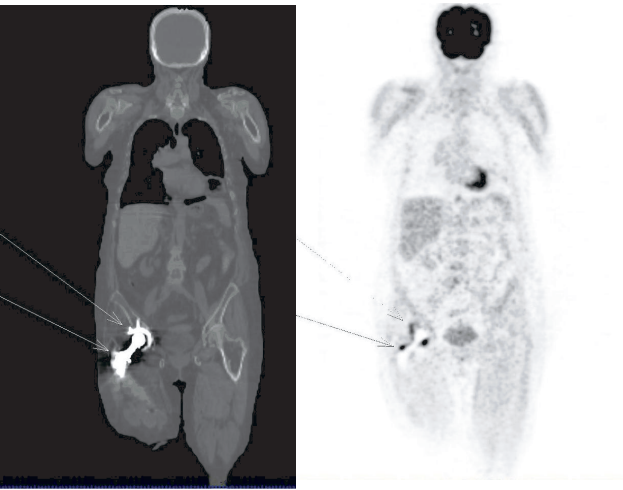
### Romatoid Artrit (RA)

PET/BT anatomik verilerin yanı sıra lezyonun metabolik aktivitesi konusunda bilgi edinme imkânı tanıdığından dolayı son zamanlarda enflamatuar eklem hastalıklarından RA' de klinik kullanımı sıklıkla artmıştır (Resim 3 ve 4). Sinovyal membranın enflamasyonunda F-18 FDG tutulumu gözlenmekte olup PET/BT ile elde edilen sonuçların MRG ve USG ile benzer klinik öneme sahip olduğu belirtilmektedir (18). Ayrıca F-18 FDG tutulum derecesinin hastalığın aktivite ve prognozunun belirlenmesi ve TNF-alfa antagonistleri ile uygulanan tedaviye yanıtın değerlendirilmesinde yerinin olabileceği bildirilmektedir (19). Polisson ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada pannus içinde lökosit infiltrasyonuna bağlı olarak artan glukoz metabolizması ile RA' da gelişen kemik erozyonu arasında ilişki olduğunu göstermişlerdir (20). Ek olarak PET/BT incelemesinin RA' de ciddi sakatlığa neden olabilecek atlantoaksiyal eklem subluksasyonunun, ekstraartiküler dokulardaki enflamasyonun ve aktif enflamasyon fazında oluşan aksiller lenf nodlarındaki büyümenin gösterilmesinde yararlı olduğu bulunmuştur (19, 21).

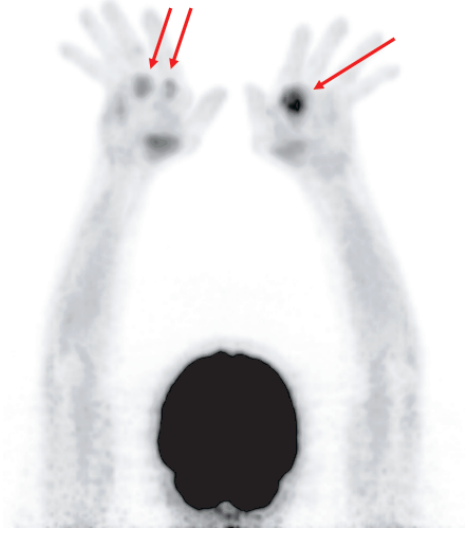
### Polimiyalji Romatica (PMR)

PMR tanısı güç konulan ve hastaların çoğunun yanlış tanılabildiği bir hastalıktır. Bunun nedenleri arasında PMR' nin tanımındaki proksimal kuşak ağrısı ve sabah tutukluğunun pek çok diğer romatizmal ve romatizmal olmayan hastalıkta görülebmesidir. Bu durum PMR tanısında herhangi bir özgül testin olmaması ile daha da artmaktadır. Görüntüleme yöntemleri ile PMR hastalarında tanıya özel bir yöntem oluşturulamamış ancak hastalık patogenezi hakkında daha fazla bilginin edinilmesi söz konusu olmuştur. PET/BT' nin PMR' da oluşan sinovit, bursit, yumuşak doku enflamasyonu ve vaskülit göstermekte etkili bir yöntem olduğu görülmüştür (22). Ayrıca PET/BT' nin aksiyal eklem tutulumunu saptayabilmesine karşın kortikosteroid tedavisine cevabı gözlemede gerekli olmadığı bulunmuştur (23).

### Ankilozan Spondilit



**Resim 2:** 60 yaşında tümör taraması için F-18 FDG PET/BT incelemesi yapılan hastanın sağ kalçada lokalize protez çevresinde öncelikle enfeksiyon ile uyumlu olarak değerlendirilen artmış radyofarmasötik tutulumu izlenmektedir.



**Resim 3:** 60 yaşında RA tanılı bayan hastanın PET/BT incelemesinde sağ 2. ve 3. ile sol 2. metakarpofalangial eklem lokalizasyonunda aktif hastalık ile uyumlu fokal özellikte artmış radyofarmasötik tutulumları izlenmektedir.



**Resim 4:** 23 yaşında RA tanılı klinik ve laboratuvar olarak inaktif kabul edilen bayan hastanın PET/BT incelemesinde sol el bileği eklemi lokalizasyonunda aktif hastalık ile uyumlu belirgin artmış radyofarmasötik tutulumu izlenmektedir.

Sınırlı sayıda çalışmada aseptik spondilodiskitin gösterilmesi, sakroileitin saptanması ve kemik formasyonunun gösterilmesinde PET/BT' nin önemli bilgiler verebileceği gösterilmiştir (24-26).

### Juvenil İdiopatik Artrit

Bu hastalarda PET/BT ile yapılan sınırlı çalışmalarda klinik ve laboratuvar verileri ile F-18 FDG tutulumu arasında pozitif bir ilişki saptanmıştır (27).

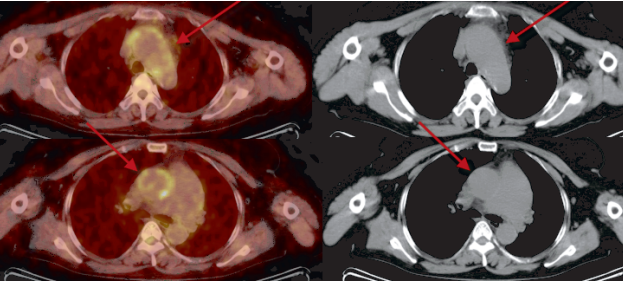
### Still Hastalığı

Still hastalığının tanı ve aktivite tayininde güvenilir bir görüntüleme yöntemi olarak PET/BT' nin kullanılabileceğini belirten yayınlar bulunmaktadır (22, 28).

### Osteoartrit

Osteoartritteki enflamatuar sinoviti tespit etmede PET/BT' nin kullanılabileceği gösterilmiştir (18). Nakamura ve arkadaşlarının çalışmasında bu hastalarda F-18 FDG' nin artiküler kartilajda değil periartiküler, subkondral ve kemik iliğinde toplandığı bildirilmiştir (29).





**Resim 5:** 52 yaşında Takayasu arteriti tanımlı bayan hastanın PET/BT incelemesinde aortik ark ve inen aorta duvarlarında aktif hastalık ile uyumlu artmış radyofarmasötik tutulumları izlenmektedir.

### VASKÜLER ENFEKSİYON VE ENFLAMASYONDA F-18 FDG PET/BT

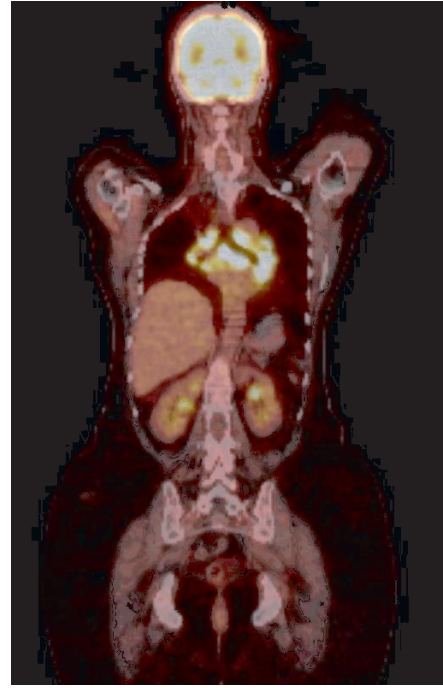
#### Vaskülit

Vaskülit damar duvarının enflamasyonu ile karakterize bir grup klinik hastalıktır. Hastalığın erken dönemlerinde görülen damar duvarındaki kalınlaşma sonraki dönemlerde fibrozise ilerleyebilir. Vaskülit sık görülmemekle birlikte özellikle bazı tiplerinde erken tanı ve etkin bir tedavi uygulanmaması durumunda ölümcül olabilen hastalıklardandır. PET/BT' nin özellikle büyük damar vaskülitlerinin görüntülenmesinde yeri bulunmaktadır. Büyük damar vaskülitlerinin standart tanı testleri biyopsi, ultrason ve MR anjiyografi olarak bilinse de, tüm bu prosedürler invaziv, kişiye bağımlı ve sadece stenoz, oklüzyon veya anevrizma gibi morfolojik değişiklikleri gösterebilen yöntemlerdir (30). PET/BT' nin ise bu tip vaskülitlerin erken tanısı, hastalığın yaygınlığının-aktivitesinin belirlenmesi ve ayırıcı tanısında önemli yeri olduğu gösterilmiştir (30–36). Burada PET/BT tanı koymada %80–85 sensitivite ve %95 spesifiteye sahiptir (37). Dev hücreli ve Takayasu arteritindeki aortit ve diğer büyük damarları tutan nonspesifik enflamatuar süreçlerde FDG tutulumu oluşmaktadır, ancak rutin kullanımı tartışmalıdır (Resim 5). Vaskülitlerdeki FDG tutulumu nonspesifik olup genellikle büyük servikal veya torasik damarlar boyunca yaygın olarak artmış FDG birikimi olarak kendini gösterir. Bu tutulum muhtemelen düz kas proliferasyonu veya plaklar içerisindeki makrofajlara bağlıdır (38). Aorta duvarında ateroskleroza sekonder oluşan FDG tutulumu özellikle yaşlı hastalarda testin özgüllüğünü düşürmektedir.

#### Vasküler Greft Enfeksiyonları

Vasküler cerrahi sonrasında oluşan greft enfeksiyonları nadir ancak ciddi bir komplikasyondur (39). Klinik genellikle belirsiz ve nonspesifik olup tanı konulması zordur. Tanının gecikmesi sepsis veya hemoraji gibi komplikasyonların ortaya çıkmasına neden olabilir ve enfekte vasküler grefti olan olguların büyük bir kısmında etkilenen ekstremitelerde amputasyona gidebilir (40). Şüpheli greft enfeksiyonlarının tanısında BT ve Tc 99m ve/veya Indium-111 ile işaretli beyaz küre sintigrafisi ve Galyum sintigrafisi gibi konvansiyonel nükleer tıp incelemelerinin yanı sıra PET/BT görüntülemenin klinik uygulamada kullanılabileceği gösterilmiştir. Aort greft enfeksiyonu bulunan 33 hastadan oluşan bir çalışmada PET/BT' nin tanısal doğruluğu araştırılmış ve sensitivitesi %91, spesifitesi %64 olarak bulunmuştur. Buna karşılık aynı çalışmada bu hastalarda BT' nin sensitivite ve spesifitesi sırasıyla %64 ve %86 olarak tespit edilmiştir (41).

Birden fazla cerrahi geçiren bölgesel anatomisi bozulmuş hastalarda PET/BT enfekte implantı lokalize ederek diğer şüpheli odaklardan ayırabilir. Füzyon görüntülerinde enfeksiyonun yumuşak dokuda olduğu belirlenirse bu hastalar gereksiz bir cerrahi işlemden kurtulmuş olurlar. Aynı zamanda araştırmacılar enfekte olmayan greft duvarında düşük yoğunlukta lineer FDG birikimi görülebileceğini ve bunun da yabancı cisim reaksiyonuna bağlı düşük dereceli bir enflamatuar reaksiyon olduğunu



**Resim 6:** 50 yaşında sarkoidoz tanımlı hastanın tüm vücut PET/BT incelemesinde bilateral hiler bölgede ve tüm mediastinal kompartmanlarda aktif hastalık ile uyumlu belirgin derecede hipermetabolik lenf bezleri izlenmektedir. bildirmişlerdir (42).

### DİĞER ENFEKSİYÖZ VE ENFLAMATUAR SÜREÇLERDE F-18 FDG PET/BT

#### Sarkoidoz

Sarkoidoz makrofaj ve lenfositlerin aktivasyonunu takiben vücudun tüm organlarında granülom oluşumu ile seyredilen kronik ve sistemik bir hastalıktır. Sarkoidozda çoğunlukla kendi kendini sınırlayan bir süreç görülmeyle birlikte ileri evre hastalarda akciğer ve mediastinal lenf nodlarında fibrozis ve organ disfonksiyonu oluşabilir. Bu nedenle enfeksiyonun mevcudiyet ve derecesinin tespit edilmesi antienflamatuar tedavinin başlatılması ve süresine karar verilmesi açısından önemlidir. Akciğer grafisi, Ga-67 sintigrafisi ve bronşiyal lavaj gibi işlemler ile ancak kısmi yarar sağlanabilmektedir (43).

FDG aktif sarkoidoz odaklarında birikmektedir (44). Tipik olarak izlenen şekil multipl bölgede orta yoğunlukta radyofarmasötik tutulumu olup kanser hastaları ile ayırıcı tanısının yapılması zordur. PET/BT şüpheli sarkoidoz olgularının tanısal algoritmasında öncelikli kullanılan ve rutin uygulanan bir yöntem değildir. PET/BT ile cilt, nodal ve kas-iskelet tutulumu tespit edilebilmekle birlikte sarkoidozun kardiyak ve nörolojik semptomlarının araştırılmasındaki rolü belirsizliğini korumaktadır. FDG PET/BT görüntülemenin özellikle ekstrapulmoner sarkoidozun değerlendirilmesi için Ga-67 sintigrafisinden daha başarılı olduğu çalışmalarda saptanmıştır (45).

PET/BT sarkoidoz vakalarında hipermetabolik odakları tespit ederek tanı için doku örneği alınacak bölgeye kılavuzluk yapabilir (Resim 6). Ayrıca antienflamatuar tedavi gerektiğinde veya tedavi süresince tedaviye olan cevabın değerlendirilmesinde PET/BT kullanılabilir (46).

#### Enflamatuar Barsak Hastalıkları

Enflamatuar barsak hastalıkları başlıca Crohn hastalığı ve ülseratif kolit olmak üzere pek çok klinik durumu kapsamaktadır. İlk tanının endoskopik yöntemler veya radyolojik işlemler ile konulabilmesine rağmen bu testlerin tedavi takibinde sık



tekrarlanması mümkün olmayabilir.

FDG tutulumu metabolik aktivitenin göstergesi olarak sporadik enterokolit olgularında tanımlanmıştır (47, 48). Ancak, hem bu ajanın gastrointestinal sistemden bir miktar atılmasına hem de peristaltizm ve barsak hareketlerine sekonder artmış müsküler aktiviteye bağlı tutulum göstermesi nedeniyle tanısal zorluklar ortaya çıkabilir (49). Fokal anormal FDG birikimi hastaların pek çoğunda malign veya premalign bir lezyonun göstergesi olmakla beraber (50), segmental FDG tutulumu proktit ve değişik tür koliti olan hastalarda tanımlanmıştır (51).

PET/BT ile görüntüleme ortaya çıkan tanısal kısıtlamalar bir ölçüde azaltılabilmektedir. Enflamatuvar barsak hastalığı olan olgularda lokalize akut bir ataktan şüphe edildiğinde fokal ve yoğun FDG birikimi görülen odakların PET/BT ile lokalize edilmesi endoskopi sırasında doku örneği alınacak bölgelerin tespitinde yol gösterici olmaktadır. Ek olarak kolondaki tutulum çevre yumuşak doku aktivitesinden ayrılarak BT’ de saptanan kitlelerde tedavi sonrası rezidü fibrozis ile enflamatuvar barsak hastalığının bir komplikasyonu olarak ortaya çıkan perforasyona bağlı abdominal apselerin ayırımı yapılabilir.

**Nedeni Bilinmeyen Ateş ve Fokal Yumuşak Doku Enfeksiyonları**  
Nedeni bilinmeyen ateş kapsamlı araştırmalara rağmen etiyojisi aydınlatılamamış 3 haftadan fazla süren hipertermi ( $38.3^{\circ}\text{C}/101^{\circ}\text{F}$ ’ nin üzerinde) ile karakterizedir. Bu olguların bazıları kendi kendine herhangi bir tedavi verilmeden düzelse de bazı olgularda ciddi problemler oluşabilmektedir. Nedeni bilinmeyen ateş yol açabilecek 200’den fazla durum bildirilmiş olup bunlar 4 ana başlıkta incelenir: Enfeksiyöz, malign, aseptik enflamatuvar olaylar ve diğerleri (52).

Asıl hastalığın belirlenmesi zor olmakla birlikte uzun süren ateşleri olan hastalarda kapsamlı araştırmaların yapılmasının amacı olguların %90’ında bulunabilen etiyojistik nedenin ortaya çıkarılabilmesidir (53). Nedeni bilinmeyen ateş olgularında PET/BT’ nin rolü değişik çalışmalarla araştırılmıştır. FDG PET ile yapılan ilk çalışmalardan birinde uzamış hiperterminin etiyojistik nedeni olarak 16 hastanın 11’inde enfeksiyöz olaylar, bağ dokusu hastalıkları ve bir olguda da malignensi tespit edilmiştir. PET/BT daha sonra romatizmal ateş olarak tanı konulan 2 hastada ve tanı konulamamasına rağmen 3 ay içerisinde spontan veya non-spesifik antibiyotik tedavisi ile iyileşen 2 hastada negatif sonuç vermiştir (54). PET/BT’ nin performansı 35 hastanın nedeni bilinmeyen ateş nedeniyle değerlendirildiği bir başka çalışmada da araştırılmış ve tanısal olarak sensitivite %93, spesifite %90, pozitif öngörü değeri %87 ve negatif öngörü değeri %95 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada PET/BT ile hastaların %65’inde klinik yarar sağlanmıştır (55). Prospektif olarak düzenlenmiş, 74 hastayı içeren ve olguların %53’üne kesin tanı konulmuş bir çalışmada ise PET/BT olguların 53’ünde (%72) pozitif sonuç vermiştir (56).

FDG PET/BT, ultrasonografi veya BT gibi konvansiyonel yöntemler ile tespit edilebilecek anatomik değişikliklere yol açmamış küçük enfeksiyöz odakların saptanmasında özellikle önemli rol oynayabilir. Bu lezyonlar ayrıca subdiyafragmatik apse gibi anatomik yöntemler ile tespit edilmesi zor bölgelerde yerleşmiş olabilirler (57). Günümüzde intraabdominal enfeksiyondan şüphe edilen olgularda ancak ultrasonografi veya BT negatif olduğu zaman PET/BT yapılması önerilmektedir.

### Sonuç

PET/BT anatomik verilerin yanı sıra lezyonun metabolik aktivitesi konusunda bilgi edinme imkanı tanınması nedeniyle onkolojik hastalıkların dışında enfeksiyon ve enflamasyon görüntülenmesinde de ilgi uyandıran bir yöntem haline gelmiştir. PET/BT hem akut hem de kronik enfeksiyonların saptanmasında anatomik görüntüleme yöntemlerinden daha üstündür. FDG’ nin

nonspesifik tutulum mekanizmasından dolayı enfeksiyon, aseptik enflamasyon ve malignensi arasındaki ayırımının yapılabilmesinde zorluk yaşanmakta olup bazen bu ayırım mümkün olmayabilir. Bununla birlikte PET/BT’ nin enfeksiyon ve enflamasyon tespitindeki rolünü araştıran çalışmaların çoğunun az sayıda hasta üzerinde yapılmış olması nedeniyle günümüzde klinik kullanım ve maliyet etkinliğinin belirlenmesi açısından daha geniş hasta serileri ile yapılan araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

### KAYNAKLAR

1. Duet M, Pouchot J, Lioté F, Faraggi M. Role for positron emission tomography in skeletal diseases. *Joint Bone Spine*. 2007;74:14–23.
2. Cook GJ, Maisey MN, Fogelman I. Normal variants, artefacts and interpretative pitfalls in PET imaging with 18-fluoro-2-deoxyglucose and carbon-11 methionine. *Eur J Nucl Med* 1999;26:1363-78.
3. Parisi MT. Functional imaging of infection: conventional nuclear medicine agents and the expanding role of 18-F-FDG PET. *Pediatr Radiol*. 2011;41:803–10.
4. Richard L. Wahl. Principles and practice of PET and PET/CT. Philadelphia: Lippincott 2009:619–34.
5. Schauwecker DS. Osteomyelitis: diagnosis with In-111-labeled leukocytes. *Radiology* 1989;171:141–6.
6. Termaat MF, Raijmakers PG, Scholten HJ, Bakker FC, Patka P, Haarman HJ. The accuracy of diagnostic imaging for the assessment of chronic osteomyelitis: a systematic review and meta-analysis. *J Bone Joint Surg Am*. 2005;87:2464–71.
7. Basu S, Chryssikos T, Moghadam-Kia S, Zhuang H, Torigian DA, Alavi A. Positron emission tomography as a diagnostic tool in infection: present role and future possibilities. *Semin Nucl Med*. 2009;39:36–51.
8. Zhuang H, Duarte PS, Pourdehand M, Shnier D, Alavi A. Exclusion of chronic osteomyelitis with F-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomographic imaging. *Clin Nucl Med*. 2000;25:281–4.
9. Israel O, Keidar Z. PET/CT imaging in infectious conditions. *Ann N Y Acad Sci*. 2011;1228:150–66.
10. Basu S, Chryssikos T, Houseni M, Scot Malay D, Shah J, Zhuang H, Alavi A. Potential role of FDG PET in the setting of diabetic neuro-osteoarthropathy: can it differentiate uncomplicated Charcot's neuroarthropathy from osteomyelitis and soft-tissue infection? *Nucl Med Commun*. 2007;28:465–72.
11. Nawaz A, Torigian DA, Siegelman ES, Basu S, Chryssikos T, Alavi A. Diagnostic performance of FDG-PET, MRI, and plain film radiography (PFR) for the diagnosis of osteomyelitis in the diabetic foot. *Mol Imaging Biol*. 2010;12:335–42.
12. Love C, Tomas MB, Marwin SE, Pugliese PV, Palestro CJ. Role of nuclear medicine in diagnosis of the infected joint replacement. *Radiographics*. 2001;21(5):1229-38.
13. Palestro CJ. Nuclear medicine, the painful prosthetic joint, and orthopedic infection. *J Nucl Med* 2003;44:927–9.
14. Manthey N, Reinhard P, Moog F, Knesewitsch P, Hahn K, Tatsch K. The use of [18 F]fluorodeoxyglucose positron emission tomography to differentiate between synovitis, loosening and infection of hip and knee prostheses. *Nucl Med Commun*. 2002;23:645–53.
15. Zhuang H, Yang H, Alavi A. Critical role of 18F-labeled fluorodeoxyglucose PET in the management of patients with arthroplasty. *Radiol Clin North Am*. 2007;45:711–8.

16. Chacko TK, Zhuang H, Stevenson K, Moussavian B, Alavi A. The importance of the location of fluorodeoxyglucose uptake in periprosthetic infection in painful hip prostheses. *Nucl Med Commun* 2002;23:851–5.
17. Zhuang H, Chacko TK, Hickeson M, Stevenson K, Feng Q, Ponzio F, Garino JP, Alavi A. Persistent non-specific FDG uptake on PET imaging following hip arthroplasty. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2002;29:1328–33.
18. Beckers C, Ribbens C, Andre B, Marcelis S, Kaye O, Mathy L, Kaiser MJ, Hustinx R, Foidart J, Malaise MG. Assessment of disease activity in rheumatoid arthritis with (18)F-FDG PET. *J Nucl Med* 2004;45:956–64.
19. Goerres GW, Forster A, Uebelhart D, Seifert B, Treyer V, Michel B, von Schulthess GK, Kaim AH. F-18 FDG whole-body PET for the assessment of disease activity in patients with rheumatoid arthritis. *Clin Nucl Med*. 2006;31:386–90.
20. Polisson RP, Schoenberg OI, Fischman A, Rubin R, Simon LS, Rosenthal D, Palmer WE. Use of magnetic resonance imaging and positron emission tomography in the assessment of synovial volume and glucose metabolism in patients with rheumatoid arthritis. *Arthritis Rheum*. 1995;38:819–25.
21. Kubota K, Ito K, Morooka M, Minamimoto R, Miyata Y, Yamashita H, Takahashi Y, Mimori A. FDG PET for rheumatoid arthritis: basic considerations and whole-body PET/CT. *Ann N Y Acad Sci*. 2011;1228:29–38.
22. Choe JY, Chung DS, Park SH, Kwon HH, Kim SK. Clinical significance of <sup>18</sup>F-fluoro-dexoxyglucose positron emission tomography in patients with adult-onset Still's disease: report of two cases and review of literatures. *Rheumatol Int*. 2010;30:1673–6.
23. Blockmans D, De Ceuninck L, Vanderschueren S, Knockaert D, Mortelmans L, Bobbaers H. Repetitive 18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography in isolated polymyalgia rheumatica: a prospective study in 35 patients. *Rheumatology (Oxford)* 2007;46:672–7.
24. Carey K, Saboury B, Basu S, Brothers A, Ogdie A, Werner T, Torigian DA, Alavi A. Evolving role of FDG PET imaging in assessing joint disorders: a systematic review. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2011;38:1939–55.
25. Strobel K, Fischer DR, Tamborrini G, Kyburz D, Stumpe KD, Hesselmann RG, Johayem A, von Schulthess GK, Michel BA, Ciurea A. 18F-fluoride PET/CT for detection of sacroiliitis in ankylosing spondylitis. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2010;37:1760–5.
26. Bruijnen ST, van der Weijden MA, Klein JP, Hoekstra OS, Boellaard R, van Denderen JC, Dijkmans BA, Voskuyl AE, van der Horst-Bruinsma IE, van der Laken CJ. Bone formation rather than inflammation reflects Ankylosing Spondylitis activity on PET-CT: a pilot study. *Arthritis Res Ther*. 2012;14:R71.
27. Tateishi U, Imagawa T, Kanezawa N, Okabe T, Shizukuishi K, Inoue T, Yokota SI. PET assessment of disease activity in children with juvenile idiopathic arthritis. *Pediatr Radiol*. 2010;40:1781–8.
28. Hashefi M, Curiel R. Future and upcoming non-neoplastic applications of PET/CT imaging. *Ann N Y Acad Sci*. 2011;1228:167–74.
29. Nakamura H, Masuko K, Yudoh K, Kato T, Nishioka K, Sugihara T, Beppu M. Positron emission tomography with 18F-FDG in osteoarthritic knee. *Osteoarthritis Cartilage*. 2007;15:673–81.
30. Walter MA, Melzer RA, Schindler C, Müller-Brand J, Tyndall A, Nitzsche EU. The value of [<sup>18</sup>F]FDG-PET in the diagnosis of large-vessel vasculitis and the assessment of activity and extent of disease. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2005;32:674–81.
31. Treglia G, Mattoli MV, Leccisotti L, Ferraccioli G, Giordano A. Usefulness of whole-body fluorine-18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography in patients with large-vessel vasculitis: a systematic review. *Clin Rheumatol*. 2011;30:1265–75.
32. Blockmans D, Stroobants S, Maes A, Mortelmans L. Positron emission tomography in giant cell arteritis and polymyalgia rheumatica: evidence for inflammation of the aortic arch. *Am J Med* 2000;108:246–9.
33. Lee SG, Ryu JS, Kim HO, Oh JS, Kim YG, Lee CK, Yoo B. Evaluation of disease activity using F-18 FDG PET-CT in patients with Takayasu arteritis. *Clin Nucl Med*. 2009;34:749–52.
34. Arnaud L, Haroche J, Malek Z, Archambaud F, Gambotti L, Grimon G, Kas A, Costedoat-Chalumeau N, Cacoub P, Toledano D, Cluzel P, Piette JC, Amoura Z. Is (18)F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography scanning a reliable way to assess disease activity in Takayasu arteritis? *Arthritis Rheum*. 2009;60:1193–200.
35. Karapolat I, Kalfa M, Keser G, Yalcin M, Inal V, Kumanlioglu K, Parildar T, Aksu K. Comparison of F18 FDG PET/CT findings with current clinical disease status in patients with Takayasu's arteritis. *Clin Exp Rheumatol*. 2012;18:[Epub ahead of print].
36. Behocine T, Blockmans D, Hustinx R, Vandevivere J, Mortelmans L. Imaging of large vessel vasculitis with 18F-FDG PET: illusion or reality? A critical review of the literature data. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2003;30:1305–13.
37. Gotthardt M, Bleeker-Rovers CP, Boerman OC, Oyen WJ. Imaging of inflammation by PET, conventional scintigraphy, and other imaging techniques. *J Nucl Med*. 2010;51:1937–49.
38. Vallabhajosula S, Machac J, Knesaurek K. Imaging atherosclerotic macrophage density by PET using F-18 FDG. *J Nucl Med* 1996;37[Suppl]:38P.
39. Orton DF, LeVein RF, Saigh JA, Culp WC, Fidler JL, Lynch TJ, Goertzen TC, McCowan TC. Aortic prosthetic graft infections: radiologic manifestations and implications for management. *Radiographics*. 2000;20:977–93.
40. Seeger JM. Management of patients with prosthetic vascular graft infection. *Am Surg*. 2000;66:166–77.
41. Fukuchi K, Ishida Y, Higashi M, Tsunekawa T, Ogino H, Minatoya K, Kiso K, Naito H. Detection of aortic graft infection by fluorodeoxyglucose positron emission tomography: comparison with computed tomographic findings. *J Vasc Surg*. 2005;42:919–25.
42. Keidar Z, Engel A, Hoffman A, Israel O, Nitecki S. Prosthetic vascular graft infection: the role of 18F-FDG PET/CT. *J Nucl Med*. 2007;48:1230–6.
43. Yu JQ, Zhuang H, Mavi A. Evaluating the role of FDG PET imaging in the management of patients with sarkoidosis. *PET Clin North Am* 2006;1:141–52.
44. Lewis PJ, Salama A. Uptake of fluorine-18-fluorodeoxyglucose in sarcoidosis. *J Nucl Med*. 1994;35:1647–9.
45. Nishiyama Y, Yamamoto Y, Fukunaga K, Takinami H, Iwado Y, Satoh K, Ohkawa M. Comparative evaluation of 18F-FDG PET and 67Ga scintigraphy in patients with sarcoidosis. *J Nucl Med*. 2006;47:1571–6.
46. Milman N, Mortensen J, Sloth C. Fluorodeoxyglucose PET

- scan in pulmonary sarcoidosis during treatment with inhaled and oral corticosteroids. *Respiration*. 2003;70:408–13.
47. Meyer MA. Diffusely increased colonic F-18 FDG uptake in acute enterocolitis. *Clin Nucl Med*. 1995;20:434–5.
48. Kresnik W, Mikosch P, Gallowitsch HJ. F-18 FDG PET in the diagnosis of inflammatory bowel disease. *Clin Nucl Med* 2001;26:867.
49. Jadvar H, Schambye RB, Segall GM. Effect of atropine and sincalide on the intestinal uptake of F-18 fluorodeoxyglucose. *Clin Nucl Med*. 1999;24:965–7.
50. Israel O, Yefremov N, Bar-Shalom R, Kagana O, Frenkel A, Keidar Z, Fischer D. PET/CT detection of unexpected gastrointestinal foci of 18F-FDG uptake: incidence, localization patterns, and clinical significance. *J Nucl Med*. 2005;46:758–62.
51. Tatlidil R, Jadvar H, Bading JR, Conti PS. Incidental colonic fluorodeoxyglucose uptake: correlation with colonoscopic and histopathologic findings. *Radiology*. 2002;224:783–7.
52. Knockaert DC, Vanderschueren S, Blockmans D. Fever of unknown origin in adults: 40 years on. *J Intern Med*. 2003;253:263–75.
53. Petersdorf RG. Fever of unknown origin. An old friend revisited. *Arch Intern Med*. 1992;152:21–2.
54. Lorenzen J, Buchert R, Bohuslavizki KH. Value of FDG PET in patients with fever of unknown origin. *Nucl Med Commun*. 2001;22:779–83.
55. Bleeker-Rovers CP, de Kleijn EM, Corstens FH, van der Meer JW, Oyen WJ. Clinical value of FDG PET in patients with fever of unknown origin and patients suspected of focal infection or inflammation. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2004;31:29–37.
56. Buysschaert I, Vanderschueren S, Blockmans D, Mortelmans L, Knockaert D. Contribution of (18)fluoro-deoxyglucose positron emission tomography to the work-up of patients with fever of unknown origin. *Eur J Intern Med*. 2004;15:151–6.
57. Bleeker-Rovers CP, Corstens FH, Van Der Meer JW, Oyen WJ. Fever of unknown origin: prospective comparison of diagnostic value of (18)F-FDG PET and (111)In-granulocyte scintigraphy. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2004;31:1342–3.