



NÜKLEER TIP SEMİNERLERİ

Nuclear Medicine Seminars

TÜRKİYE NÜKLEER TIP DERNEĞİ
Turkish Society of Nuclear Medicine

Nisan 2016 Cilt 2 Sayı 1 www.nukleertipseminerleri.org

 galenos
yayınevi



NÜKLEER TIP SEMİNERLERİ

Nuclear Medicine Seminars



İmtiyaz Sahibi / Association Owner

Zehra Özcan

Editör / Editor

Zeynep Burak


Editör Yardımcısı / Associate Editor

Tevfik Fikret Çermik

TÜRKİYE NÜKLEER TIP DERNEĞİ
Turkish Society of Nuclear Medicine

Nükleer Tıp Seminerleri Dergisi, Türkiye Nükleer Tıp Derneği'nin resmi yayın organıdır.
The Nuclear Medicine Seminars is an official journal of the Turkish Nuclear Medicine Society.

Yayınevi / Publishing House

Molla Gürani Mah. Kaçamak Sokak No: 21, 34093 Fındıkzade-İstanbul-Türkiye 
Tel.: +90 212 621 99 25 Faks: +90 212 621 99 27 E-posta: info@galenos.com.tr

Baskı: Senk Ajans Reklam Matbaacılık San. ve Tic. Ltd. Şti. Sanayi Mah. Sultan Selim Cad. Aybike Sk.No:22/-3,
Kağıthane, İstanbul, Türkiye Tel: +90 212 264 38 77

Baskı Tarihi: Haziran 2016 Yayın Türü: Yerel Süreli Yayın
ISSN 1300-0659



NÜKLEER TIP SEMİNERLERİ

Nuclear Medicine Seminars

Editörden/Editorial

"Hibrit Görüntüleme, Bir Başarı Hikayesi"

Değerli Meslektaşlarım,

Bir asrı aşkın süredir hastalığın tanı ve takibinin non-invazif yolla yapılmasına adanmış görüntüleme tarihinin belki de en önemli başarılı hikayelerden biridir hibrit görüntüleme. Kabaca iki ya da daha fazla görüntüleme modalitesinin füzyonu anlamına gelir ve pratik uygulamadaki en bilinen örneği; 2000 yılında "Yılın Tıbbi Buluşu" olarak seçilmiş entegre PET/BT sistemleridir. Bu başarı klinikte SPECT/BT gibi yeni ve farklı birlikteliklerin önünü açmıştır. SPECT/BT'nin PET/BT'ye başlıca üstünlüğü ise hali hazırda nükleer tıp hekimlerince zaten başarıyla kullanılan çok daha geniş radyofarmasötik yelpazesine sahip olmasıdır. Doksanlı yıllardaki ilk entegre SPECT/BT sistemlerinden günümüze, hem SPECT, hem de BT aygıtlarında baş döndürücü gelişmeler olmuş ve hibrit SPECT/BT yeni, güçlü bir görüntüleme modalitesi olarak şu an karşımızda dimdik durmaktadır. BT; anatomik lokalizasyon ve atenüasyon düzeltmesinin sinerjistik etkisiyle SPECT'in doğruluğunu arttırmaktadır. Her ne kadar ilk SPECT/BT deneyimleri nükleer-onkolojide edinilmiş olsa dahi, yöntem artık nükleer-kardiyoloji ve genel nükleer tıpta da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Nükleer Tıp Seminerleri'nin bu sayısında; SPECT/BT görüntülemesinde öncü ve tecrübeli, çok değerli yazarlarımız bizlerle nükleer tıbbın kendisi kadar geniş bir konu olan SPECT/BT'nin klinik kullanımı ile ilgili, keyifle bir solukta okuyacağımız, güncel bilgi ve tecrübelerini paylaştılar. Kendilerine şükranlarımı sunuyorum.

Saygılarımla

Dr. Fuat Dede

Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul

NÜKLEER TIP SEMİNERLERİ

Nuclear Medicine Seminars



Editörden/Editorial

Değerli Meslektaşlarım,

Nükleer Tıp Seminerleri Dergisinin 2016 yılı ilk sayısını Hibrit Görüntüleme yöntemlerinden biri olan SPECT-BT'ye ayırdık.

Son yıllarda görüntüleme sistemleri, otomobiller, zirai ürünler ve kimyasal moleküller için kullanılan Hibrit kelimesi Latince "Hybrida" kelimesinden köken alır ve Türkçe'ye "Melez" olarak tercüme edilmiştir. Mitolojide hibritler farklı türlerin aynı gövdede bir araya gelmesi ile oluşmuş efsanevi yaratıklardır. Örneğin hepimizin bildiği Deniz kızları, Eski Yunan Mitolojisinde kısmen insan kısmen at görünümüne Sıntarlar, kırların ve çobanların tanrısı Pan gibi. Yarı insan hibrit inancı çok eski olup görüntülerine, Paleolitik çağda kayalara oyulan resimlerde bile rastlanmaktadır. Eski Mısırdaki çakal kafalı Anubis, aslan başlı Sekhmet, yarı insan yarı şahin Horus gibi çok sayıda hibrit tanrı tasvir edilmiştir. Uzakdoğu felsefesinde birçok hibrit yaratık tanımlanmış olup günümüz Hindu inancında da hibrit tanrılar yer almaktadır.

İnsanoğlu muhtemeldir ki, korktuğu ve belki de yücelttiği bazı hayvanların insana üstün özelliklerini kendi bedeni ile birleştirerek, daha güçlü, daha atak ve yırtıcı, ancak akıllı yaratıkları hayal etmiş, söylenceler yoluyla da dilden dile, kültürden kültüre aktarmıştır.

Bilim ve teknolojinin gelişmesi sonucunda "hibrit" kavramı yeniden gündeme gelerek, tarımda daha dayanıklı ve verimi yüksek bitkiler, teknolojide fosil enerji tasarrufu yapan araçlar için kullanılmaya başlanmıştır. Nükleer tıpçılar için ise hibrit kavramı son 30 yıl içinde görüntüleme teknolojisindeki gelişmelerin sonucu ortaya çıkan, anatomofizyolojik görüntüleme sistemleri anlamına gelmektedir. PET-BT, SPECT-BT gibi cihazların klinik kullanıma girmesi, kesitsel anatomi ve fonksiyonel görüntülemenin bir araya gelmesine, hastalık tanısının statik ve boyut ile tanımlanabilen özellikten çıkarak, değişken, canlılık ve fonksiyon ile ilişkili bir kavram haline gelmesine neden olmuştur. Literatür verilerine baktığımızda, hibrit görüntüleme sistemi ile elde edilen yararlılığın, bileşenlerin her birinin ayrı kullanıldığında elde edilen sonuçtan çok daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Klinik yararlılık, teknolojik yatırım ve karlılığın yüksek olması gelecekte bu cihazların daha da yaygınlaşacağını göstermektedir.

SPECT-BT; nükleer tıp pratiğinde yerini diğer hibrit görüntüleme sistemlerine göre sessizce alan bir cihaz olmuştur. Başlangıçta birkaç merkezde kullanılmakta iken günümüzde ülke genelinde birçok nükleer tıp bölümünde tercih edildiği bilinmektedir. Nükleer Tıp Seminerleri Dergisinin bu sayı konusunu SPECT-BT'ye ayırmaktaki amacımız konvansiyonel nükleer tıp pratiğinde önemli bir yere oturan bu görüntüleme sisteminin, endikasyon ve metodolojisi konusunda oluşan bilgi birikiminin değerlendirilmesidir. Konuk editör olarak davet ettiğimiz sayın Dr. Fuat Dede ve birbirinden değerli yazarlarımız, bu sayıda SPECT-BT'nin kardiyak uygulamaları, akciğer, iskelet sistemi, tiroid ve paratiroid görüntülemedeki yeri, sentinel nod uygulamaları, tedavi planlama ve çocuklarda SPECT-BT görüntüleme konularında deneyimlerini bizlerle paylaştılar. Yoğun iş tempoları arasında bizlere zaman ayırarak dergimize yaptıkları katkılar için kendilerine çok teşekkür ediyoruz.

İlgi ile okuyacağınız bir sayı olacağını ümit ediyorum. Geri bildirimleriniz ve önerileriniz bize her zaman yol gösterecektir.

Saygılarımla.

Dr. Zeynep Burak

Editör

TÜRKİYE NÜKLEER TIP DERNEĞİ
Turkish Society of Nuclear Medicine



Kardiyak Hibrit Görüntüleme-Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi

Cardiac Hybrid Imaging-Single Photon Emission Tomography/Computed Tomography

Sibel Uçak Semirgin, Tarık Başoğlu

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye

Öz

Fizyolojik veri sağlayan prensibi ve zengin klinik kanıt birikimi nedeniyle miyokart perfüzyon tek foton emisyon tomografisi (MPS), koroner arter hastalığının (KAH) non-invazif tanısında ve risk belirleme algoritmalarında ilk sıralarda yer alan bir görüntüleme yöntemidir. Genel olarak kabul görmüş olan tıbbi yararının yanı sıra, yapılan geniş ölçekli çalışmalarda bu yöntemin dahil edildiği tanı algoritmalarının da maliyet etkinliği açısından en uygun çözümler olduğu kanıtlanmıştır. Miyokart perfüzyon tek foton emisyon tomografisi yönteminin tanısız duyarlılığını etkileyen en önemli faktörler doku atenüasyon artefaktları, düşük dereceli stenozlar ve dengeli çok damar hastalıklarıdır. Son yıllarda giderek yaygınlaşan bilgisayarlı tomografik koroner anjiyografi (BTKA) ve BT koroner arter kalsiyum skorlama (KAKS) yöntemleri ise erken ve ileri evre KAH tanısında başarılı sonuçlar elde edebilmektedirler. Negatif öngörü değeri çok yüksek olarak bildirilen BTKA yönteminin, KAH tanısı pozitif olan olgularda stenotik değişikliğin dokudaki perfüzyon karşılığını saptamada çok başarılı olmadığı da bilinmektedir. Bu derlemede BTKA yöntemi ve ayrıca MPS ve BT (BTKA) yöntemlerini teknik olarak aynı sistem içinde barındıran hibrit sistemler tanıtılmakta ve yöntemlerin ek tanısız değerleri tartışılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Miyokart perfüzyon SPECT, BT koroner anjiyografi, BT kalsiyum skorlama, kardiyak hibrit görüntüleme.

Abstract

It's physiological imaging principle and the large pool of clinical evidence, makes the myocardial perfusion single photon emission tomography (MPS) one of the first step modalities of algorithms in the noninvasive diagnosis and risk stratification of coronary artery disease (CAD). Besides its widely accepted diagnostic usefulness, diagnostic algorithms including MPS were proven to be the most cost-effective solutions in large-scale studies. The most important factors affecting the diagnostic sensitivity of MPS are soft tissue attenuation artifacts, low-grade stenosis, and balanced multi-vessel disease. Computerized tomographic coronary angiography (CCA) and CT calcium scoring (CCS) studies have been performed increasingly in recent years and they are reported to be successful in the diagnosis of early and advanced stages of CAD. Although CCA has proven to have a very high negative predictive value, it is reported that the method is not such successful in detecting the tissue perfusion counterpart of diagnosed stenotic changes. In this review, the CCA method, as well as hybrid systems hosting MPS/CT (CCA) in one device were introduced and their additional diagnostic value was discussed.

Keywords: Myocardial perfusion SPECT, CT coronary angiography, CT calcium scoring, cardiac hybrid imaging

Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Dr. Sibel Uçak Semirgin, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Samsun, Türkiye

E-posta: sibelucak@yahoo.com

© Nükleer Tıp Seminerleri, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır. / © Nuclear Medicine Seminars, published by Galenos Publishing.

Giriş

Miyokart perfüzyon tek foton emisyon tomografisi (MPS) görüntüleme, koroner arter hastalıklarının (KAH) non-invazif tanı ve risk sınıflandırmasında genel olarak kabul görmüş etkili bir tanı yöntemidir. Kırk yılı aşkın klinik kanıt birikimi ve fizyolojik veri sağlayan prensibi nedeniyle MPS, tanı ve risk belirleme algoritmalarında üst kategoride yer almaktadır. Bununla birlikte, çoğu tıbbi yöntemde olduğu gibi, MPS'nin de klinik potansiyelini tam olarak yansıtmamasına engel olan bazı sınırlı özellikleri bulunmaktadır. Düşük enerjili sintigrafik görüntülemenin doğası gereği bu dezavantajların en başında değişken doku atenüasyonundan olumsuz etkilenen yöntem özgüllüğü yer almaktadır. Öncelikle meme dokusu ve diyafram kasının oluşturduğu düzensiz ışın soğurulması sonucunda MPS bulgularında oluşan artefaksiyel anterior ve inferior duvar defektleri, tanısız özgüllüğü anlamlı ölçüde etkileyebilmektedir (1,2). İlk olarak yetmişli yıllarda uygulanmaya başlanan TI-201-MPS çalışmalarında, yöntemin KAH tanısındaki duyarlılığı yüksek iken (%80-90), özgüllüğü (%60-70) izotopun belirgin düşük enerjisi nedeniyle atenüasyon artefaktlarından önemli düzeyde etkilenmiştir (3,4). Bu anlamda yöntemin özgüllüğünü artırmada ek olarak uygulanan radyonüklid ventrikülografi uygulamaları ve ek tek foton emisyon tomografisi (SPECT) akizisyonları (pron pozisyon) kısmen yarar sağlayabilmiştir (5,6). Doksanlı yıllarda daha yüksek enerjili Tc-99m ile işaretli perfüzyon ajanlarının rutin kullanılmaya başlanması ile atenüasyon sorunu kısmen azalmış, ancak tatmin edici düzeye ulaşamamıştır. Yine 90'lı yıllarda rutin kullanıma giren elektrokardiyografi (EKG)-senkronize SPECT (GATED-SPECT) yöntemi, duvar kinetiklerinin incelenmesi ile kuşkulu hipoperfüzyon bulgularını netleştirmede anlamlı katkı sağlamıştır (uygun hastalarda özgüllükte artış) (7). Ancak, KAH tanısında Tc-99m ile işaretli perfüzyon ajanlarının giderek artan kullanımı nedeniyle görüntülemenin stres testinden anlamlı bir süre sonra (genellikle 60 dakika) uygulanması, GATED-SPECT yönteminin tanısız değerini etkilemektedir. Miyokart perfüzyon SPECT yönteminin genel duyarlılığını etkileyen diğer önemli faktörler stenoz yüzdesi, stenotik damar sayısı ve buna bağlı değişkenlik gösteren miyokardiyal perfüzyon dağılımıdır. Düşük düzey stenotik değişikliklerde (<%50) hiperemik koşullarda anlamlı iskemi oluşamayabileceğinden, stres MPS yöntemi ile miyokardiyal perfüzyon inhomojenitesi de yeterli düzeyde görüntülenemeyebilir (8). Bu

nedenle MPS erken evre KAH tanısında önerilen yöntemler arasında yer almamaktadır. Dengeli çok damar hastalığında ise yüksek stenoz derecelerine rağmen dengeli ve homojen miyokardiyal radyotrasör dağılımı izlenebilir (9). Bu tip olgularda GATED-SPECT yöntemi ile edilen fonksiyonel veriler MPS duyarlılığını yükseltebilmektedir.

Nükleer kardiyoloji yöntemlerine alternatif olarak geliştirilen non-invazif radyolojik yöntemler arasında ekokardiyografi, kardiyak bilgisayarlı tomografi (BT) ve kardiyak manyetik rezonans görüntüleme (MRG) yer almaktadır. Bu derlemede giderek artan oranda kullanılan kardiyak BT ve MPS/BT hibrit görüntülemenin KAH'ın değerlendirilmesindeki güncel rolü ve katkıları tartışılacaktır.

Koroner Arter Hastalıklarının Tanısında BT Koroner Anjiyografi ve Miyokart Perfüzyon SPECT'in Rolü

Çok kesitli bilgisayarlı tomografi sistemlerindeki teknolojik gelişmeler, BTKA'nın KAH tanısında giderek artan sıklıkta kullanılabilir duruma gelmesine olanak sağlamıştır. Yapılan çok merkezli çalışmalarda, BTKA'nın duyarlılığı için %88-95 ve özgüllüğü için %83-87 gibi oldukça yüksek oranlar bildirilmiştir (10,11). Özellikle %50'nin üzerindeki koroner arter darlıklarında bu oranların yüksek olduğu görülmektedir. Ciddi darlıklar için negatif öngörü değeri de oldukça yüksek olup %100'e yakındır (12). Bu durum, özellikle KAH'ın ekarte edilmesinde tekniğin iyi bir araç olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Yüksek tanısız performansının yanı sıra invazif olmaması, kısa sürede uygulanabilmesi, hastanede yatış gerektirmemesi ve hasta konforunun iyi olması gibi avantajlar, testin tercih edilme oranını yükseltmektedir. BTKA yöntemi ile damar duvarlarındaki aterosklerotik değişikliklerin ve plakların değerlendirilmesi de mümkün olmaktadır. Damarlarda obstrüksiyona yol açmayan plakların karakterize edilmesi, KAH'da prognozun belirlenmesinde önemli ek bilgiler sağlamaktadır. Teknolojik gelişmeler sayesinde BTKA'de gerek zamansal gerekse uzaysal rezolüsyonda belirgin iyileşme elde edilmekle birlikte, yüksek ve düzensiz kalp hızlarında, morbid obez hastalarda, stent varlığında ve şiddetli kalsifikasyon içeren damarlarda halen sorunlarla karşılaşmaktadır (13).

Koroner arter darlığı saptanan hastalarda tedavi stratejisinin belirlenmesinde, darlığın oluşturduğu hemodinamik etkinin bilinmesi oldukça önemlidir. Bahsedilen avantajlarına karşılık, BTKA yönteminin

tamamen anatomik bilgi sağlaması nedeni ile tespit edilen darlıkların hemodinamik etkilerinin tam olarak değerlendirilmesi mümkün olmamaktadır. Yapılan çalışmalar, sol ventrikülde %10 ve üzerinde iskemik alan yaratması durumunda, tespit edilen koroner arter darlığına yönelik olarak revaskülarizasyon uygulanmasının prognozu iyileştirdiğini göstermektedir. İskemik alanın %10'un altında olması durumunda ise, medikal tedavi revaskülarizasyona eşdeğer ya da daha iyi sonuçlar vermektedir (14). Koroner arter darlığının hemodinamik etkisinin belirlenmesinde BTKA yönteminin yetersiz kalması kardiyak hibrit görüntülemenin çıkış noktasıdır. Miyokart perfüzyon SPECT yöntemi, koroner arter darlıklarının hemodinamik etkilerini belirlemek amacıyla uzun yıllardır uygulanan, güvenilir bir fonksiyonel tanı metodudur. Morfolojik görüntüleme sağlayan BTKA, bu noktada hibrit görüntüleme için MPS yöntemine iyi bir partner olmaktadır (Şekil 1). MPS yönteminin ciddi koroner stenozları belirlemedeki duyarlılığı %91 ve özgüllüğü %87 olarak bildirilmiştir (15). Testin negatif öngörü değeri de oldukça yüksek olup, normal perfüzyon izlenen hastalarda ani kardiyak ölüm ve ölümcül olmayan miyokart infarktüsü riskinin %1'in altında olduğunu bildiren yayınlar bulunmaktadır (16). Ancak MPS yöntemi ile iskemi oluşturmeyen plakların tespit edilememesi, MPS'nin negatif öngörü değerinin azalmasına neden olmaktadır. Bu tür plakların rüptürüne bağlı akut miyokart infarktüsü olgularının %43'ünde ve ani kardiyak ölüm olgularının %31'inde MPS normal olarak yorumlanmaktadır (17). Çoklu damar patolojilerinde, etkilenen bölgenin sınırlarının tam olarak belirlenememesi, dengeli çoklu damar hastalıklarında normal veya normale yakın perfüzyon izlenebilmesi ve özellikle obez hastalarda atenüasyona bağlı olarak yanlış pozitif bulgular elde edilmesi de MPS'nin kullanımını kısıtlayan diğer durumlar arasında sayılabilir (18).

Kardiyak Hibrit Görüntülemede Klinik Uygulamalar

Anatomik ve fonksiyonel görüntüleme tekniklerinin KAH tanısında birlikte kullanılmasını sağlayan SPECT/BT hibrit görüntüleme sistemleri giderek artan sıklıkta klinik kullanımda yer almaktadır. Hibrit sistemlerin bir kısmı konvansiyonel cihazlara entegre edilmiş BT üniteleri ile çalışırken (Şekil 2), katı hal CZT detektörleri

ile yapılandırılmış ve tamamen kardiyak çalışmalara özel olarak tasarlanmış entegre sistemler de bulunmaktadır. İnvazif olmayan bir teknik olması hibrit kardiyak görüntülemenin tercih edilmesinde önemli rol oynamakla birlikte, artan radyasyon dozları ve maliyet dikkate alındığında seçilmiş hastalarda uygulanmasının doğru bir yaklaşım olacağı düşünülmektedir. Hastanın yaşı, cinsiyeti, göğüs ağrısının tipi ve efor testi esnasındaki EKG değişikliklerine göre belirlenen kardiyak hastalıklarla ilişkili risk durumu, uygulanacak görüntüleme yönteminin seçilmesinde kriter olarak kullanılmaktadır. Özellikle orta derecede riskli hasta grubunda, tespit edilen koroner arter darlığının hemodinamik etkilerinin belirlenmesi, tedavi yöntemi (medikal tedavi veya revaskülarizasyon) ile ilgili kararın verilmesinde önemli bir faktördür. Bu nedenle orta riskli hasta grubu, hem BTKA hem de perfüzyon görüntülemenin bir arada gerçekleştirilebildiği hibrit görüntüleme için uygun bir popülasyondur. Çoklu damar hastalıklarında da koroner anjiyografi ile saptanan darlıkların perfüzyona yansımada farklılıklar olabileceğinden hibrit görüntüleme iyi bir seçenek olmaktadır. Yapılan çalışmalarda bu hastalarda hemodinamik olarak ciddi lezyonların saptanmasında hibrit görüntülemenin tanılabilirliğinin daha yüksek olduğu belirtilmektedir (19). Darlığa yol açan lezyonun ve hemodinamik etkilerinin bir arada değerlendirilmesi, revaskülarizasyon esnasında komplikasyon riskinin yüksek olduğu kronik total oklüzyon olgularında olduğu gibi, tedavi yaklaşımına da katkı sağlamaktadır. Bu tür olgularda girişimsel işlemlerin azaltılması ile komplikasyon oranlarında azalma elde edilmektedir.

Hibrit cihazlara entegre edilen BT sistemleri genel olarak oldukça gelişmiş cihazlar olmakla birlikte, BTKA yapılabilmesi için tavsiye edilen minimum kesit sayısının 64 olması, bu amaçla kullanımının yaygınlaşmasını zorlaştırmaktadır. Ancak yapılan çalışmalar, SPECT/BTKA hibrit görüntüleme ile KAH tespitinde oldukça faydalı veriler elde edildiğini göstermektedir. SPECT/BT ile BTKA'nın karşılaştırıldığı bir çalışmada, 170 segment üzerinden yapılan değerlendirme sonucunda SPECT/BT'nin duyarlılık, özgüllük, pozitif ve negatif öngörü değerleri sırasıyla %96, %95, %77 ve %99 olarak tespit edilirken BTKA'nın %96, %63, %31 ve %99 olarak belirtilmiştir. İki yöntemin duyarlılık ve negatif öngörü değerleri benzerken; özgüllük ve pozitif öngörü değerlerinin SPECT/BT ile daha yüksek olduğu görülmektedir (20). Altmış dört kesitli BT kullanılarak yapılan BTKA çalışması ile TI-201 kullanılarak yapılan MPS

görüntülemenin karşılaştırıldığı bir başka çalışmada ise, yalnızca BTKA ile yapılan değerlendirmeye kıyasla BTKA ve MPS görüntülemenin birlikte değerlendirilmesinin özellikle pozitif öngörü değerinde belirgin artış sağladığı belirtilmektedir (21). Hibrit görüntüleme ile oluşturulan üç boyutlu füzyon görüntüleri koroner lezyonların fonksiyonel durumu ile ilgili ek bilgi sağlayarak tedavi planlamasında faydalı olmaktadır (22,23,24).

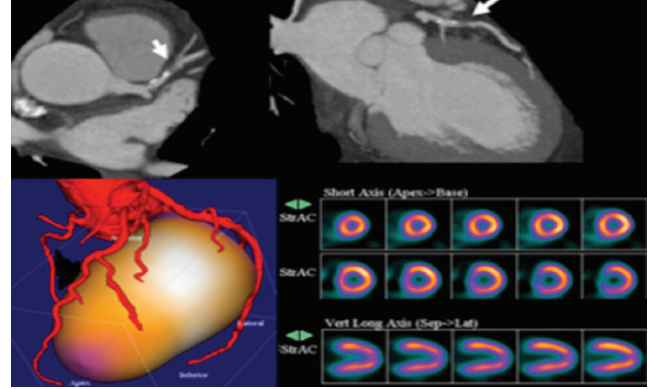
Toplam 289 hasta üzerinde yapılan 4 ayrı çalışmada, SPECT/BTKA hibrit görüntüleme ile %50'nin üzerindeki koroner arter darlıklarının tespitinde duyarlılık %80-96, özgüllük %92-99 olarak verilmektedir. Pozitif ve negatif öngörü değerleri için ise sırasıyla %93 ve %98'e ulaşan değerler elde edilmiştir (Tablo 1).

KAH Tanısında BT Koroner Arter Kalsiyum Skorlamanın Rolü

Koroner arter kalsiyum skorlama (KAKS) ile subklinik koroner aterosklerozun gösterilmesinin kardiyak ölüm ve iskemik olay tahmininde doğru bilgiler sağladığına dair elde edilen veriler, KAKS'in koroner risk değerlendirmesinin bir parçası olarak kılavuzlarda yerini almasını sağlamıştır (25). Özellikle düşük-orta risk grubundaki hastalarda KAKS'in ek bilgiler sağlayabileceği düşünülmektedir. KAKS sıfır olan, düşük-orta risk grubundaki hastalarda akut koroner sendrom riskinin oldukça düşük olduğu ve testin negatif öngörü değerinin %99'lara ulaştığı belirtilmektedir. Ancak özgüllük (%64) ve pozitif öngörü değerleri (%20) düşüktür (26,27).

Yapılan çalışmalar, KAKS'in MPS ile birlikte kullanılmasının ek prognostik bilgi sağlayacağını göstermektedir. KAK skoru/patolojik MPS uyumunun artan KAK skorları ile orantılı olduğu; skoru yüksek olan hastalarda pozitif MPS oranının %20'lere ulaştığı belirtilmektedir. Bu nedenle KAK skoru 400'ün üzerinde olan hastalarda perfüzyon çalışmasının

yapılması gerektiği düşünülmektedir. Normal MPS bulguları olan hastaların %31'inde KAK skorunun 400'ün üzerinde (Şekil 3), %56'sında ise 100'ün üzerinde olduğu görülmektedir. Yüksek KAK skoru olan hastalara prognostik açıdan agresif medikal tedavi uygulanması konusunda görüş birliği olması nedeniyle, MPS'nin ilk tetkik olarak uygulanması durumunda normal perfüzyon bulguları varlığında da KAKS uygulamasının yarar sağlayabileceği rapor edilmektedir (28). Bir çalışmada, %50'nin üzerindeki koroner arter darlıklarının tespitinde MPS yönteminin



Şekil 1. Koroner arter hastalığı risk faktörleri pozitif olan 55 yaşında erkek hastada, proksimal sol ön inen arterde (LAD) hafif kalsifikasyon bulguları (koroner arter kalsiyum skoru 64) ve 64 kesitli bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografide proksimal LAD'de anlamlı luminal darlık düşündürülen eksantrik yumuşak plak bulguları saptanmıştır. Entegre eforlu MPS-SPECT 'de sol ventrikülün tamamında perfüzyon normal sınırlardadır. Bu olguda BTKA'da anatomik olarak anlamlı değerlendirilen bir LAD lezyonunun pik eforda elde edilen MPS-SPECT'de saptanan normal anterior ve septal perfüzyon bulgularıyla fonksiyonel olarak anlamsız olduğu gösterilmektedir (Siemens Healthcare GmbH izni ile)

STRAC: Efor sonrası atenüasyon düzeltmesi yapılmış görüntüler

Tablo 1. Tek foton emisyon tomografisi/bilgisayarlı tomografi koroner anjiyografi hibrit görüntüleme yönteminin, %50'nin üzerindeki koroner arter darlıklarının tespitindeki tanısal değeri

Yazar	Hasta sayısı	Kriter	DUY	ÖZG	PÖD	NÖD
Rispler ve ark. (20)	56	İnvazif koroner anjiyografide >%50 stenoz	96	95	77	99
Sato ve ark. (21)	130	İnvazif koroner anjiyografide >%50 stenoz	94	92	85	97
Li ve ark. (23)	54	İnvazif koroner anjiyografide >%50 stenoz	90,3	98,9	93,3	98,4
Kadokami ve ark. (24)	49	İnvazif koroner anjiyografide >%50 stenoz	80	94	77	95
Ortalama Değerler			90,1	95	83,1	97,4

DUY: Duyarlılık, ÖZG: Özgüllük, PÖD: Pozitif öngörü değeri, NÖD: Negatif öngörü değeri

duyarlılığı %76, özgüllüğü %91 iken; KAKS ile birlikte değerlendirildiğinde özgüllükte belirgin azalma olmaksızın duyarlılığın %86'ya yükseldiği bildirilmiştir (29).

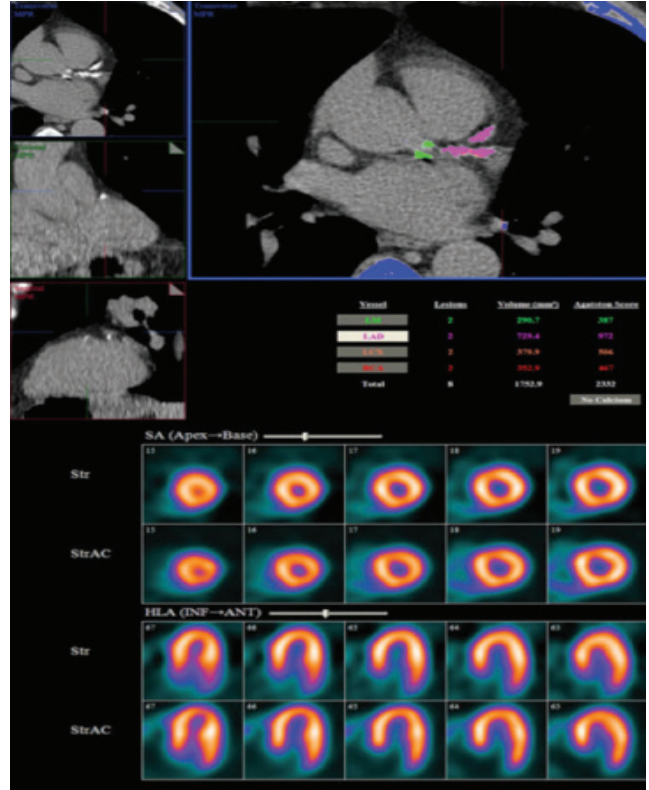
Kardiyak BT ile Atenüasyon Düzeltmesi

Fotonların dokular tarafından atenüe edilmesi, kardiyak SPECT çalışmalarının özgüllüğünü etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Bu durum sıklıkla, meme dokusuna bağlı olarak anterior duvarda ve diyafragmaya bağlı olarak inferior duvarda yanlış pozitif yorumlara neden olmaktadır. Bu sorunu çözmeye yönelik olarak Am-241, Gd-153, Tc-99m gibi çeşitli eksternal kaynaklar kullanılarak atenüasyon düzeltmesi metodları üzerinde çalışılmıştır. Yapılan bazı çalışmalar atenüasyon düzeltmesinin özellikle özgüllüğü artırdığını savunurken, bunun tersini iddia eden, hatta testin doğruluk oranında azalmaya neden olduğunu savunan çalışmalar da bulunmaktadır (30,31). Kardiyak hibrit görüntülemenin yaygınlaşması ile birlikte, atenüasyon düzeltmesinde BT kullanımına ilişkin çalışmalar da hız kazanmıştır. BT'den elde edilen polikromatik X ışınları, yukarıda anlatılan radyoaktif kaynaklara kıyasla transmisyon görüntülerinin oldukça hızlı elde edilmesine olanak sağlamaktadır.

Yapılan çalışmalar BT ile atenüasyon düzeltmesinin genel olarak MPS'nin tanısal doğruluğunu artırdığı yönündedir (Şekil 4). Yüz yedi hasta üzerinde yapılan bir çalışmada, hastaların SPECT/BT ile atenüasyon düzeltilmesi yapılan görüntülerinin koroner arter hastalığı tespitindeki tanısal doğruluğu değerlendirilmiştir. Atenüasyon düzeltilmesi yapılan görüntülerin duyarlılığı %83'ten %79'a düşürdüğü, buna karşılık özgüllüğü %63'ten %86'ya yükselttiği bildirilmiştir. Koroner arter bazında yapılan değerlendirmede, atenüasyon düzeltmesi ile sağ koroner arter bölgesindeki perfüzyon defektlerinin tespitinde tetkikin özgüllüğünün %73'ten %88'e, doğruluğunun ise %74'ten %83'e yükseldiği görülmektedir (32). Huang ve ark. atenüasyon düzeltmesi ile özellikle inferior duvarda defekt skorlarında azalma olduğunu ve bu durumun erkeklerde kadınlara kıyasla daha belirgin olduğunu bildirmiştir (33). Aynı çalışmada, atenüasyon düzeltmesi sonrası MPS'nin duyarlılığının %94,6'dan %91,9'a düşerken, özgüllüğünün %62,9'dan %79'a yükseldiği belirtilmiştir (33). BT ile yapılan atenüasyon düzeltmesinde, sistemin tanısal performansını etkileyen önemli sorunlardan birisi, transmisyon ve emisyon verilerinin kaydı esnasındaki uyumsuzluktur.



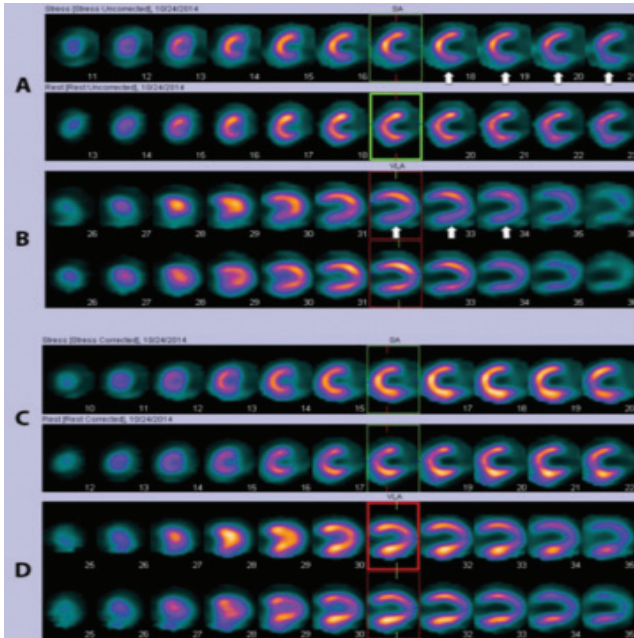
Şekil 2. Entegre SPECT/BT sistemi (Siemens Healthcare GmbH izni ile)



Şekil 3. Koroner arter hastalığı risk faktörleri pozitif olan asemptomatik hastanın 6 kesitli bilgisayarlı tomografi görüntülerinde tüm koroner arterlerde yoğun kalsifikasyon izlenmektedir. Toplam koroner arter kalsiyum skoru 2,332 olarak hesaplanan hastanın pik eforda elde edilen entegre stres MPS-SPECT bulguları normal sınırlardadır (Siemens Healthcare GmbH izni ile)

STR: Stres (efor sonrası görüntüler), STRAC: Efor sonrası atenüasyon düzeltmesi yapılmış görüntüler, LM: Sol ana koroner arter, LAD: Sol ön inen arter, LCX: Sol sirkumfleks arter, RCA: Sağ koroner arter, SA: Kısa eksen görüntüleri, HLA: Horizontal uzun eksen görüntüleri, INF: İnférieur (alt), ANT: Anterior (ön)

Kayıt uyumsuzlukları sık rastlanan durumlardır. Yapılan bir çalışmada hastaların %47'sinde transmisyon ve emisyon verileri arasında kayıt uyumsuzluğu bildirilmiştir. Birkaç piksel büyüklüğündeki minör uyumsuzlukların tanisal doğruluğu etkilemediğini bildiren yayınlar olmakla birlikte, aksini iddia eden çalışmalar da bulunmaktadır. Kayıt uyumsuzluklarında özellikle anterior duvar ve apekte defekt oluşumu dikkati çekmektedir (Şekil 5), inferior duvarda ise bu etki daha azdır (34,35). Sonuç olarak atenüasyon düzeltmesinin genel olarak MPS'nin tanisal doğruluğunu artırdığına ilişkin yayınlar bulunmakla birlikte yöntemin hala teknik olarak mükemmel olmadığı kabul edilmektedir. Ağırlıklı olarak respirasyona bağlı kalp pozisyon farklarından



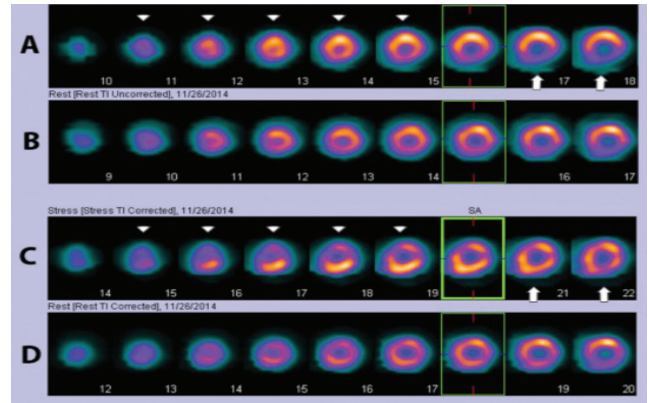
Şekil 4. Akut miyokart infarktüsü nedeni ile koroner anjiyografi yapılan 51 yaşındaki erkek hastada sirkumfleks arterde total oklüzyon saptanarak bu bölgeye stent uygulanmıştır. Girişim sonrasında yapılan tek gün rest-adenozin stres Tc-99m metoksiizobütilizonitril SPECT/BT çalışmasında: Atenüasyon düzeltmesi yapılmamış görüntülerde (A,B) lateral duvarda saptanan MI ile uyumlu geniş perfüzyon defektine ek olarak, akut miyokart infarktüs alanının inferior komşuluğunda (oklar) efor iskemisi açısından kuşkulu görünüm mevcuttur. Atenüasyon düzeltmesi yapılmış rest ve stres görüntülerinde (C,D), tanımlanan alanda perfüzyon normal sınırlarda izlenmektedir. Bu olguda infarkt alanı komşuluğunda rezidüel efor iskemisi kuşkusu bilgisayarlı tomografi atenüasyon düzeltme ile ekarte edilmektedir (Ondokuz Mayıs Üniversitesi arşivinden)

VLA: Vertikal uzun eksen görüntüleri

doğan kayıt hataları, düzeltme esnasında yeni artefaktlar yaratmaktadır. Bu hatalar bazı hastalarda manuel müdahale sonrası giderilebilse de, genelde kalıcı sonuçlar doğurmaktadır. Ancak rutin kullanım arttıkça, sistemin sebep olabileceği artefakt tipleri öğrenilebilmekte ve tahmin edilebilmektedir. Raporlamada düzeltilmiş ve düzeltilmemiş görüntü serilerinin kesinlikle birlikte yorumlanması gerekmektedir.

Sonuç

Hibrit kardiyak görüntüleme genel anlamda oldukça avantajlı bir teknik olmakla birlikte, radyasyon dozlarındaki ve maliyetteki artış dikkate alınarak seçilmiş hastalarda uygulanmasının doğru bir yaklaşım olacağı ve KAKS ile birlikte değerlendirildiğinde özellikle düşük-orta risk grubundaki hastalarda yarar sağlayabileceği düşünülmektedir. Bu durum özellikle orta derecede riskli hasta grubunda önem kazanmaktadır. Bu hasta grubunda koroner arter darlığının hemodinamik etkilerinin bilinmesi, tedavi



Şekil 5. Altmış yedi yaşındaki erkek hastada adenosin stres-rest Tl-201 SPECT/BT çalışması: İnförior duvarın bazal kesimlerinde izlenen, stres kesitlerinde (A) dinlenme kesitlerine (B) kıyasla daha belirgin olan rölatif hipoaktif görünüm (oklar) efor iskemisi kuşkusu yaratmaktadır. Atenüasyon düzeltmesi yapılmış stres-rest kesitlerinde (C,D) aynı alanın normal sınırlarda perfüzyon bulguları sergilediği görülmektedir. Ancak, düzeltme işlemi esnasında anterior duvarın apikal-midventriküler kesimlerinde önceden var olmayan hipoperfüzyon görüntüsünün (ok başları) olduğu dikkat çekmektedir. Düzeltilmiş rest görüntülerinde (D) bu alanda perfüzyon normal olduğundan artefaksiyel olarak antero-apikal efor iskemisi bulguları oluşmuştur. Bu tip düzeltme hataları nadir olmadığından çalışmaları sadece düzeltilmiş SPECT görüntülerinden yorumlamak mümkün olmamaktadır (Ondokuz Mayıs Üniversitesi arşivinden)

planının belirlenmesinde önemli bir faktördür. Bu nedenle orta riskli hasta grubu hibrit kardiyak görüntüleme için uygun bir popülasyondur. Çoklu damar hastalıklarında da anjiyografik olarak saptanan darlıkların miyokardial perfüzyona yansımada farklılıklar olabileceğinden hibrit görüntülemenin iyi bir seçenek olabileceği düşünülmektedir. Atenüasyon düzeltmesinin genel olarak MPS'nin tanısallı doğruluğunu artırdığına ilişkin yayınlar bulunmakla birlikte yöntemin hala teknik olarak mükemmel olmadığı kabul edilmektedir. Bu nedenle raporlamada düzeltilmiş ve düzeltilmemiş görüntü serilerinin birlikte yorumlanması önemlidir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Çalışmamız için hiçbir kurum ya da kişiden finansal destek alınmamıştır.

Kaynaklar

- Pitman AG, Kalff V, Van Every B, Risa B, Barnden LR, Kelly MJ. Contributions of subdiaphragmatic activity, attenuation, and diaphragmatic motion to inferior wall artifact in attenuation corrected Tc-99m myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Cardiol* 2005;12:401-419.
- Corbett JR, Kritzman JN, Ficaro EP. Attenuation correction for single photon emission computed tomography myocardial perfusion imaging. *Curr Cardiol Rep* 2004;6:32-40.
- Coyne EP, Belvedere DA, Vande Streek PR, Weiland FL, Evans RB, Spaccavento LJ. Thallium-201 scintigraphy after intravenous infusion of adenosine compared with exercise thallium testing in the diagnosis of coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 1991;17:1289-1294.
- Iskandrian AS, Heo J, Kong B, Lyons E. Effect of exercise level on the ability of thallium-201 tomographic imaging in detecting coronary artery disease: Analysis of 461 patients. *J Am Coll Cardiol* 1989;14:1477-1486.
- Segall GM, Davis MJ, Goris ML. Improved specificity of prone versus supine thallium SPECT imaging. *Clin Nucl Med* 1988;13:915-916.
- Segall GM, Davis MJ. Prone versus supine thallium myocardial SPECT: A method to decrease artifactual inferior wall defects. *J Nucl Med* 1989;30:548-555.
- Travin MI, Heller GV, Johnson LL, et al. The prognostic value of ECG-gated SPECT imaging in patients undergoing stress Tc-99m sestamibi myocardial perfusion imaging. *J Nucl Cardiol* 2004;11:253-262.
- Gould KL, Lipscomb K, Hamilton GW. Physiologic basis for assessing critical coronary stenosis: Instantaneous flow response and regional distribution during coronary hyperemia as measures of coronary flow reserve. *Am J Cardiol* 1974;33:87-94.
- Fujimoto S, Wagatsuma K, Uchida Y, et al. Study of the predictors and lesion characteristics of ischemic heart disease patients with false negative results in stress myocardial perfusion single-photon emission tomography. *Circ J* 2006;70:297-303.
- Budoff MJ, Dowe D, Jollis JG, et al. Diagnostic performance of 64-multidetector row coronary computed tomographic angiography for evaluation of coronary artery stenosis in individuals without known coronary artery disease: Results from the prospective multicenter ACCURACY (Assessment by Coronary Computed Tomographic Angiography of Individuals Undergoing Invasive Coronary Angiography) trial. *J Am Coll Cardiol* 2008;52:1724-1732.
- Arbab-Zadeh A, Miller JM, Rochitte CE, et al. Diagnostic accuracy of computed tomography coronary angiography according to pre-test probability of coronary artery disease and severity of coronary arterial calcification. The CORE-64 (Coronary Artery Evaluation Using 64-Row Multidetector Computed Tomography Angiography) International Multicenter Study. *J Am Coll Cardiol* 2012;59:379-387.
- Iyengar SS, Morgan-Hughes G, Ukoumunne O, et al. Diagnostic accuracy of high-definition CT coronary angiography in high-risk patients. *Clin Radiol* 2016;71:151-158.
- Gaemperli O, Kaufmann PA, Alkadhi H. Cardiac hybrid imaging. *Eur J Nucl Med Mollmaging* 2014;41(Suppl 1):91-103.
- Hachamovitch R, Rozanski A, Shaw LJ, et al. Impact of ischaemia and scar on the therapeutic benefit derived from myocardial revascularization vs. medical therapy among patients undergoing stress-rest myocardial perfusion scintigraphy. *Eur Heart J* 2011;32:1012-1024.
- Kapur A, Latus KA, Davies G, et al. A comparison of three radionuclide myocardial perfusion tracers in clinical practice: The ROBUST study. *Eur J Nucl Med Mollmaging* 2002;29:1608-1616.
- Shaw LJ, Iskandrian AE. Prognostic value of gated myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Cardiol* 2004;11:171-185.
- Hachamovitch R, Berman DS, Shaw LJ, et al. Incremental prognostic value of myocardial perfusion single photon emission computed tomography for the prediction of cardiac death differential stratification for risk of cardiac death and myocardial infarction. *Circulation* 1998;97:535-543.
- Singh B, Bateman TM, Case JA, Heller G. Attenuation artifact, attenuation correction, and the future of myocardial perfusion SPECT. *J Nucl Cardiol* 2007;14:153-164.
- Santana CA, Garcia EV, Faber TL, et al. Diagnostic performance of fusion of myocardial perfusion imaging (MPI) and computed tomography coronary angiography. *J Nucl Cardiol* 2009;16:201-211.
- Rispler S, Keidar Z, Ghersin E, et al. Integrated single-photon emission computed tomography and computed tomography coronary angiography for the assessment of hemodynamically significant coronary artery lesions. *J Am Coll Cardiol* 2007;49:1059-1067.

21. Sato A, Nozato T, Hikita H, et al. Incremental value of combining 64-slice computed tomography angiography with stress nuclear myocardial perfusion imaging to improve noninvasive detection of coronary artery disease. *J Nucl Cardiol* 2010;17:19-26.
22. Gaemperli O, Schepis T, Valenta I, et al. Cardiac image fusion from stand-alone SPECT and CT: Clinical experience. *J Nucl Med* 2007;48:696-703.
23. Li JM, Shi RF, Zhang LR, Li T, Dong Z. Combined CT angiography and SPECT myocardial perfusion imaging for the detection of functionally relevant coronary stenoses. *Mol Med Rep* 2013;7:1391-1396.
24. Kadokami T, Ando S, Momii H, et al. Diagnostic performance of cardiac fusion images from myocardial perfusion imaging and multislice computed tomography coronary angiography for assessment of hemodynamically significant coronary artery lesions: An observational study. *Nucl Med Commun* 2012;33:60-68.
25. Grundy SM, Cleeman JI, Merz CN, et al. Implications of recent clinical trials for the national cholesterol education program adult treatment panel III guidelines. *J Am Coll Cardiol* 2004;44:720-732.
26. Mouden M, Timmer JR, Reiffers S, et al. Coronary artery calcium scoring to exclude flow-limiting coronary artery disease in symptomatic stable patients at low or intermediate risk. *Radiology* 2013;269:77-83.
27. Fernandez-Friera L, Garcia-Alvarez A, Bagheriannejad-Esfahani F, et al. Diagnostic value of coronary artery calcium scoring in low-intermediate risk patients evaluated in the emergency department for acute coronary syndrome. *Am J Cardiol* 2011;107:17-23.
28. Berman DS, Hachamovitch R, Shaw LJ, et al. Roles of nuclear cardiology, cardiac computed tomography, and cardiac magnetic resonance: noninvasive risk stratification and a conceptual framework for the selection of noninvasive imaging tests in patients with known or suspected coronary artery disease. *J Nucl Med* 2006;47:1107-1118.
29. Schepis T, Gaemperli O, Koepfli P, et al. Added value of coronary artery calcium score as an adjunct to gated SPECT for the evaluation of coronary artery disease in an intermediate-risk population. *J Nucl Med* 2007;48:1424-1430.
30. Corbett JR, Ficaro EP. Attenuation corrected cardiac perfusion SPECT. *Curr Opin Cardiol* 2000;15:330-336.
31. Banzo I, Pena FJ, Allende RH, Quirce R, Carril JM. Prospective clinical comparison of non-corrected and attenuation-and scatter-corrected myocardial perfusion SPECT in patients with suspicion of coronary artery disease. *Nucl Med Commun* 2003;24:995-1002.
32. Plachcinska A, Włodarczyk M, Kovacevic-Kusmieriek K, et al. Diagnostic performance of myocardial perfusion SPECT with attenuation correction. *Kardiol Pol* 2015;doi:10.5603/KP.a2015.0100.
33. Huang R, Li F, Zhao Z, et al. Hybrid SPECT/CT for attenuation correction of stress myocardial perfusion imaging. *Clin Nucl Med* 2011;36:344-349.
34. Tonge CM, Manoharan M, Lawson RS, Shields RA, Prescott MC. Attenuation correction of myocardial SPECT studies using low resolution computed tomography images. *Nucl Med Commun* 2005;26:231-237.
35. Plachcinska A, Włodarczyk M, Drozd J, et al. Effect of CT misalignment on attenuation-corrected myocardial perfusion SPECT. *Nucl Med Rev Cent East Eur* 2015;18:78-83.



Benign ve Malign Kemik Lezyonlarını Değerlendirmede Tek Foton Emisyon Tomografi/Bilgisayarlı Tomografinin Değeri

The Value of Single Photon Emission Computed Tomography/Computed Tomography in Evaluating Benign and Malignant Bone Lesions

Mustafa Aras¹, Halil Turgut Turoğlu²

¹Bülent Ecevit Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Zonguldak, Türkiye

²Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Öz

Anatomik görüntüleme yöntemlerindeki gelişmelere rağmen kemik sintigrafisi bir çok benign ve malign kemik lezyonunun değerlendirilmesinde hala önemli bir yere sahiptir. Konvansiyonel sintigrafik yöntemlerin duyarlılığının yüksek olmasına karşın özgülüğünün istenilen düzeyde olmaması sintigrafide saptanan bulguların radyolojik görüntüleme yöntemleriyle korelasyonunu gerektirmektedir. Entegre tek foton emisyon tomografisi/bilgisayarlı tomografi (SPECT/BT) cihazları ile sintigrafiden gelen fonksiyonel bilgi ve BT'nin sağladığı anatomik ayrıntı tek bir incelemede birleştirilerek her iki modalitenin kendi başlarına sağladığı tanısal performanstan çok daha iyi sonuçlar daha kolay şekilde alınmaktadır. Bu derlemede benign ve malign kemik lezyonlarını değerlendirmede SPECT/BT'nin yeri tartışılacaktır.

Anahtar kelimeler: Kemik sintigrafisi, benign kemik lezyonları, malign kemik lezyonları, SPECT/BT

Abstract

The bone scan is still an important imaging tool for evaluating benign and malignant bone lesions despite the advances in anatomical imaging methods. On the other hand, its relatively poor specificity makes it necessary to correlate scintigraphic findings with radiological methods. The functional data from scintigraphy and the structural information from computed tomography are combined in integrated single-photon emission computed tomography/computed tomography (SPECT/CT) devices. Its diagnostic performance is higher than that of either alone. Herein, we briefly discussed the value of SPECT/CT in evaluating benign and malignant bone disorders.

Keywords: Bone scan, benign bone lesions, malignant bone lesions, SPECT/CT

Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Dr. Mustafa Aras, Bülent Ecevit Üniversitesi Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Zonguldak, Türkiye

E-posta: drmustafa.aras@hotmail.com

© Nükleer Tıp Seminerleri, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır. / © Nuclear Medicine Seminars, published by Galenos Publishing.

Giriş

Kemik sintigrafisi kemik patolojilerini saptamaya yarayan noninvaziv ve oldukça duyarlı bir görüntüleme yöntemidir. Miyokardial perfüzyon görüntülemesinden sonra konvansiyonel nükleer tıp uygulamaları içinde en sık yapılan ikinci tetkiktir (1). Kolay ulaşılabilir olması, diğer görüntüleme yöntemlerine kıyasla fiyatının uygun olması, tüm iskeletin tek bir incelemede taranabilir olması ve uzun yıllardır günlük pratikte kullanılması sebebiyle klinik tecrübenin fazla olması gibi nedenlerden dolayı bir çok kemik lezyonunun saptanmasında ve karakterize edilmesinde tercih edilmektedir. Anatomik görüntüleme yöntemlerindeki gelişmelere rağmen kemik patolojilerini değerlendirmede hala önemli bir yere sahiptir. İskelet gerek normal fizyolojik büyüme sürecinde gerekse patolojik durumlara yanıt olarak sürekli değişen aktif bir organdır (1). Sağlıklı kemikte kemik yapımı (osteoblastik aktivite) ve yıkımı (osteoklastik aktivite) süreklilik göstermektedir. Osteoblastlar osteoid matriks yapar ve daha sonra hidroksiapatit kristalleri bu matrikse tutunarak kemiğin mineralize olmasını sağlar. Kemik sintigrafisinde sıkça kullanılan Tc-99m ile işaretli difosfonat türevleri lokal kan akımı ve osteoblastik aktivite ile doğru orantılı olarak hidroksiapatit kristallerine bağlanırlar. Kemik yapımındaki çok küçük değişiklikleri dahi gösterebildiğinden, kemik sintigrafisi ile lezyonlar direkt grafi veya BT'den çok daha erken sürelerde (örneğin; travma sonrası 24-48 saat içinde) anatomik değişiklikler henüz oluşmadan saptanabilir (2). Kemik sintigrafisinin osteoblastik lezyonları saptamada duyarlılığı %95'lere ulaşırken yalancı negatiflik oranları ise %5 civarındadır (1). Bu derlemede iskelet sisteminin benign ve malign patolojilerinin değerlendirilmesinde SPECT/BT'nin rolü tartışılacaktır.

Planar ve Tek Foton Emisyon Tomografisi Görüntüleme

Planar görüntüleme tüm vücudu değerlendirmeye olanak sağlaması, maliyetinin düşük ve duyarlılığının ise yüksek olmasından dolayı kemik taramada önemli bir yere sahiptir. Tek foton emisyon tomografisi (SPECT) görüntüleme özellikle vertebral kolon, göğüs kafesi, pelvis ve kranium gibi kemik yapıların üst üste bindiği, anatominin karışık olduğu yerlerdeki lezyonları saptamada ve karakterize etmede kemik sintigrafisinin duyarlılık, özgülük, negatif ve pozitif öngörü değerlerini arttırmaktadır (1,2). Bir çok klinik durumda kemik sintigrafisi ile, diğer görüntüleme yöntemlerine

gerek kalmadan, tanı için yeterli bilgi elde edilmekle birlikte; SPECT kesitlerinin yeni çekilmiş bilgisayarlı tomografi (BT), manyetik rezonans (MR) veya pozitron emisyon tomografisi/bilgisayarlı tomografi (PET/BT) görüntüleri ile birebir karşılaştırılması lezyonları karakterize etmede tetkikin performansını daha da arttırmaktadır (1). Ancak farklı cihazlardan elde edilen anatomik (BT, MR vb.) ve fonksiyonel (planar ve SPECT) görüntülerin sanal füzyon yapılması hasta ve/veya solunum hareketi gibi nedenlerden dolayı hem zor ve hataya açık, hem de zaman alan bir işlemdir. Füzyon görüntülemenin avantajlarından yararlanırken yukarıda sayılan sınırlılıkları ortadan kaldırmak amacıyla SPECT/BT cihazları geliştirilmiştir.

Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi

Hibrit görüntülemenin günlük nükleer tıp pratiğindeki yeri ve önemi her geçen gün artmaktadır. PET/BT'den sonra SPECT/BT de bir çok nükleer tıp biriminde kullanılmaya başlamıştır. Hibrid (entegre) SPECT/BT aygıtları aynı hasta masasını ancak iki ayrı gantri kullanan gamma kamera ve BT cihazlarının, birbiriyle uyumlu kesitsel görüntülemesine izin verecek şekilde birleştirilmesiyle ortaya çıkmıştır. Öndeki gantri çift dedektörlü gama kameraya (SPECT'e), arkadaki gantri ise BT'ye aittir. Hem SPECT hem de BT için ortak ve tek olan hasta masası; bilgisayar kontrolü altındadır. SPECT/BT aygıtlarında önce SPECT görüntülemesi yapılır ve hemen sonra BT incelemesi yapılır. Hastanın aynı masada yatarken gama kamera detektöründen BT detektörüne hareket ettirilmesi ile SPECT/BT incelemesi gerçekleştirilir. SPECT emisyon ve BT transmisyon çekimleri ayrı ayrı bilgisayar belleğine kaydedilir. BT verilerinden elde edilen foton azalımı (atenüasyon) düzeltme katsayıları SPECT görüntülerine uygulanır. SPECT veri setlerinin bu BT tabanlı atenüasyon düzeltmesi işlemi sayesinde doku atenüasyonu için düzeltilmiş SPECT görüntüleri elde edilir. Foton azalımı düzeltmesi yapılmış SPECT görüntüleri ile BT görüntüleri birleştirilir (çakıştırılır). Bu şekilde elde edilen görüntülere "füzyon" veya ko-registrasyon ("co-registration") imajları adı verilir. SPECT ve BT görüntüleme eş zamanlı (simültane) yapılmadığı için bu iki ardışık inceleme arasında hastanın hareket etmemesi çok önemlidir; aksi takdirde hareket artefaktı oluşur. Sintigrafiden gelen fonksiyonel bilgi ile BT'nin sağladığı anatomik ayrıntı tek bir incelemede birleştirilerek her iki modalitenin

kendi başlarına sağladığı tanısal performanstan çok daha iyi sonuçlar daha kolay şekilde alınmaktadır. BT görüntüleri atenüasyon düzeltmenin yanı sıra lezyonların anatomik lokalizasyonu ve karakterizasyonu için de kullanılır. Planar ve SPECT kemik görüntülemesinin duyarlılığının yüksek olmasına karşın özgüllüğünün istenilen düzeyde olmaması sintigrafide saptanan bulguların direkt grafi, BT veya MR gibi radyolojik görüntüleme yöntemleriyle korelasyonunu gerektirmektedir. Bu ek görüntülemeler zaman alıcı olmasının yanı sıra hasta için de stres kaynağıdır. SPECT/BT'nin sağladığı anatomik korelasyon sintigrafide raporlanan şüpheli bulguların sayısında da düşüşe neden olurken; sintigrafisonrasıda hailerigörüntülemeyöntemlerine olan ihtiyacı en aza indirmiştir. Bu nedenle kemik SPECT/BT "one-stop shop" ("tek yerde sonuç", "tek yerde çözüm" veya "hepsi tek yerde") olarak isimlendirilir. Günlük pratikte bir çok klinik durumda sıkça kullanılan planar ve SPECT görüntüleme için belirlenmiş görüntüleme protokolleri varken; SPECT/BT için henüz genel kabul görmüş böyle bir protokol oluşturulmamıştır. Radyasyon maruziyetini en aza indirmek için, klinik ihtiyaca göre seçili hastalarda kısıtlı bölgelerde tetkikin tanısal performansını arttırmada kullanılabilir. Tüm vücut görüntülemesi normal olan hastalar ile tipik benign veya tipik malign lezyon içeren olgularda önerilmezken, tüm vücut görüntülemede şüpheli bulgu saptanan olgularda kullanımı tavsiye edilmektedir (2). Nadir seçilmiş olgularda lezyonları daha iyi karakterize etmek için i.v. kontrast madde de kullanılabilir. Radyasyon dozunu azaltmak için çok iyi hidrasyon ve mesane ile gonad dozunu azaltmak için sık sık idrara çıkmak önerilir. Pediatrik popülasyonda bunlara ek olarak düşük pediatrik doz uygulanması, sedasyon (hareket artefaktlarından kaynaklanan suboptimal görüntü kalitesi ve tekrarları önlemek için), çocuğa yapılacak işlemin çocuğun yaşına uygun bir dille anlatılması çok önemlidir. Çocuk hastalarda, tüm vücut kemik sintigrafisi ve şüpheli bulgular ile daha detaylı lokalizasyon ve mesane üriner kontaminasyon tarafından maskelenen lezyonları ortaya çıkarmak için aynı gün SPECT görüntülemesi yapmak ve kemik SPECT sonrası da şüpheli ve müphem bulgular için iyonizan radyasyon içermeyen manyetik rezonans görüntülemesi önermek uygun olur. Çocuk nöroblastoma hastalarında kemik sintigrafisinin ve kemik SPECT'nin I-131 veya I-123 metaiyodobenzilguanidin ile kombine edilmesi hem saptanan lezyon sayısını, hem de duyarlılığı artırır.

Malign Kemik Lezyonlarını Değerlendirmede Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi

Metastaz tarama ve tedaviye yanıtın değerlendirilmesi kemik sintigrafisinin en sık endikasyonları arasında yer almaktadır. SPECT/BT lezyonların benign/malign ayırımında ve lezyon sınırlarının belirlenmesinde konvansiyonel sintigrafik yöntemlere ek katkılar sağlar. Vertebral kolon ve pelvis, yüksek kırmızı kemik iliği içeriği nedeniyle, iskelette metastatik hastalığın en sık görüldüğü yerlerdir (3). Tüm vücut kemik sintigrafisi kemik metastazı araştırması için duyarlılığı yüksek bir görüntüleme yöntemidir. Ancak bu duyarlılık, tümör tipi, lezyonun yeri ve boyutu gibi bir çok etmene bağlıdır. Osteoblastik veya büyük kısmı osteoblastik olan metastatik lezyonlar; artmış radyofarmasötik tutulumu ("sıcak" lezyon) nedeniyle sintigrafide kolaylıkla görülürler. Oysa, çoğunlukla osteoklastik veya litik olan metastatik lezyonları saptamak; radyofarmasötik tutulumunun ya olmaması ("soğuk" lezyon) veya çevresindeki kemikten ayırt edilememesi nedeniyle, daha zordur. Multipl miyelom gibi osteoklastik veya renal hücreli ve tiroit kanserleri gibi litik lezyonlarla, lenfoma gibi kemik iliğiyle sınırlı lezyonlar için; kemik sintigrafisinin duyarlılığı düşüktür. Florodeoksiglukoz PET/BT kemik iliğinde lokalize, agresif seyirli (destrüktif) ve osteolitik lezyonları saptamada kemik sintigrafisinden daha duyarlıdır. Ancak kemik SPECT/BT incelemesi, tüm vücut kemik sintigrafisinin yüksek duyarlılığına tomografik görüntülemenin (hem SPECT hem BT) süperpoze kemiklerde daha doğru ve detaylı anatomik lokalizasyon sağlama özelliği ile BT'nin özgüllüğünü ekler. SPECT/BT özellikle vertebral kolon ve pelviste saptanan şüpheli aktivite tutulumlarının karakterize edilmesinde ve lezyonlara eşlik eden fraktür ve spinal kord basısı gibi hastaların tedavi ve yönetimini etkileyecek komplikasyonların saptanmasında işe yarar (4) (Şekil 1). Ayrıca SPECT/BT ile planar görüntülemeye göre çok daha fazla sayıda lezyon saptandığı da gösterilmiştir.

Malign kemik lezyonları, özellikle erken dönemlerde, her zaman morfolojik değişikliklere neden olmayabilir. Bu gibi durumlarda SPECT/BT anormal aktivite tutulumunun olası benign nedenlerinin dışlanmasını sağlayarak tanıya gitmede yardımcı olur (5). Kemik lezyonlarını değerlendirilmede planar, SPECT ve SPECT/BT'nin karşılaştırıldığı ilk çalışmalarda planar ve SPECT görüntüleme ile karar verilemeyen lezyonların %90'ından fazlasının SPECT/BT ile doğru şekilde karakterize edildiği gösterilmiştir (6). Lezyonların malign ve benign olarak ayırt edilmesinde entegre

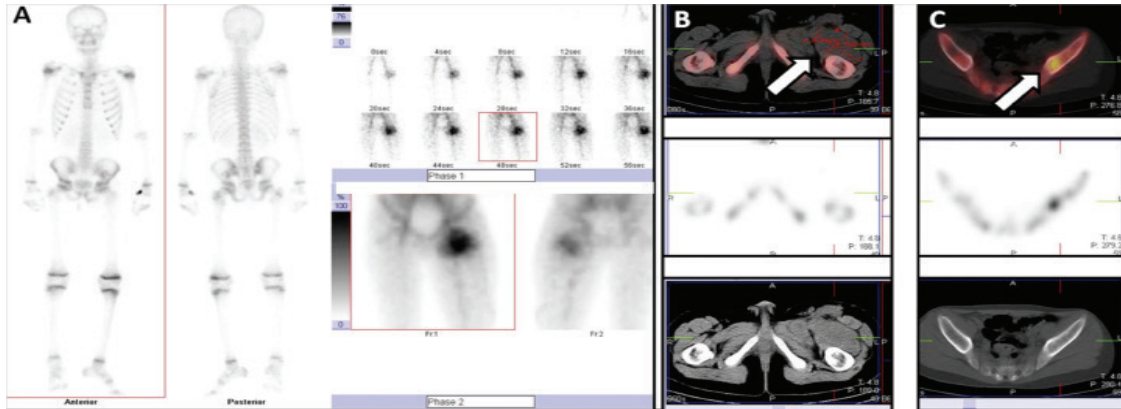
SPECT/BT cihazları ile elde edilen çakıştırılmış “fuzyon” görüntülerinin farklı cihazlarda çekilen SPECT ve BT görüntülerinin ayrı ayrı değerlendirmesinden daha kıymetli olduğu gösterilmiştir (7). Multipl miyelom veya hepatoselüler karsinom gibi kemik sintigrafisinin negatif olabileceği olgularda SPECT/BT’nin BT komponenti olası litik lezyonların saptanmasında kullanılabilir (şekil 2). SPECT/BT lezyonların benign/malign ayırımının yanı sıra biyopsi yerinin belirlenmesinde de faydalıdır.

Benign Kemik Lezyonlarını Değerlendirmede Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi

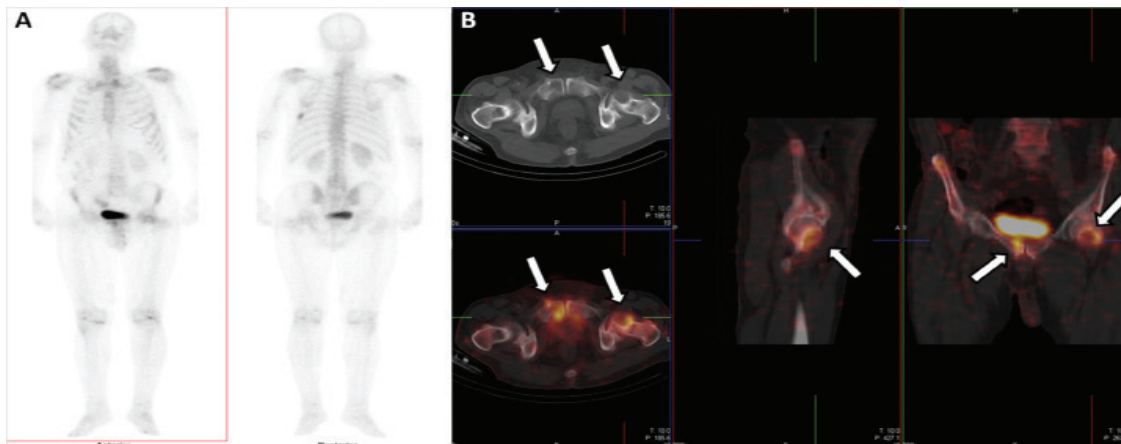
SPECT/BT bir çok primer benign veya enfeksiyöz kemik hastalığında da kemik sintigrafisinin özgüllüğünün yanında duyarlılığını da arttırmaktadır. de arttırmaktadır (8) (şekil 3). Travma hastalarında SPECT/BT ile planar görüntülemeye göre çok daha fazla sayıda lezyon saptandığı gösterilmiştir. Ayrıca

yöntem lezyon lokalizasyonunu iyileştirirken şüpheli bulgu sayısında da düşüşe neden olmuştur. Ligaman ve tendon yaralanmalarının, osteokondral lezyonların, post-travmatik osteoartritin ve stres kırıklarının saptanmasında faydalıdır (2).

İskelet sistemi enfeksiyonlarının tanısında, lokalize edilmesinde ve yaygınlığının araştırılmasında SPECT/BT konvansiyonel sintigrafik yöntemlere ek katkılar sağlamaktadır (9). Özellikle osteomyelit şüphesi ile takip edilen olgularda yumuşak doku/kemik tutulumu ayırımını yaparak doğru tanı konulmasında yardımcı olur. Ayrıca osteomyelit olası komplikasyonlarının (sekestrem, involukrum, sinstraktı, vb.) saptanmasında ve cerrahi tedaviye yol göstermede de faydalıdır (5). Komplike ortopedik cerrahiler sonrası değişen anatomi ve eklenen protezler kemik sintigrafisinin raporlanmasını zorlaştırmaktadır. Bu gibi durumlarda SPECT/BT’nin sağladığı anatomik korelasyon, tetkikin daha doğru



şekil 1. Ewing sarkomu nedeniyle takipli olguda sol uyluk proksimali anteriorunda primer kitle ve sol iliak kanatta kemik metastaz A: Planar; B ve C: Tek foton emisyon tomografisi/bilgisayarlı tomografi görüntüleri



şekil 2. Hepatoselüler karsinom, nedeniyle takipli olguda sol femur başında ve sağ pubik kemikte litik lezyonlar. A: Tüm vücut; B: Tek foton emisyon tomografisi/bilgisayarlı tomografi görüntüleri

ve daha güvenilir bir şekilde yorumlanmasını sağlar. Dejeneratif değişiklikler özellikle yaşlı hasta grubunda kemik sintigrafisinde sık karşılaşılan bir durumdur. Vertebral kolonda faset artropatisi veya osteofit gibi osteodejeneratif değişiklikler ile metastazlar aynı lokalizasyonda olabilir (2). Her ne kadar dejeneratif değişiklikleri düşündürülen aktivite tutulum paternleri olsa da (anatomik kontur dışına çıkan aktivite tutulumu, faset eklemlerdeki tutulumlar gibi) bulguların radyolojik görüntüleme yöntemleriyle korele edilmesi gerekmektedir. Faset hipertrofisi, disk aralığının daralması, osteofit oluşumu ve vakum fenomeni gibi dejenerasyon bulguları SPECT/BT ile saptanarak malign/benign ayrımı güvenli bir şekilde yapılabilir (5) (Şekil 4).

Kemik Sintigrafisinde Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografinin Sağladığı Diğer Faydalar

SPECT/BT günlük klinik pratikte genellikle tüm vücut kemik sintigrafisinde şüpheli bulgu saptanan vakalarda geç dönemde (3. fazda) kullanılır. Bazı olgularda kan havuzu fazında elde edilen SPECT/BT görüntülerinin lezyon sınırlarını ve yumuşak doku unsurunu değerlendirmede yararlı olduğu gösterilmiştir (10). SPECT/BT kemik sintigrafisinde zaman zaman karşılaşılan iskelet dışı aktivite tutulumlarının nedenlerinin belirlenmesinde de kullanılır (11). Ayrıca görüntü alanına giren bölgelerde akciğer, karaciğer veya lenf nodu metastazları gibi hastaların tedavi ve yönetimini etkileyebilecek bulguların saptanmasına olanak sağlaması SPECT/BT'nin bir diğer avantajıdır. Ağrı

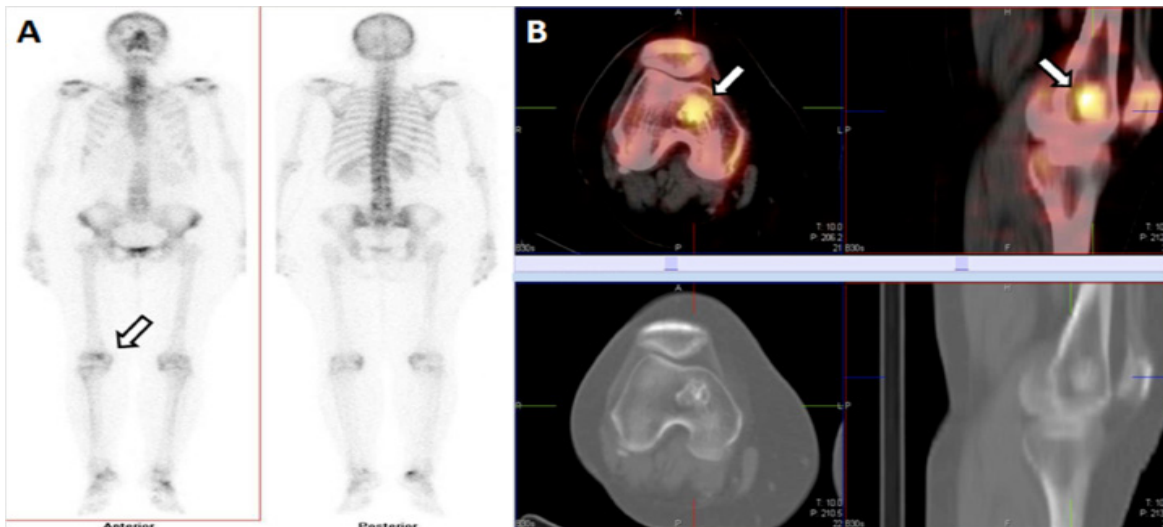
palyasyonu veya patolojik kırık gelişimine engel olmak gibi çeşitli nedenlerden dolayı radyoterapi uygulanacak lezyonlarda tedavi planlamada da kullanılabilir.

Hangi Hastalar Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi Görüntülemesi İçin Uygundur? (12)

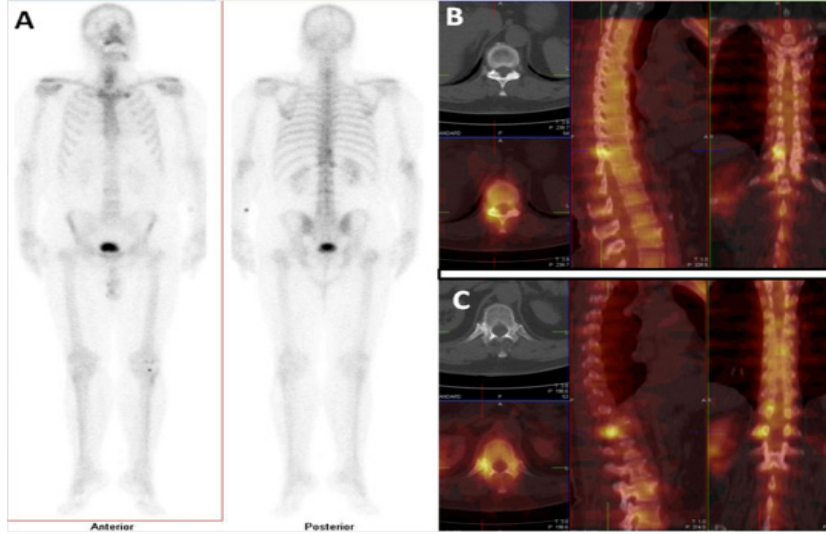
1. Aktif hastalık veya bilinen morfolojik bir patoloji için yüksek şüphe varlığı. SPECT/BT iskelette çok sayıda yerleşimi olan patolojilerin (metastaz, multifokal osteomyelit, paget gibi polioyotik hastalıklar vb.) yerlerini belirleyebilir ve hastalığın yaygınlık derecesini saptayabilir.
2. Tedavi planlaması (tıbbi tedavi, cerrahi, radyoterapi).
3. Tedaviye yanıtın monitorize edilmesi.
4. Tanı aşamasında veya tedavi sonrası klinik/metabolik anlamlılığı kuşkulu olan anormal morfolojik bulguların açıklığa kavuşturulması.
5. Yüksek klinik şüphe varlığına karşın, açık ve net morfolojik patoloji yokluğu.

Sonuç

SPECT/BT bir çok malign ve benign kemik patolojisinin değerlendirilmesinde konvansiyonel sintigrafik yöntemlere ek katkılar sağlar. Lezyon lokalizasyonunu ve karakterizasyonunu iyileştirirken, saptanan lezyon sayısında da artışa neden olur. Kemik sintigrafisinin yüksek duyarlılığına, hem SPECT hem BT'nin anatomik korelasyonu ile BT'nin özgülüğünü ekleyerek tanısal



Şekil 3. Sağ femur distalinde encondrom. A: tüm vücut; B: Tek foton emisyon tomografisi/bilgisayarlı tomografi görüntüleri



Şekil 4. Vertebral kolonda dejeneratif değişliklerin ayırt edilmesinde tek foton emisyon tomografisi/bilgisayarlı tomografi A: Tüm vücut; B ve C: Tek foton emisyon tomografisi/bilgisayarlı tomografi görüntüleri

doğruluğu arttıran SPECT/BT'nin yeni altın standart olduğu düşünölmektedir. Kemik sintigrafisinde zaman zaman karşılaşılan iskelet dışı radyofarmasötik tutulumlarının nedenlerini araőtırırken de kullanılabilir. Ayrıca görüntü alanına giren bölgelerde lenf nodu, akciğer veya karaciğer metastazlarını göstererek hastaların tedavi ve yönetimini etkileyebilecek bilgiler sunar. Çeşitli nedenlerden dolayı radyoterapi uygulanacak hastalarda tedavi planlamada da kullanılabilir. Yukarıda başlıcaları sayılan potansiyel klinik faydaları nedeniyle SPECT/BT günlük nükleer tıp pratiğinde önemli bir görüntüleme aracıdır.

Çıkar Çatışması: Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Çalışmamız için hiçbir kurum ya da kişiden finansal destek alınmamıştır.

Kaynaklar

- Brenner AI, Koshy J, Morey J, Lin C, DiPoce J. The Bone Scan. Semin Nucl Med. 2012;42:11-26.
- Papathanassiou D, Muraille CB, Jouannaud C, Lemoussu LG, Eschard JP, Liehn JC. Single-photon emission computed tomography combined with computed tomography (SPECT/CT) in bone diseases. Joint Bone Spine. 2009;76:474-480.
- Saha S, Burke C, Desai A, Vijayanathan S, Gnanasegaran G. SPECT-CT: applications in musculoskeletal radiology. Br J Radiol 2013;86:20120519.
- Buck AK, Nekolla S, Ziegler S, et al. SPECT/CT. J Nucl Med. 2008;49:1305-1319.
- Horger M, Bares R. The Role of Single-Photon Emission Computed Tomography/Computed Tomography in Benign and Malignant Bone Disease. Semin Nucl Med. 2006;36:286-294.
- Römer W, Nomayr A, Uder M, Bautz W, Kuwert T. SPECT-guided CT for evaluating foci of increased bone metabolism classified as indeterminate on SPECT in cancer patients. J Nucl Med. 2006;47:1102-1106.
- Utsunomiya D, Shiraishi S, Imuta M, et al. Added value of SPECT/CT fusion in assessing suspected bone metastasis: comparison with scintigraphy alone and nonfused scintigraphy and CT. Radiology. 2006;238:264-271.
- Even-Sapir E, Flusser G, Lerman H, Lievshitz G, Metser U. SPECT/multislice low-dose CT: A clinically relevant constituent in the imaging algorithm of nononcologic patients referred for bone scintigraphy. J Nucl Med. 2007;48:319-324.
- Bar-Shalom R, Yefremov N, Guralnik L, et al. SPECT/CT using 67Ga and 111 In-labeled leukocyte scintigraphy for diagnosis of infection. J Nucl Med. 2006;47:587-594.
- Aras M, Öneş T, Özgüven S, et al. Benign ve Malign Kemik Lezyonlarında Kan Havuzu SPECT/BT Konvansiyonel Yöntemlere Ek Faydalı Bulgu Sağlar Mı? 26. Ulusal Nükleer Tıp Kongresi, Nisan 2014, Belek, Antalya.
- Aras M, Erdil TY, Ones T, Dede F, Turoglu HT. Breast cancer lung metastases incidentally detected on bone SPECT/CT: a rare finding that might be missed on whole body scan. Rev Esp Med Nucl Imagen Mol. 2014;33:191-192.v
- IAEA-TECDOC-1597, Chapter 7. Referral Criteria for SPECT/CT. In Clinical Applications of SPECT/CT: New Hybrid Nuclear Medicine Imaging System. Vienna, 2008.



Benign ve Malign Kemik Lezyonlarını Değerlendirmede Bilgisayarlı Tomografinin Değeri

The Value of Computed Tomography in Evaluating Benign and Malignant Bone Lesions

Onur Buğdaycı¹, İsmet Cengic², Derya Türel³

¹Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

²Van Bölge Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Kliniği, Van, Türkiye

³Ümraniye Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Radyoloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

Öz

Kemik lezyonlarının ilk ve temel değerlendirme yöntemi radyografidir. Bilgisayarlı tomografi (BT) günlük radyolojik pratikte giderek daha sık kullanılmaktadır. Nükleer tıp incelemelerinde de BT korelasyonuna sıklıkla başvurulmaktadır. Bu yazıda kemik lezyonlarının karakterizasyonunda kullanılan temel radyolojik kriterlerden bahsedilecek ve ardından en sık görülen benign ve malign primer kemik lezyonlarına değinilecektir. **Anahtar Kelimeler:** Kemik neoplazileri, çok kesitli bilgisayarlı tomografi

Abstract

Bone lesions are first and primarily evaluated with X-rays. Computed Tomography (CT) is being increasingly used in daily radiology practice as well as in nuclear medicine. This article discusses the main criteria used in the radiologic evaluation of bone lesions, then the most common primary benign and malignant bone tumors will be mentioned.

Keywords: Bone neoplasms, multidetector computed tomography

Giriş

Kemik yapıların ve lezyonlarının radyolojik değerlendirmesinde ilk tercih edilen yöntem, yaygın ve ucuz olması ve birçok patolojide daha ileri görüntülemeye ihtiyaç duyulmaması nedeniyle, radyografidir (RG). RG ile kemik lezyonlarının agresifliği hakkında fikir sahibi olunabilir. Kemik lezyonun radyografik karakterizasyonunda kullanılan kriterler bilgisayarlı tomografi (BT) için de geçerlidir (1).

Genel olarak bakıldığında kemik lezyonlarının

büyük çoğunluğunu metastazlar oluşturmaktadır. Metastazlar ile primer kemik lezyonları arasındaki oran yaklaşık 20:1'dir. En sık görülen primer benign kemik tümörleri osteokondrom ve enkondrom iken, en sık primer malign kemik tümörleri plazma hücreli miyelom (plazmositom) ve osteosarkomdur (2).

Kemik lezyonlarının radyolojik ayırıcı tanısında şu faktörler göz önünde bulundurulur; hasta yaşı, lezyonun iskeletteki yeri, lezyonun kemik içerisindeki yerleşimi, büyüme hızı, lezyon matrisi, yumuşak doku varlığı ve lezyonun tek olup olmadığı (1,3,4). Bunların

Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Onur Buğdaycı, Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

E-posta: onur.bugdayci@marmara.edu.tr

© Nükleer Tıp Seminerleri, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır. / © Nuclear Medicine Seminars, published by Galenos Publishing.

hepsi bir arada değerlendirildiğinde genellikle bir ön tanıya varılabilmekle birlikte kesin tanıya varmak her zaman mümkün olmamaktadır.

Hasta yaşı lezyonların sıklığı açısından önemlidir. Örneğin; kemik kistleri ve Ewing sarkomu pediatrik yaş grubunda daha sık görülürken, dev hücreli tümör ve metastazlar daha ileri yaşlarda görülür. Bazı tümörler uzun kemiklerde daha sık görülürken, diğerleri daha sıklıkla küçük kemiklerde izlenir. Lezyonun kemiğin hangi bölgesinde yerleştiği (epifiz, metafiz, diyafiz) ve bu bölgedeki yerleşimi (intramedüller, subkortikal, kortikal, periosteal, paraosteal) de ayırıcı tanı hakkında fikir verir. Kemik tümörlerinin matriks mineralizasyon tipleri kondroid ve osseöz olarak iki ana gruba ayrılır. Kondroid matriks mineralizasyonunda punktata, lineer, hilal şeklinde ya da halkasal kalsifikasyonlar görülürken (Şekil 1), osseöz matrikste pamuğumsu dens görünüm izlenmektedir (Şekil 2). Matriks mineralizasyonunu değerlendirmede BT, RG'den daha başarılıdır. Primer kemik tümörleri genellikle soliterdir. Kırk yaşın üzerindeki hastada birden fazla lezyonun olması ön planda metastaz ya da multipl miyelomu düşündürmelidir. Çocukluk çağında osteomyelitin hematogen yayılımı ya da Langerhans hücreli histiyositoz da birden fazla lezyon görülebilir (2).

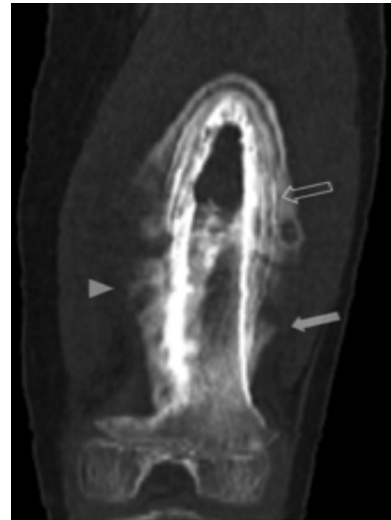
Lezyonun büyüme hızı ya da agresifliği, lezyonun kemikte yaptığı harabiyetin türü ve geçiş bölgesinin



Şekil 1. Proksimal femur yerleşimli düşük dereceli kondrosarkom (46y, E). Kondroid matriks mineralizasyonu için tipik punktata ve lineer kalsifikasyonlar.

genişliği, varsa periost reaksiyonunun türü, kortikal bütünlüğün bozulup bozulmadığı ve eşlik eden yumuşak dokunun olup olmadığına göre belirlenir. Lezyonlar kemikte üç tip harabiyete yol açar; coğrafi, güve yeniği ve permeatif. Coğrafi harabiyet daha sıklıkla benign lezyonlarda görülür. Bu lezyonların sınırları keskindir. Normal kemik ile lezyon arasında net sınır bulunmaktadır. Yani lezyon ile normal kemik arasında dar geçiş bölgesi bulunmaktadır. Bu sınırdan bazen skleroz izlenebilir. Lezyonun çevresinde skleroz bulunması, lezyonun yavaş büyüdüğünü ve kemiğin lezyonu sınırlamak için zaman bulduğunu gösterir. Güve yeniği ve permeatif tipte harabiyet daha agresif tümörlerde görülür. Güve yeniği tipindeki harabiyette 2-5 mm arasında çok sayıda radyolüsen odaklar izlenir. Bunlar sınırları net olarak seçilemeyen, geniş geçiş bölgesi bulunan lezyonları oluştururlar. Permeatif tipteki harabiyet en saldırgan lezyonlarda izlenir ve 1 mm'den küçük çok sayıda radyolüsen lezyonlar şeklinde gözlenir (2,3,4).

Periost reaksiyonu kemikteki herhangi bir iritasyona sekonder gelişebilir ve periost altında yeni kemik yapımı başlar. Lezyonun yavaş büyümesi halinde yeni kemik mineralizasyonu için vakit bulunur ve solid, kesintisiz periost reaksiyonu izlenir. Daha hızlı büyüyen lezyonlarda soğan zarı tarzında (lamellar) ya da ışınal tarzda periost reaksiyonu izlenir. Lezyonun periosteal bölgeyi hızlıca yıkarak yumuşak dokuya geçmesiyle "Codman üçgeni" denilen görünüm oluşur (Şekil 2). Unutulmamalıdır ki, agresif tipteki periost reaksiyonları maligniteyle eş değildir. Yalnızca



Şekil 2. Osteosarkom (8y, K). Osseöz matriks mineralizasyonu. Soğan zarı tarzında (içi boş ok) ve ışınal (ok başı) periost reaksiyonları. Codman üçgeni (içi dolu ok).

lezyonun büyüme hızı hakkında ipucu verirler. Örneğin osteomiyelitte de Codman üçgeni izlenebilir. Benzer şekilde kemik lezyonuna eşlik eden yumuşak doku varlığı genellikle malign tümörlerde izlenmekle birlikte, dev hücreli tümör ya da anevrizmal kemik kisti gibi benign lezyonlara da eşlik edebilir (2,3,4). Benign ve malign karakterli lezyonlarda daha sık görülen bulgular Tablo 1’de özetlenmiştir.

Benign Lezyonlar

Osteokondrom

Egzozitoz olarak da adlandırılan osteokondromlar (OK) en sık görülen benign kemik tümörüdür. Tüm kemik tümörlerinin %10-15’ini ve benign tümörlerin %20-50’sini oluşturmaktadırlar (5). Ayrıca çocukluk çağında da en sık rastlanan kemik tümörüdür (6). Büyük çoğunluğu asemptomatik olup, toplumun %1-2’sinde bulunduğu düşünülmektedir. Semptomatik lezyonların çoğu 20 yaşın öncesinde prezente olur. Erkeklerde daha siktir. %40’ı diz çevresinde, %10-20’si humerus yerleşimlidir (5). Patognomonik görüntüleme bulgusu köken aldığı kemiğin medüller ve kortikal kısmı ile devamlılık göstermesidir. Tabanı uzunluğundan daha genişse sesil OK, uzun, tübüler yapıda ise pedinküle OK olarak (Şekil 3) adlandırılırlar. Pedinküle tipleri metafizer ya da metafizodiafizer yerleşimli olup, komşuluğundaki eklemden uzaklaşacak şekilde büyürler. Genellikle iskelet olgunluğa erişince lezyonların büyümesi durur. Üzerlerinde kıkırdak “şapka” bulunur. Bu şapkanın kalınlığı erişkinlerde 2 cm’yi geçmesi halinde, kondrosarkom gelişme riski artar (6).

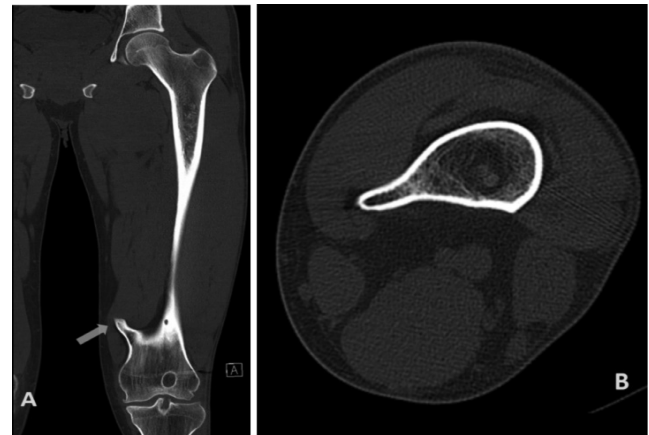
Enkondrom

Enkondrom ikinci en sık benign kıkırdak tümörüdür. Çoğu hasta asemptomatik olduğundan gerçek prevalansı bilinmemektedir. Ancak 3067 hastalık primer kemik tümörünün değerlendirildiği bir seride tüm lezyonların %7,7’sini oluşturduğu bildirilmiştir (6,7). Genellikle üçüncü ve dördüncü dekada başka sebepler için yapılan incelemelerde tespit edilir. Patolojik fraktür ile prezente olabilir.

Enkondromların %40-65’i elin küçük kemiklerinde izlenir (Şekil 4). Başta femur olmak üzere, %25’i uzun kemiklerde görülür. Elde genellikle santral yerleşimli lobüler lezyonlar olarak izlenirler. Endosteal oyuklanma siktir. Kemik ekspansiyonu olabilir ve korteks inceleyebilir. Lezyonun korteksi aşması beklenmez. Uzun kemiklerde ise genellikle metafizer ya da diyafizer ve intramedüller yerleşimlidir. BT kondroid matriksi göstermede başarılıdır. Enkondromu düşük dereceli kondrosarkomdan ayırmak patolojik ve radyolojik olarak güçtür. Kondrosarkomlar elde, enkondromlar ise pelvik kemiklerde nadirdir. Ayrımında en büyük zorluk uzun kemiklerde yerleşmiş lezyonlarda yaşanır. Bazı demografik ve radyolojik ipuçları bulunsa da, bunların özgüllüğü düşüktür (6).

Kondroblastom

Kondroblastom uzun kemiklerin epifizinde yerleşimi ile karakterize olan nadir bir tümördür. Ortalama 20 yaşında ve genellikle ağrı, hassasiyet, tutukluk ve şişlik ile prezente olur. Olguların %75-80’i uzun kemiklerde yerleşimlidir. Bunların %90’ında epifiz veya apofiz tutulumu görülür. Büyüme plağı kapandıktan sonra metafiz uzanımı siktir. Uzun kemiklerden sonra %12



Şekil 3. Femur distal metafizinde pedinküle osteokondrom (26y, E). Lezyonun tipik özelliği korteks ve medulla ile devamlılık göstermesidir.

Tablo 1. Benign ve malign lezyonlarda daha sık görülen bulgular.

Benign lezyon	Malign lezyon
Coğrafi tipte harabiyet	Güve yeniği ya da permatif tipte harabiyet
Dar geçiş zonu	Geniş geçiş zonu
Sklerotik kenar	Sınırlar belirsiz
Korteks bütünlüğü korunmuş	Korteks destrüksiyonu
İnce, solid, kesintisiz periost reaksiyonu	Soğan zarı, ışınal tarzda periost reaksiyonu; Codman üçgeni
Eşlik eden solid lezyon yok	Eşlik eden yumuşak doku

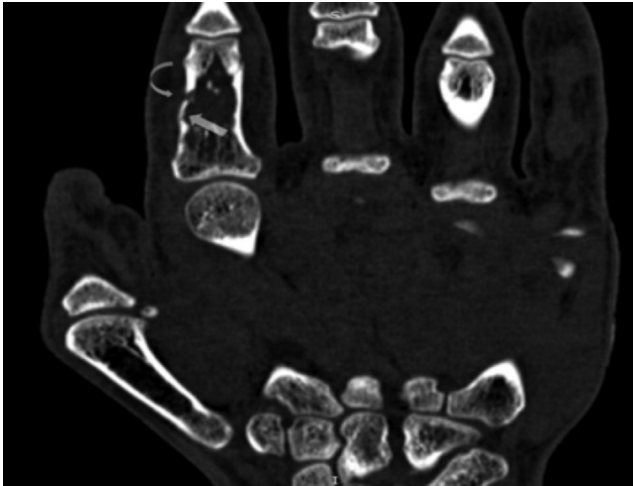
ile en sık görüldüğü yer ayaktır. Bu bölgede olguların yaklaşık %80'i talus ve kalkaneus yerleşimlidir. Malign dönüşüm nadirdir (6). Radyografik olarak epifizer ya da epifizometafizer yerleşimli, ince sklerotik kenarlı, lobule radyolüsen lezyon şeklinde izlenir. Uzun kemiklerde yerleşimli olanların %60'ında solid periost reaksiyonu görülür. Kondroid matriks BT ile daha iyi karakterize edilir (6).

Enostoz

Sık görülen insidental bir lezyondur. Dünya Sağlık Örgütü tarafından neoplazi olarak değil, hamartom olarak kabul edilir. Kemik adacığı olarak da bilinir. Medüller kavitede yerleşimli kompakt kemiktir. Her yerde görülebilir. Direkt grafi ve BT'de hafif lobule, spikülleri bulunan dens lezyon şeklinde izlenir (Şekil 5). Boyut değişikliği gösterebilir ve kaybolabilir. Altıncı ayda %25'den ya da 1 yılda %50'den fazla büyürse biyopsi yapılmalıdır (2).

Fibröz Kortikal Defekt ve Nonossifiye Fibrom

İkisi temelde aynı lezyondur. Yerleşimleri ve boyutları farklıdır. Sık görülürler. Yirmi yaşın altındaki normal popülasyonun %30'unda görülürken, bu yaşın üzerinde nadirdir. Genellikle alt ekstremitenin uzun kemiklerinde ve metafiz yerleşimlidirler. Fibröz kortikal defekt 3 cm'den küçük ve kortikal yerleşimli iken, nonossifiye fibrom daha büyük boyutlara ulaşılabilir ve subkortikal-kortikal yerleşimlidir.



Şekil 4. İkinci parmak proksimal falanks yerleşimli encondrom (33y, E). Kondroid matriks mineralizasyonu izlenen lezyon kortekste oyuklanmaya neden olmakta (düz ok). Lezyon seviyesinde patolojik fraktür izlenmektedir (kavisli ok).

Korteksi aşmazlar. İnce sklerotik rimi bulunan, bazen ekspansil, radyolüsen lezyonlardır (Şekil 6). Çoğu puberte sonunda kendiliğinden kaybolur (2).

Dev Hücreli Tümör

Tüm primer kemik tümörlerinin %4-9,5'ünü ve benign primer kemik tümörlerinin %18-23'ünü oluşturur. %5-10'u malign olabilir. Tipik olarak olgun iskelette görülür. Olguların %80'i 20-50 yaş aralığındadır. %50-65'i diz çevresinde, %10-12'si distal radiusta ve %4-9'u sakrumda yerleşir. En önemli özelliklerinden biri ekleme komşu yerleşmesidir. %85-99'u subartiküler kemiğe 1 cm mesafededir. Kemik ekspansiyonu ve kortikal incelleme sıktır. %33-50'si korteksi aşar ve bunlara sıklıkla yumuşak doku eşlik eder. Multilobüle görünümlüdür. Genellikle çevresel sklerotik rimi bulunmaz (8).

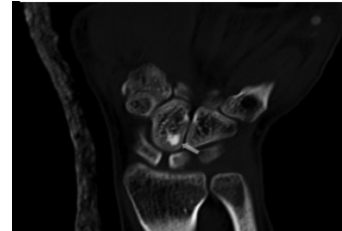
Osteoid Osteom

Genellikle 7-25 yaş arası erkeklerde görülen iyi huylu kemik tümörüdür. Çoğu hastalar gece artan ve aspirin ile azalan ağrı tarifler. En sık uzun kemiklerin diyafizinde kortikal yerleşimlidir (Şekil 7). Lezyonun merkezinde radyolüsen ve vasküler nidus bulunur. Etrafında reaktif skleroz ve kortikal kalınlaşma izlenir. Nidus genellikle 2 cm'den küçüktür ve merkezinde mineralize osteoid bulunabilir. Nidus en iyi BT ile değerlendirilir. Olguların %30'u spinal, el ve ayak yerleşimlidir (9).

Malign Lezyonlar

Osteosarkom

Hematojen kökenli olmayan en sık görülen primer kemik tümörüdür. Olguların %75'i konvansiyonel tiptedir. Hastaların %80'i 30 yaşın altında olmakla birlikte 10 yaşın altında nadirdir. Tipik olarak uzun kemiklerin metafizlerinde yerleşir. %50-75'i diz çevresinden köken alır. Daha nadir olarak proksimal humerus ve femurda yerleşirler (Şekil 8). Malign lezyonların tipik görüntüleme bulgularını taşırlar.

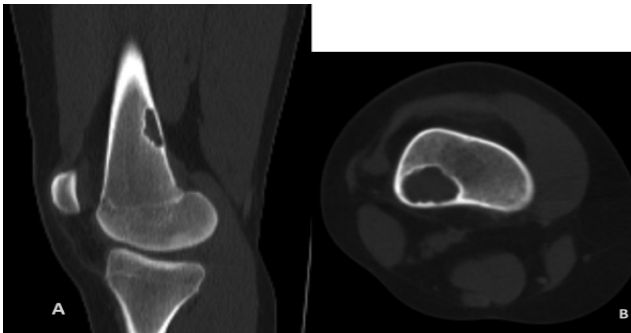


Şekil 5. Kapitatumda enostoz (36y, K).

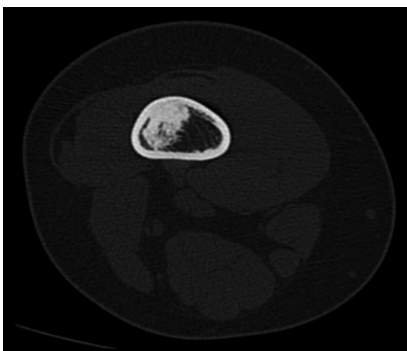
Özellikle akciğer metastazları sıktır. Parosteal ve periosteal tipleri kemik yüzeyinde köken alır ve yumuşak dokuya doğru büyürler (3).

Kondrosarkom

Miyelom ve osteosarkomdan sonra en sık rastlanan primer malign kemik tümördür. Primer olabileceği gibi enkondrom ya da osteokondroma sekonder de gelişebilir. En sık santral (intramedüller) tipi görülür. Dördüncü ya da beşinci dekada izlenirler. Uzun kemiklerin proksimal kesimleri en sık yerleşim yerleridir. Daha az sıklıkta sırasıyla pelvik kemikler, kostalar, skapula ve sternumdan köken alırlar. Kondrosarkom (KS) hem litik, hem de sklerotik komponentin bulunduğu karma tip lezyondur. Çoğunda kondroid matriks ayırt edilebilir. Histolojik olarak düşük, orta ve yüksek dereceli şeklinde üçe ayrılır. Düşük dereceli santral KS enkondromdan (EK) ayırımı hem radyolojik, hem de histopatolojik olarak güçtür. Derin endosteal oyuklanma ve boyutun 4 cm'nin üzerinde olması KS lehinedir. İleri dereceli lezyonlar tipik malign lezyon bulguları taşır (10).



Şekil 6. Fibröz kortikal defekt (13y, K). Femur distal metafizde çevresi sklerotik, coğrafi yıkıma neden olan benign karakterli radyolüsen lezyon.



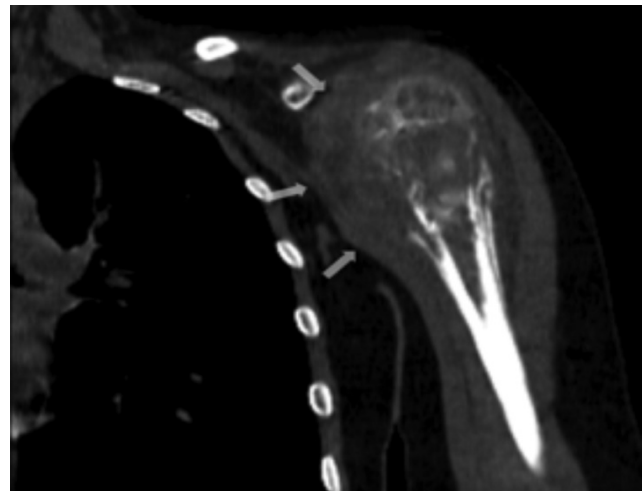
Şekil 7. Osteoid osteom (30y, K). Femur diyafizinde kortikal-subkortikal yerleşimli, sklerotik lezyon.

Ewing Sarkomu

Tüm primer kemik tümörlerinin %5'ini oluşturur. Çocukluk çağının, osteosarkomdan sonra en sık ikinci primer kemik tümörüdür. Hastaların %75'i 20 yaşından küçüktür. En sık distal apendiküler iskelet (%27 femur ve tibia), pelvik kemikler (%21) (Şekil 9) ve kostalar (%6-8) tutulur. Uzun kemiklerde metadiyafizer ya da diyafizer bölgede intramedüller yerleşimlidir. Malign lezyonların tipik görüntüleme bulgularını taşırlar (permeatif destrüksiyon, geniş geçiş zonu, malign periost reaksiyonu). Yumuşak doku komponenti lezyonun intramedüller kesiminden genellikle daha büyüktür (11). Nadiren kemik harabiyeti oluşturmadan sadece yumuşak doku lezyonu şeklinde kemiği çevreler (1).

Çıkar Çatışması: Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Çalışmamız için hiçbir kurum ya da kişiden finansal destek alınmamıştır.



Şekil 8. Osteosarkom (12y, E). Proksimal humerusta korteksi destrükte eden ve yumuşak doku komponenti bulunan (oklar) kitle. Kitle distalinde Codman üçgeni ve soğan zarı tarzında periost reaksiyonu izlenmektedir.



Şekil 9. Ewing sarkomu (22, K). Sol iliak kanatta geniş geçiş zonuna sahip, yumuşak doku komponenti izlenen (ok) lezyon.

Kaynaklar

1. Morley N, Omar I. Imaging evaluation of musculoskeletal tumors. *Orthopaedic Oncology* 2014;9-29.
2. Wu JS, Hochman MG. *Bone Tumors: A practical guide to imaging*. New York: Springer Science Business Media, 2012.
3. Adam A, Dixon AK, Gillard JH, et al. *Grainger & Allison's Diagnostic Radiology: A Textbook of Medical Imaging*. 6 ed. Edinburgh: Elsevier Health Sciences, 2014.
4. Nichols RE, Dixon LB. Radiographic analysis of solitary bone lesions. *Radiol Clin North Am* 2011;49:1095-1114
5. Murphey MD, Choi JJ, Kransdorf MJ, Flemming DJ, Gannon FH. Imaging of osteochondroma: variants and complications with radiologic-pathologic correlation. *Radiographics* 2000;20:1407-1434.
6. Douis H, Saifuddin A. The imaging of cartilaginous bone tumours. I. Benign lesions. *Skeletal Radiol* 2012;41:1195-1212.
7. Brien EW, Mirra JM, Kerr R. Benign and malignant cartilage tumors of bone and joint: their anatomic and theoretical basis with an emphasis on radiology, pathology and clinical biology. I. The intramedullary cartilage tumors. *Skeletal Radiol* 1997;26:325-353
8. Murphey MD, Nomikos GC, Flemming DJ, Gannon FH, Temple HT, Kransdorf MJ. From the archives of AFIP. Imaging of giant cell tumor and giant cell reparative granuloma of bone: radiologic-pathologic correlation. *Radiographics* 2001;21:1283-1309
9. Chai JW, Hong SH, Choi JY, et al. Radiologic diagnosis of osteoid osteoma: from simple to challenging findings. *Radiographics* 2010;30:737-749.
10. Douis H, Saifuddin A. The imaging of cartilaginous bone tumours. II. Chondrosarcoma. *Skeletal Radiol* 2013;42:611-626.
11. Rajiah P, Ilasslan H, Sundaram M. Imaging of primary malignant bone tumors (nonhematological). *Radiol Clin North Am* 2011;49:1135-1161.



Tiroit Kanserlerinde Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi Görüntüleme

Single Photon Emission Computed Tomography/Computed Tomography Imaging in Thyroid Cancer

Anar Aliyev¹, Metin Halaç²

¹Milli Onkoloji Merkezi Nükleer Tıp Bölümü, Radyonüklid Tedavi Ünitesi, Bakü, Azerbaycan

²İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Öz

Bu makalenin amacı diferansiye tiroit kanserlerinde tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi/bilgisayarlı tomografi (SPECT/BT) görüntülemenin yerini değerlendirmektir. Tiroit kanserlerinde radyoyot SPECT/BT görüntülemesi tartışmalı olmakla birlikte diferansiye tiroit kanserlerinde hastalığın evrelemesi ve risk değerlendirmesinde SPECT/BT değerli bir yöntem olarak gözükmektedir. Aynı zamanda planar radyoyot sintigrafilerinde izlenen armış aktivite tutulum odaklarının lokalizasyonu ve karakterizasyonunun daha doğru bir şekilde yapılabilmesi nedeniyle hastalığın takibinde ve tedavi yaklaşımında önemli bir modalite olarak görülmektedir. SPECT/BT ile radyasyon dozimetrisi yapılması yoluyla tedavi planlamada I-131 dozlarının daha etkin bir şekilde hesaplanması, radyoyot tutulumu olmayan nüks-metastatik lezyonlarda cerrahi tedavi veya radyoterapi seçeneklerinin değerlendirilmesi gibi özellikleri sayesinde hastaya klinik yaklaşımda önemli katkıları olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Tiroit kanseri, SPECT/BT, I-131

Abstract

In this study, we aimed to evaluate the value of single photon emission computed tomography/computed tomography (SPECT/CT) in patients with differentiated thyroid cancer. Although the utility of radioiodine SPECT/CT imaging is controversial in the clinical management of thyroid cancer patients, SPECT/CT is a valuable method in the staging, risk stratification and follow-up of thyroid cancer. Also, in deciding therapy approach, SPECT/CT seems to be an important modality by helping correct localization of activity foci seen on planar radioiodine scintigraphy. Additionally, it had a further clinical impact on the patient management by influencing referral I-131 treatment and tailoring of the administered radioiodine dose, and/or the addition of surgery or external radiation therapy in the cases of non-avid recurrence-metastatic disease.

Keywords: Thyroid cancer, SPECT/CT, I-131

Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Metin Halaç, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

E-posta: metin.halac@yahoo.com

© Nükleer Tıp Seminerleri, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır. / © Nuclear Medicine Seminars, published by Galenos Publishing.

Giriş

Tiroit kanserlerinin insidansı yükselmekte olup Amerika Birleşik Devletleri'nde 2010 yılında 44,670 yeni tiroit kanseri olgusu (1975 yılı verilerine 2,4 kez daha yüksek) ile tiroit kanserine bağlı 1,690 ölüm bildirilmiştir (1). Diğer taraftan diferansiye tiroit kanserleri (DTK) yetişkinler arasında en sık görülen endokrin kanserleri olup her yıl tanı alan tüm kanser olgularının %1'ini oluşturmaktadır (2). Histopatolojik olarak tiroit kanserleri papiller tiroit kanserleri (PTK), (%80,2), folliküler tiroid kanserleri (FTK) (%11,4), Hürthle hücreli (oksifilik) tiroit kanserleri (%3,1), medüller tiroit kanserleri (%3,5) ve anaplastik tiroit kanserleri (%1,7) olmak üzere sınıflandırılmaktadır (3). Bununla birlikte makalenin konusu olan DTK PTK, FTK 5 yıllık sağkalım oranı oldukça yüksek olup bu oran lokalize tümörlerde %99,8, bölgesel metastatik olgularda %97,0 iken uzak metastaz olan olgularda %57,3'dür (4). Diğer taraftan PTK ve FTK'nin prognozları evre bazında karşılaştırıldığında genel olarak benzer olmakla birlikte PTK'nin bazı histolojik alt tipleri (uzun hücreli varyant, kolumnar hücreli varyant ve diffüz sklerozan varyant) ile yaygın invaziv foliküler tiroit kanserlerinin prognozlarının kötü olduğu bilinmektedir (5).

Tiroit kanserlerinin inisiyal tedavisi totale yakın veya total tiroidektomi olup profilaktik veya küratif amaçlı olarak santral boyun diseksiyonu da bu işleme eklenebilir (6). Diğer taraftan cerrahi tedavi sonrasında en azından yüksek risk grubu hastalarda I-131 tedavisi DTK'lerinin tedavisinde 1943'ten beri kullanılmakta olan bir yöntemdir (7). Belirtilen bu cerrahi tedavi + I-131 tedavisi kombine yaklaşımı sonucunda diferansiye tiroit kanserlerinin prognozları genel olarak neredeyse mükemmel olmakla birlikte on yıllar sonra bile lokal nüks ve uzak metastaz ile karşılaşılabilmesi nedeniyle bu hastaların uzun yıllar takip edilmeleri gerekmektedir (8).

DTK'nin takibi ve yeniden evrelemesi amacıyla geçmişte Tc-99m tetrofosmin ve Tc-99m sestamibi gibi alternatif konvansiyonel sintigrafik yöntemler de kullanılmış olmakla birlikte günümüzde tercih edilmemektedirler (9). Konvansiyonel planar I-131 sintigrafisi ile serum tiroglobulin (Tg) düzeyinin kombinasyonu günümüzde DTK'nin takibinde rutin olarak kullanılan prosedürdür. Tiroidektomi sonrası I-131 sintigrafisinin amacı fonksiyonel tiroit dokusunun gösterilmesi olduğu gibi aynı zamanda rezidü malign tümöral lezyonun

gösterilmesi ile bölgesel ve/veya uzak metastatik lezyonların saptanmasıdır. Tiroidektomi sonrası I-131 sintigrafisi radyoyot ablasyonu sonrasında hastalığın yeniden evrelemesi ve uzun dönem takibinde de kullanılmaktadır (10). Bununla birlikte I-131 tutulumunun ekstratiroidal dokuların çoğunda (tükürük bezleri, gastrointestinal sistem ve üriner sistem dışında) çok düşük düzeylerde olması ve buna bağlı olarak anatomik köşetaşlarının son derecede sınırlılığı yanı sıra I-131'in nonspesifik-fizyolojik tutulumları nedeniyle I-131 sintigrafilerinin değerlendirilmesi bazen güç olabilmektedir. Diğer taraftan, yukarıda tanımlanan özellikler ve rezolüsyon problemleri nedeniyle SPECT/BT sistemleri geliştirilmeden önce I-131 SPECT görüntüleme hemen hemen hiç hayata geçmeyen bir uygulama olmuştur.

Yukarıda da belirtildiği gibi DTK'nin postoperatif takiplerinde uzun yıllar yüksek doz radyoyot tedavisi ve hemen sonrasında I-131 sintigrafisi kullanılmış olmakla birlikte düşük risk grubu hastalarda bakiye doku ablasyonunun sağkalım süresine katkısının olmadığı görülmesi üzerine son yıllarda bu uygulamada bir takım değişikliklere gidilmiştir. Amerikan Tiroit Derneği (ATD) klavuzunda DTK'nin postoperatif takibinin klinik ve patolojik kriterlere dayanan evre ve risk değerlendirmesi doğrultusunda yapılması önerilmiştir (6). Evre ve risk değerlendirmesindeki amaç prognoz tahmini olup buna göre de hastalarda postoperatif I-131 ablasyonu gerekli gerekmediğine, aynı zamanda nasıl ve hangi sıklıkta takip edileceğine karar verilmesidir. DTK'nin evrelemesinde sıklıkla Amerikan Kanser Komitesi tarafından önerilen tümör, nod, metastaz (TNM) sistemi (7. edition) kullanılmakla birlikte TNM evreleme sistemi ölüm riskinin tahmin edilmesine dayanmakta olup nüks olasılığı dikkate alınmamış, birbirinden bağımsız prognostik faktörler üzerinde de durulmamıştır (11). ATD klavuzunda ise DTK çok düşük riskli, düşük riskli, orta riskli ve yüksek riskli olmak üzere 4 risk grubuna ayrılarak değerlendirilmektedir (6).

Evre ve risk değerlendirmesi hastanın postoperatif I-131 ablasyonundan yararlanıp yararlanmayacağını dolayısıyla hastaya I-131 ablasyonu gerekli gerekmediğinin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Buna göre postoperatif I-131 ablasyonu-tedavisi uzak metastazı olan olgularda, primer tümörün gross invazyonu (minimal invazyon değil) varlığında veya primer tümör çapının 4 cm'den büyük olduğu olgularda uygulanmaktadır.

Diğer taraftan tümör çapı 4 cm'den küçük olmasına ve primer tümörün tiroide sınırlı olmasına rağmen lenf nodu metastazı veya belirli bazı yüksek risk faktörlerinin varlığında da I-131 ablasyonu-tedavisi yapılabilmektedir (6). Buna karşılık postoperatif I-131 ablasyonu uygulanmadığı, dolayısıyla ablasyon dozunda I-131 sintigrafisi ile evrelemenin yapılmadığı, aynı zamanda uyarılmış tiroit uyarıcı hormon (TSH) altında serum Tg ölçümü olmaksızın yapılacak olan evre-risk değerlendirmesinin yetersiz kalacağı düşünülmektedir (12). Postoperatif I-131 ablasyonu sonrası sintigrafik görüntülemeye geleneksel olarak planar tüm vücut sintigrafisi yapılmakta idi. Son dönemlerde ise SPECT/BT sistemlerinin yaygınlaşmaya başlaması ile birlikte bu yeni modalitenin muhtemel katkıları üzerinde durulmaya başlanmıştır. Birincisi bu sistemlerde fonksiyonel görüntüleme ile anatomik görüntüleme işlemini aynen PET/BT sistemlerinde olduğu gibi kombine olarak yapmak mümkün olup bu sayede anatomik bilgiler de elde edilebilmekte, dolayısıyla planar sintigrafilerde izlenen artmış aktivite tutulum odaklarının lokalizasyonunun ve karakterizasyonunun daha doğru bir şekilde yapılması mümkün olmaktadır. Bunlara ek olarak gerek planar sintigrafilerde, gerekse de SPECT görüntülemelerinde önemli bir problem olan atenüasyonun düzeltilmesi ve buna bağlı oluşan problemlerin minimize edilmesi de mümkün olmaktadır.

Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografinin Olası Avantajları, Dezavantajları ve Limitasyonları

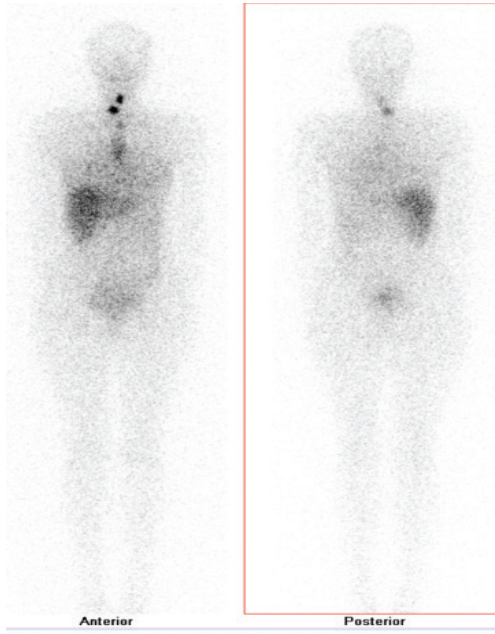
Yukarıda da belirtildiği gibi SPECT/BT sistemlerinde hasta gantri içerisinde iken eş zamanlı olarak hem fonksiyonel görüntülerin (gama kamera komponenti ile) hem de anatomik görüntülerin (BT komponenti ile) elde edilmesi sayesinde radyoyot tutulum odaklarının anatomik olarak kesin lokalizasyonunun yapılması yanı sıra karakterizasyonunun daha doğru şekilde bir yapılabilmesi en önemli avantajlarından birisidir. Bu sayede sintigrafik görüntülerde izlenen radyoyot tutulum odaklarının rezidiv fonksiyonel tiroit dokusu veya normal yapılardaki fizyolojik aktivite birikimi gibi benign prosesler ile mi ilişkili, yoksa metastatik prosesleri mi (bölgesel lenf nodu metastazları veya uzak metastazlar) temsil ettiğinin ayrımı mümkün olabilmektedir. Planar I-131 sintigrafilerinde beklenmeyen bir artmış aktivite tutulum odağı gözleendiği ve bunun fizyolojik bir varyant ile ilişkili olabileceğinden şüphelenildiğinde

SPECT/BT ile ayrımını yapmak dolayısıyla yalnızca pozitiflikten kaçınmak mümkün olabilmektedir. Potansiyel yalnızca pozitifliklerden kaçınmak için özellikle planar I-131 sintigrafilerinde radyoyot biyodağılımının çok iyi bilinmesi ve fizyolojik varyantlarına dikkat edilmesi gerekmektedir. Tükürük bezleri, diş dolguları, retrosternal guatr, özofagus-trakea sekresyonları, hiatus hernileri, kalın barsak divertikülleri, meme dokusu, deri kontaminasyonları ile kistik lezyonlarda, bronşiektazilerde, timusta, struma ovaride ve menstrüasyondaki uterustaki benign radyoyot uptake'leri olabileceği bilinmektedir (13,14,15,16,17,18). Bu durumun tam tersi olarak I-131 sintigrafisinde herhangi bir artmış aktivite tutulum odağı gözleendiği ve bunun fizyolojik bir varyant ile ilişkili olduğu düşünüldüğünde SPECT/BT ile esasında bu durumun malign bir prosesi temsil ettiğini göstermek dolayısıyla da yalnızca negatiflikten kaçınmak da mümkün olabilmektedir (Şekil 1 ve 2). Her iki durumda da gerek yalnızca pozitifliklerin, gerekse de yalnızca negatifliklerin engellenmesinde SPECT/BT'nin son derecede yararlı bir yöntem olduğu yapılan bir takım çalışmalarda bildirilmiştir (19,20,21,22,23).

Diğer taraftan yukarıda da belirtildiği gibi gerek planar sintigrafilerde, gerekse de SPECT görüntülemelerinde gama ışınının atenüasyonu önemli bir problem teşkil etmektedir. SPECT/BT görüntülerinde aynen PET/BT modalitelerinde olduğu gibi BT tabanlı atenüasyon düzeltme işlemleri başarıyla uygulanmakta olup bu sayede gerek planar sintigrafilere, gerekse de SPECT görüntülerine göre daha fazla sayıda lezyonun, özellikle de daha küçük boyutlu lezyonların gösterilmesi mümkün olabilmektedir. SPECT/BT sistemlerinin diğer bir önemli avantajı da eşdeğer BT görüntüleri gözden geçirilerek gerek akciğer parankimlerinde I-131 tutulumu göstermeyen olası metastatik nodüler lezyonların gerekse de başta iskelet sisteminde olmak üzere vücudun diğer kısımlarındaki I-131 tutulumu göstermeyen olası metastatik tümöral lezyonların saptanabilmesidir. Bu sayede olgunun I-131 tedavisinden fayda görüp görmeyeceği değerlendirilebilmektedir. Ayrıca radyoyot afinitesi göstermeyen nüks-metastatik lezyonların varlığında hastaların cerrahi eksizyon, lokal radyoterapi veya sistemik kemoterapi gibi tedavilere yönlendirilmesi mümkün olmaktadır.

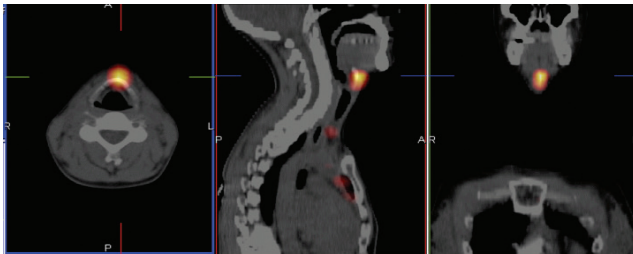
Diğer taraftan SPECT/BT'nin bir takım dezavantajları da vardır ki bunların başında hastaların BT'den alacağı yaklaşık 0,6-2,6 mSv radyasyon dozu gelmektedir (24).

Diğer bir limitasyonu da görüntüleme parametrelerine göre değişmekle birlikte sistemin ortalama 30 dakika fazladan meşgul edilmesi zaman ve para kaybı olarak düşünülebilir. Bu durum özellikle klastrofobisi olan hastalarda ve hareketsiz sabit pozisyonda kalmakta zorlanan olgularda ayrıca bir problem teşkil edebilir.



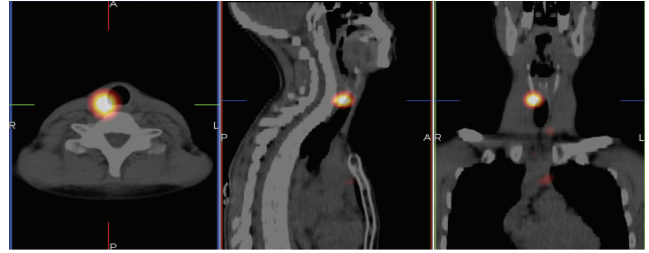
Şekil 1A. Tiroidektomi materyali histopatolojik inceleme sonucunun foliküler varyant tiroit papiller kanseri olarak tanımlandığı 28 yaşında kadın hasta.

100 mCi I-131 ablasyonu uygulanmış olgunun anterior ve posterior projeksiyonlardaki planar tüm vücut sintigrafisi görüntülerinde tiroit loju superioru düzeyinde orta hatta artmış aktivite tutulum odağı ile daha aşağıda sağda paramediyan kesimde yerleşimli artmış aktivite tutulum odağı gözlenmektedir. Ayrıca yaklaşık olarak sternum trasesi düzeyinde hafifçe artmış aktivite tutulumları dikkati çekmektedir

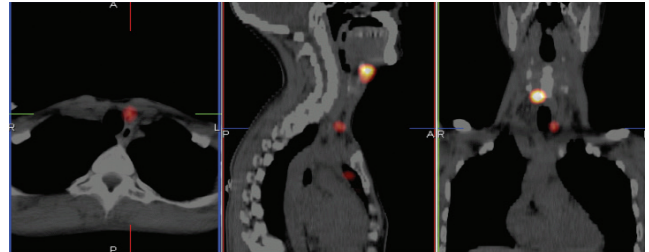


Şekil 1B. Tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi/bilgisayarlı tomografi görüntülerinde hiyoid kemik bitişiğinde anteriorda orta hatta yerleşimli fonksiyonel bakiye tiroit dokusu lehine değerlendirilen artmış aktivite tutulum odağı izlenmektedir

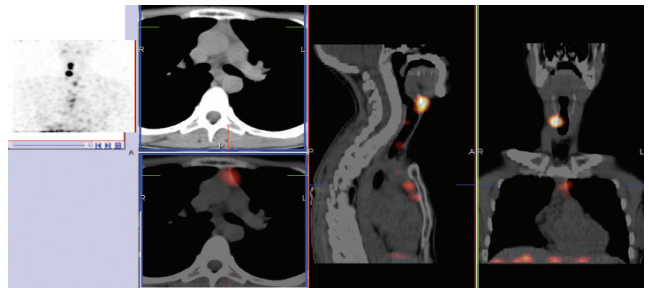
Bu nedenle her hastada standart olarak SPECT/BT görüntüsü almak veya hiç almamak gibi uygulamaların yerine her bir hastanın planar I-131 sintigrafisi hemen çekimden sonra değerlendirilmesi, sintigrafi bulgularının klinik-laboratuvar bulguları eşliğinde gözden geçirilmesi ve buna göre karar verilmesi daha doğru olarak gözükmektedir. Bununla birlikte yoğun iş programı olan kliniklerde kişiselleştirilmiş hasta temelli bu yaklaşımında uygulamada zorluklar olabilir.



Şekil 1C. Tiroit loju hemen inferioru düzeyinde trakea sağ yan bitişiğinde yerleşimli fonksiyonel rezidü tiroit dokusu lehine değerlendirilen diğer bir artmış aktivite tutulum odağı görülmektedir

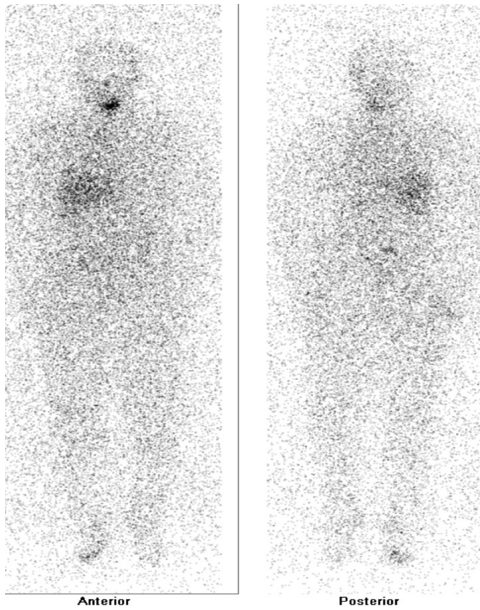


Şekil 1D. Jugulum düzeyinde trakea sol anterolateral bitişiğinde yerleşimli hafifçe artmış aktivite tutulumu gösteren ve metastaz lehine değerlendirilen subsantimetrik boyutlu birkaç adet lenf nodu saptanmıştır

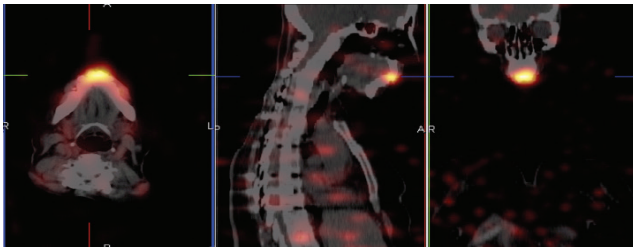


Şekil 1E. Retrosternal alanda sol paramediyan kesimde yerleşimli lineer karakterde uzanan hafifçe artmış aktivite tutulumları dikkati çekmiş olup bilgisayarlı tomografi kesitleri ile birlikte incelendiğinde timus aktivitesi lehine değerlendirilmiştir

Yukarıda belirtilen dezavantajlarına ek olarak SPECT/BT'nin limitasyonları da bilinmelidir. Bunlardan bir tanesi SPECT görüntülemenin rezolüsyon sınırı olup parsiyel volüm efekti nedeniyle her ne kadar normal büyüklükteki metastatik lenf nodları sıklıkla görüntülenebilse de milimetrik-mikrometastatik lezyonları göstermek mümkün değildir. Diğer bir durum da lokal invaziv tiroit kanserlerinde cerrahi sonrası rezidüel mikroskobik hastalığın gösterilmesinde yaşanan sorunlardır. Bu nedenle olgunun postoperatif



Şekil 2A. Foliküler tiroit kanseri tanısıyla takipli 72 yaşında kadın hastada serum tiroglobulin seviyesinde yükselme saptanması üzerine 150 mCi I-131 tedavisi uygulanmıştır. Anterior ve posterior projeksiyonlardaki planar tüm vücut sintigrafisi görüntülerinde boyunda orta hatta yoğun aktivite tutulum odağı izlenmekte olup tüm vücudun diğer kısımlarında patolojik sayılabilecek aktivite tutulum odağı izlenmemektedir

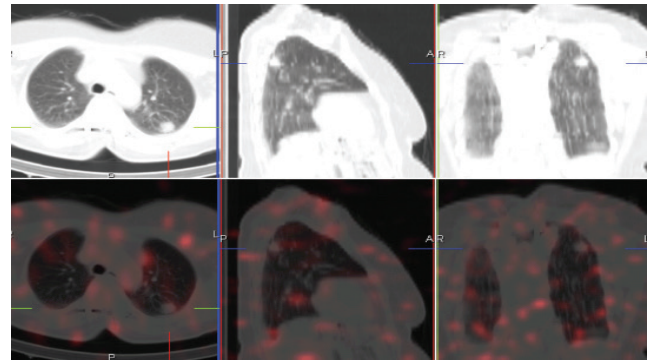


Şekil 2B. Planar sintigrafisi görüntülerinde boyunda orta hatta izlenen yoğun aktivite tutulum odağının SPECT/BT görüntülerinde mandibula anterior kesimine lokalize olduğu görülmüş olup dental tutulum lehine değerlendirilmiştir

patolojik bulgular eşliğinde değerlendirilmesi ve cerrahi sınırdaki tümörün izlenip izlenmemesine göre nihai kararın verilmesi önerilir. Diğer taraftan sintigrafik görüntülerde lezyonun gösterilip gösterilememesinin en önemli etmenlerinden birisi de lezyonların I-131 afinitesi yani I-131 tutup tutmamasıdır. DTK olgularında I-131 afinitesi göstermeyen lezyon saptanma oranı yaklaşık %30 olup bu durum yalnızca negatiflik nedenlerinin başında gelmektedir (25,26). Hürthle hücreli tiroit kanserleri ile PTK içerisinde kötü prognozlu olarak bilinen uzun hücreli, kolumnar hücreli ve kribriform tip PTK alt gruplarının I-131 afinitelerinin düşük olduğu bilinmektedir. Benzer şekilde kötü diferansiye olarak bilinen trabeküler, insüler ve solid varyantlar I-131 afinitesi düşük tiroit kanserleri olarak bilinmektedir. Bu nedenle gerek planar I-131 sintigrafileri, gerekse de SPECT ve SPECT/BT görüntüleri değerlendirilirken hastanın iyodine maruziyetinin olup olmadığının ve tiroit hormon preparatları kullanıp kullanmadığının irdelenmesinin yanı sıra histopatolojik alt tipler ile serum Tg, TSH ve FT₄ seviyeleri de dikkate alınmalıdır.

Ablasyon Tedavisi Öncesi I-131 Tek Foton Emisyon Bilgisayarlı Tomografi/Bilgisayarlı Tomografi Görüntülemesi

DTK'de ablasyon öncesi I-131 sintigrafisi rutin uygulamalarda tercih edilen bir yöntem değildir. Bunun gerekçesi tanısal amaçla verilen I-131'in meydana getireceği sersemletici (stunning)



Şekil 2C. Tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi/bilgisayarlı tomografi görüntülerinin BT kesitlerinde sol akciğer üst lob apikoposteriorda kitlesel lezyon (üst sıra) dikkati çekmiştir. Buna karşılık bu lezyonun tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi görüntülerinde (alt sıra, füzyon imajları) I-131 tutulumu göstermediği görülmüş olup I-131 negatif tiroit kanseri metastazı düşünülmüştür. Daha sonra bu lezyondan yapılan histopatolojik inceleme sonucu tiroit kanseri metastazı ile uyumlu olarak tanımlanmıştır

etkiyle tedavi etkinliğinin azalma olasılığından kaçınmaktadır. Rutin uygulamalarda ablasyon öncesi dönemde 5-uptake dozundaki tiroit sintigrafisi ve uptake ölçümü dışında tanısal amaçlı I-131 pek kullanılmamaktadır.

Diğer taraftan ülkemizde kullanılmamakla birlikte tedavi edici β -ışınması bulunmaması dolayısıyla stunning etkisi olmaması nedeniyle I-123, ablasyon öncesi tanısal amaçla kullanılabilir. Barwick ve ark. DTK tanısıyla ablasyon öncesi I-123 planar sintigrafisi, SPECT ve SPECT/BT görüntülemelerini karşılaştırdıkları 79 hastadan oluşan çalışmalarında planar sintigrafinin duyarlılığı %41, özgüllüğü %68, doğruluğu %61 olarak bulunurken; SPECT'in duyarlılığı %45, özgüllüğü %89, doğruluğu %78 olarak bulunmuştur (27). Buna karşılık SPECT/BT'nin duyarlılığı %50, özgüllüğü %100, doğruluğu %87 olarak bulunmuş olup belirtilen bu çalışmanın verilerine BT'de lezyon izlenen ancak I-123 afinitesi-tutulumu göstermeyen aynı zamanda serum Tg seviyesi yüksek olan 11 hasta da dahil edilmiştir (27). Burada SPECT/BT'nin katkısı planar sintigrafide izlenen artmış aktivite tutulum odaklarının anatomik olarak daha doğru olarak lokalizasyonunun ve karakterizasyonunun yapılabilmesi, böylelikle metastatik lezyon ile normal organlardaki fizyolojik tutulum veya rezidü fonksiyonel tiroit dokusu ayırımının yapılabilmesi aynı zamanda atenüasyon problemi önlenerek daha küçük lezyonların da gösterilebilmesi olarak özetlenebilir. Diğer bir önemli katkısı da radyoiyot afinitesi göstermeyen lezyonların da saptanabilmesidir. Spanu ve ark. 108'ine ablasyon öncesi tanısal I-123 SPECT/BT görüntülemesi yaptıkları, 9 hastaya ise postablasyon I-131 SPECT/BT görüntülemesi gerçekleştirdikleri toplam 117 hastadan oluşan çalışmalarında, SPECT/BT ile 158 lezyon saptanırken, planar sintigrafisi ile 116 lezyon bildirmişlerdir (28). Böylelikle olguların %35,6'sında tedavi yaklaşımı değişmiş, daha da önemlisi olguların %20'sinde planar sintigrafisi sonuçlarına göre I-131 tedavisi planlanırken SPECT/BT bulguları doğrultusunda gerçekte hastalık bulunmadığı gösterilerek gereksiz olan bu I-131 tedavisinden vazgeçilmiştir (28).

Wong ve ark. DTK tanılı 48 hastada evreleme ve risk değerlendirmesini tamamlamak amacıyla

histopatolojik parametrelere ek olarak 1 mCi gibi oldukça düşük doz I-131 ile ablasyon öncesi sintigrafik görüntüleme (planar ve SPECT/BT) yapmışlardır (29). Hastalar TNM evreleme sistemine göre histopatolojik parametreler ve akciğer grafisi doğrultusunda evrelendirilmiştir. Daha sonra bu olgular planar I-131 sintigrafisi bulguları ve planar sintigrafisi+SPECT/BT bulgularına göre yeniden evrelendirildiğinde hastaların %21'inde evrenin değiştiği görülmüştür. Beklenmeyen nodal ve/veya uzak metastaz bulgusunun saptandığı bu hastalarda bölgesel lenf nodu metastazları olan olgular için 5,5 GBq I-131, uzak metastazı olan olgular için ise 7,4-14,8 GBq I-131 gibi başlangıçta düşünülen dozlardan çok daha yüksek radyoiyot dozları tercih edilmiştir. Oysa bu hastalarda yüksek risk faktörlerinin yokluğunda tiroit lojundaki rezidüel fonksiyonel tiroit dokusunun ablasyonu amacıyla düşünülen doz yaklaşık 1,1 GBq I-131 gibi çok daha düşük doz olacaktır. Sonuç olarak olguların yaklaşık %58'inde sintigrafik sonuçlar ile başlangıçta histopatolojik bulgular üzerinden yapılan risk değerlendirmesine göre planlanan tedavi dozlarında değişikliğe gidildiği bildirilmiştir (29). Ablasyon öncesi tanısal I-131 sintigrafisi (planar tüm vücut sintigrafisi ile SPECT/BT) uygulandığı 320 hastadan oluşan Avram ve ark. çalışmasında ise olguların %22'sinde bölgesel lenf nodu metastazı, %8'inde uzak metastaz saptanmış olup neticede 45 yaşından küçük olguların %4'ünde, 45 yaşından büyük olguların ise %25'inde hastalığın evresinin postoperatif histopatolojik bulgular ile yapılan evreye göre değiştiği bildirilmiştir (30). ATD klavuzunda da DTK'nin evrelemesi ve risk değerlendirmesinde tiroidektomi sonrasında ablasyon öncesi I-131 SPECT/BT görüntülemesi önerilmiştir (6). Böylelikle rezidüel fonksiyonel tiroit dokusunun ablasyonu için çok daha düşük dozlar tercih edilirken, rezidü-metastatik tümöral lezyonlarda cerrahi tedavi düşünülebileceği gibi ilk radyoiyot tedavisinde bu lezyonlara çok daha yüksek dozların verilebilmesi mümkün olacaktır. Diğer taraftan düşük risk grubunda bulunan ve aynı zamanda preablasyon sintigrafisinde bölgesel-uzak metastaz bulgusunun gözlenmediği olguların ablasyon tedavisi uygulanmaksızın takip edilmeleri de söz konusu olabilir. Netice olarak postop histopatolojik parametreler ile klinik faktörlerin yanı sıra preablasyon sintigrafisi bulguları ile hastalığın evre ve risk değerlendirmesi yeniden yapılarak olgu radyoiyot ablasyonu açısından tekrar değerlendirilmiş gibi radyoiyot ablasyonu-tedavisinin amacı da

yeniden belirlenebilir. Radyoiyot tedavisindeki amaçlardan bir tanesi residüel fonksiyonel tiroit dokusu ablasyonu olup olgunun sonraki uzun dönem takiplerinin kolaylaştırılması aynı zamanda sonraki dönemlerde uygulanabilecek muhtemel I-131 tedavilerinin etkinliğinin yükseltmesidir. İkinci amacı ise adjuvant I-131 tedavisi olup şüpheli veya kanıtlanamamış rezidüel veya metastatik tümöral lezyonların ortadan kaldırılmasıdır. Üçüncü amacı ise bilinen rezidüel tümöral lezyonların veya lokal-uzak metastatik lezyonların tedavisidir. Diğer taraftan tümördeki radyoiyot tutulumu dolayısıyla absorbe edilen radyasyon dozu I-131 tedavisi başarısının en önemli belirteci olarak kabul edilmektedir (31).

Ablasyon Tedavisi Sonrası I-131 Tek Foton Emisyon Bilgisayarlı Tomografi/Bilgisayarlı Tomografi Görüntülemesi

I-131 tedavisi uygulanmış DTK hastalarında eksternal marker yerleştirilerek elde edilen SPECT görüntüleri ile başka bir yerdeki BT cihazından elde edilmiş BT görüntülerinin dijital olarak birleştirilmesiyle elde edilen SPECT/BT görüntülerinin tek başına SPECT görüntülerine göre tanısal doğruluğu artırdığı bildirilmiştir (32). Ruf ve ark. tedavi sonrası planar I-131 sintigrafisi ile SPECT/BT'yi karşılaştırdıkları 25 hastadan oluşan çalışmalarında olguların %25'inde tedavi yaklaşımının değiştiği bildirilmiştir (33). Benzer şekilde yapılan diğer çalışmalarda da SPECT/BT'nin kuşkulu sonuçları azalttığı ve tanısal doğruluğu arttırdığı gösterilmiştir (34,35).

Kohluerst ve ark. çalışmasında SPECT/BT ile olguların %36,4'ünde N evresinin değiştiği, %24,2'sinde ise bu sayede tedavi yaklaşımının değiştiği gözlenmiştir. Aynı olguların %21,1'inde M evresinin değiştiği %10,1'inde ise bu sayede tedavi yaklaşımının değiştiği bildirilmiştir (36). Diğer taraftan planar sintigrafi ile parafarengeal bölgedeki metastatik lezyonların saptanması güç iken SPECT/BT ile bu bölgenin daha net olarak değerlendirilebileceği ve olası metastatik lezyonların gösterilmesinin mümkün olabileceği bildirilmiştir (37). Benzer şekilde Schmidt ve ark. çalışmasında planar sintigrafide nodal metastaz olarak değerlendirilen 11 lezyondan 6 tanesi SPECT/BT ile benign olarak kabul edilirken, planar sintigrafide kuşkulu lezyon olarak kabul edilen 15 olgudan 11 tanesi SPECT/BT ile nodal metastaz olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak SPECT/BT ile toplam 57 olgunun 20'sinde (%35) nodal evre değişmiş ve olguların %25'inde risk değerlendirmesinde değişiklik oluşmuştur (38). Aynı grubun diğer bir çalışmasında ise metastatik servikal

lenf nodunun boyutu ile tedavi yanıtı arasındaki ilişki araştırılmış olup metastatik lenf nodunun 0,9 mL'den küçük olduğu lezyonların %94'ünün tedavi ile yok olduğu görülürken daha büyük lezyonların tedavi ile ortadan kaldırılma ihtimalinin çok daha düşük olduğu bu nedenle bu olgularda cerrahi eksizyonun tercih edilmesi gerektiği bildirilmiştir (39).

Wang ve ark. 94 hastadan oluşan çalışmalarında planar I-131 sintigrafisinde izlenen artmış aktivite tutulum odaklarının SPECT/BT ile olguların %21'inde anatomik olarak lokalizasyonlarının daha doğru bir şekilde yapıldığı, ayrıca olguların %7'sinde yeni lezyonların saptandığı sonuç olarak da 94 olgunun 22'sinde (%23) tedavi yaklaşımının değiştiği bildirilmiştir (40). Grewal ve ark. tedavi sonrası I-131 sintigrafisinin ATD risk klasifikasyonuna olası etkilerinin araştırıldığı klinik ve histopatolojik olarak orta veya yüksek risk grubu olarak kabul edilen 158 hastadan oluşan çalışmalarında olguların %74'üne ilk ablasyon uygulanırken, %24'üne ise nüks-metastaz nedeniyle I-131 tedavisi uygulanmıştır (41). SPECT/BT ile olguların %15'inde N evre değişirken, %21'inde ise rezidiv-nüks tümöral lezyon saptanmıştır. Ayrıca ilk ablasyon uygulanmış 109 hastanın %6,4'ünde SPECT/BT bulguları doğrultusunda ATD risk sınıflamasına değişiklik oluşmuştur. Belki daha da önemli sayılabilecek bir diğer durum ise BT görüntülerinin değerlendirmesi ile birlikte bu 109 olgunun 32'sinde (%22) I-131 negatif metastatik lezyonlar gösterilmesidir (41).

Ciappuccini ve ark. ablasyon sonrası planar tüm vücut sintigrafisi ve SPECT/BT görüntülemesi bulgularının tiroit kanserlerinde prognostik öneminin olup olmadığı veya tedavi sonucunu öngörmedeki yerini araştırmışlardır. Takiplerde hastalısız olguların tamamında başlangıç SPECT/BT'nin negatif veya şüpheli olduğu bildirilmiştir. Buna karşılık takiplerinde nüks-metastatik hastalık ile karşılaşılan olguların %78'inde SPECT/BT'nin pozitif olduğu bildirilmiş olup postablasyon sintigrafisinin (planar tüm vücut sintigrafisi ile SPECT/BT görüntülemesi) nüks-metastatik hastalığı öngörmedeki duyarlılık ve özgüllük değerleri sırasıyla %78 ve %100 olarak bulunmuştur (42). Diğer taraftan takiplerinde nüks-metastatik hastalık ile karşılaşılan olguların %22'sinde ise postablasyon sintigrafisinin (planar tüm vücut sintigrafisi ile SPECT/BT görüntülemesi) negatif

olduğu görülmüş olup bu oran yani I-131 afinitesi göstermeyen nüks-metastatik hastalıkla karşılaşılma oranı diğer çalışmalarda %20-30 arasında olarak bildirilmiştir (26,41).

Lezyon Dozimetri Hesaplamalarında I-131 Tek Foton Emisyon Bilgisayarlı Tomografi/Bilgisayarlı Tomografi Görüntülemesinin Yeri

DTK'sinde SPECT/BT sistemlerinin belki de en önemli katkısı lezyona özgül dozimetri yapılabilmesi olacaktır. SPECT/BT görüntülemesi ile lezyonun radyoaktif alımı ile lezyondaki radyoaktif retansiyonunun hesaplanmasının yanı sıra tümör volümü de hesaplanarak tümördeki absorbe edilecek doz saptanabilir. Bunun için tedavi öncesi 1-2 mCi gibi düşük aktivite uygulanarak tanısal tüm vücut planar I-131 sintigrafisi ve SPECT/BT görüntülemesi yapılır. Daha sonra en az 48 saat süreyle olmak üzere tekrarlayan görüntüler alınarak radyoaktif tüm vücuttaki efektif yarı ömrü ile lezyondaki washout oranı hesaplanır. Ayrıca kan örnekleri de alınarak lezyona yönelik maksimum güvenli radyasyon dozu uygulamasını gerçekleştirmek mümkün olabilir (43,44).

Sonuç

Planar I-131 sintigrafisinde izlenen artmış aktivite tutulum odaklarının SPECT/BT görüntülemesi ile kesin lokalizasyonunun belirlenmesi yanı sıra karakterizasyonun da daha ayrıntılı ve doğru bir şekilde yapılması mümkün olup bu sayede I-131 sintigrafisinin tanısal doğruluğu artmaktadır. Bu durumda hastalığın evrelemesinin ve risk değerlendirmesinin daha doğru bir şekilde yapılabilmesi bunun da neticede tedavi yaklaşımına etkisinin olacağı muhakkaktır. Daha önemli ve güncel bir konu da I-131 planar tüm vücut sintigrafisi ve SPECT/BT görüntüleri üzerinden dozimetri yapılarak lezyonlara maksimum güvenli dozun verilebilmesidir. Bu sayede kümülatif doz sorunu olan veya kemik iliği rezervi yetersiz olgularda I-131 tedavi etkinliği sürdürülebilecektir. SPECT/BT'nin iyi diferansiyel tiroit kanserlerinde önemli katkılar sunacağı beklenmektedir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Çalışmamız için hiçbir kurum ya da kişiden finansal destek alınmamıştır.

Kaynaklar

1. Jemal A, Siegel R, Xu J, Ward E. Cancer statistics, 2010. *CA Cancer J Clin.* 2010;60:277-300.
2. Davies L, Welch HG. Increasing incidence of thyroid cancer in the United States, 1973-2002. *JAMA* 2006;295:2164-2167.
3. Hundahl SA, Fleming ID, Fremgen AM, Menck HR. A National Cancer Data Base report on 53,856 cases of thyroid carcinoma treated in the U.S., 1985-1995 (see comments). *Cancer* 1998;83:2638-2648.
4. Simard EP, Ward EM, Siegel R, Jemal A. Cancers with increasing incidence trends in the United States:1999 through 2008. *CA Cancer J Clin* 2012;62:118-128.
5. Volante M, Landolfi S, Chiusa L, et al. Poorly differentiated carcinomas of the thyroid with trabecular, insular, and solid patterns: A clinicopathologic study of 183 patients. *Cancer* 2004;100:950-957.
6. American Thyroid Association (ATA) Guidelines Taskforce on Thyroid Nodules and Differentiated Thyroid Cancer; Cooper DS, Doherty GM, et al. Revised American Thyroid Association management guidelines for patients with thyroid nodules and differentiated thyroid cancer. *Thyroid* 2009;19:1167-1214.
7. Seidlin SM, Marinelli LD, Oshry E. Radioactive iodine therapy; effect on functioning metastases of adenocarcinoma of the thyroid. *J Am Med Assoc* 1946;132:838-847.
8. Mazzaferri EL. An overview of the management of papillary and follicular thyroid carcinoma. *Thyroid* 1999;9:421-427.
9. Unal S, Menda Y, Adalet I, et al. Thallium-201, technetium-99m-tetrofosmin and iodine-131 in detecting differentiated thyroid carcinoma metastases. *J Nucl Med* 1998;39:1897-1902.
10. Sherman SI. Thyroid carcinoma. *Lancet* 2003;36:501-511.
11. Edge SB, Compton CC. The American Joint Committee on Cancer: The 7th edition of the AJCC cancer staging manual and the future of TNM. *Ann Surg Oncol* 2010;17:1471-1474.
12. Dietlein M, Verburg FA, Luster M, Reiners C, Pitoia F, Schicha H. One should not just read what one believes: The nearly irresolvable issue of producing truly objective, evidence-based guidelines for the management of differentiated thyroid cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2011;38:793-798.
13. Wong KK, Avram AM. Posttherapy I-131 thymic uptake demonstrated with SPECT/CT in a young girl with papillary thyroid carcinoma. *Thyroid* 2008;18:919-920.
14. Dümcke CW, Madsen JL. Usefulness of SPECT/CT in the diagnosis of intrathoracic goiter versus metastases from cancer of the breast. *Clin Nucl Med* 2007;32:156-159.
15. Macdonald W, Armstrong J. Benign struma ovarii in a patient with invasive papillary thyroid cancer: detection with I-131 SPECT-CT. *Clin Nucl Med* 2007;32:380-382.
16. Thust S, Fernando R, Barwick T, Mohan H, Clarke SE. SPECT/CT identification of post-radioactive iodine treatment false-positive uptake in a simple renal cyst. *Thyroid* 2009;19:75-76.

17. Rachinsky I, Driedger A. Iodine-131 uptake in a menstruating uterus: Value of SPECT/CT in distinguishing benign and metastatic iodine-positive lesions. *Thyroid* 2007;17:901-902.
18. Jong I, Taubman K, Schlicht S. Bronchiectasis simulating pulmonary metastases on iodine-131 scintigraphy in well-differentiated thyroid carcinoma. *Clin Nucl Med* 2005;30:688-689.
19. Agriantonis DJ, Hall L, Wilson MA. Utility of SPECT/CT as an adjunct to planar whole body I-131 imaging: Liver metastasis from papillary thyroid cancer. *Clin Nucl Med* 2009;34:247-248.
20. Aide N, Lehembre E, Gervais R, Bardet S. Unusual intratracheal metastasis of differentiated thyroid cancer accurately depicted by SPECT/CT acquisition after radioiodine ablation. *Thyroid*. 2007;17:1305-1306.
21. Qiu ZL, Luo QY. Erector spinae metastases from differentiated thyroid cancer identified by I-131 SPECT/CT. *Clin Nucl Med* 2009;34:137-140.
22. von Falck C, Beer G, Gratz KF, Galanski M. Renal metastases from follicular thyroid cancer on SPECT/CT. *Clin Nucl Med* 2007;32:751-752.
23. Zhao LX, Li L, Li FL, Zhao Z. Rectus abdominis muscle metastasis from papillary thyroid cancer identified by I-131 SPECT/CT. *Clin Nucl Med* 2010;35:360-361.
24. Montes C, Tamayo P, Hernandez J, et al. Estimation of the total effective dose from low-dose CT scans and radiopharmaceutical administrations delivered to patients undergoing SPECT/CT explorations. *Ann Nucl Med* 2013;27:610-617.
25. Min JJ, Chung JK, Lee YJ, et al. Relationship between expression of the sodium/iodide symporter and 131I uptake in recurrent lesions of differentiated thyroid carcinoma. *Eur J Nucl Med* 2001;28:639-645.
26. Mian C, Barollo S, Pennelli G, et al. Molecular characteristics in papillary thyroid cancers (PTCs) with no 131I uptake. *Clin Endocrinol (Oxf)* 2008;68:108-116.
27. Barwick T, Murray I, Megadmi H, et al. Single photon emission computed tomography (SPECT)/computed tomography using Iodine-123 in patients with differentiated thyroid cancer: Additional value over whole body planar imaging and SPECT. *Eur J Endocrinol* 2010;162:1131-1139.
28. Spanu A, Solinas ME, Chessa F, Sanna D, Nuvoli S, Madeddu G. 131I SPECT/CT in the follow-up of differentiated thyroid carcinoma: incremental value versus planar imaging. *J Nucl Med* 2009;50:184-190.
29. Wong KK, Sisson JC, Koral KF, Frey KA, Avram AM. Staging of differentiated thyroid carcinoma using diagnostic 131I SPECT/CT. *AJR Am J Roentgenol* 2010;195:730-736.
30. Avram AM, Fig LM, Frey KA, Gross MD, Wong KK. Preablation 131I scans with SPECT/CT in postoperative thyroid cancer patients: what is the impact on staging? *J Clin Endocrinol Metab* 2013;98:1163-1171.
31. Van Nostrand D. The benefits and risks of I-131 therapy in patients with well-differentiated thyroid cancer. *Thyroid* 2009;19:1381-1391.
32. Yamamoto Y, Nishiyama Y, Monden T, Matsumura Y, Satoh K, Ohkawa M. Clinical usefulness of fusion of 131I SPECT and CT images in patients with differentiated thyroid carcinoma. *J Nucl Med* 2003;44:1905-1910.
33. Ruf J, Lehmkuhl L, Bertram H, et al. Impact of SPECT and integrated low-dose CT after radioiodine therapy on the management of patients with thyroid carcinoma. *Nucl Med Commun* 2004;25:1177-1182.
34. Tharp K, Israel O, Hausmann J, et al. Impact of 131I-SPECT/CT images obtained with an integrated system in the follow-up of patients with thyroid carcinoma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2004;31:1435-1442.
35. Aide N, Heutte N, Rame JP, et al. Clinical relevance of single-photon emission computed tomography/computed tomography of the neck and thorax in postablation (131I) scintigraphy for thyroid cancer. *J Clin Endocrinol Metab* 2009;94:2075-2084.
36. Kohlfuerst S, Igerc I, Lobnig M, et al. Posttherapeutic (131I) I SPECT-CT offers high diagnostic accuracy when the findings on conventional planar imaging are inconclusive and allows a tailored patient treatment regimen. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2009;36:886-893.
37. Qiu ZL, Xu YH, Song HJ, Luo QY. Localization and identification of parapharyngeal metastases from differentiated thyroid carcinoma by 131I-SPECT/CT. *Head Neck* 2011;33:171-177.
38. Schmidt D, Szikszai A, Linke R, Bautz W, Kuwert T. Impact of 131I SPECT/spiral CT on nodal staging of differentiated thyroid carcinoma at the first radioablation. *J Nucl Med* 2009;50:18-23.
39. Schmidt D, Linke R, Uder M, Kuwert T. Five months' follow-up of patients with and without iodine-positive lymph node metastases of thyroid carcinoma as disclosed by (131I) I-SPECT/CT at the first radioablation. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2010;37:699-705.
40. Wang H, Fu HL, Li JN, Zou RJ, Gu ZH, Wu JC. The role of single-photon emission computed tomography/computed tomography for precise localization of metastases in patients with differentiated thyroid cancer. *Clin Imaging* 2009;33:49-54.
41. Grewal RK, Tuttle RM, Fox J, et al. The effect of posttherapy 131I SPECT/CT on risk classification and management of patients with differentiated thyroid cancer. *J Nucl Med*. 2010;51:1361-1367.
42. Ciappuccini R, Heutte N, Trzepla G, et al. Postablation (131I) scintigraphy with neck and thorax SPECT-CT and stimulated serum thyroglobulin level predict the outcome of patients with differentiated thyroid cancer. *Eur J Endocrinol* 2011;164:961-969.

43. Van Nostrand D, Atkins F, Moreau S, et al. Utility of the radioiodine whole-body retention at 48 hours for modifying empiric activity of ¹³¹-iodine for the treatment of metastatic well-differentiated thyroid carcinoma. *Thyroid* 2009;19:1093-1098.
44. Sisson JC, Shulkin BL, Lawson S. Increasing efficacy and safety of treatments of patients with well-differentiated thyroid carcinoma by measuring body retentions of ¹³¹I. *J Nucl Med* 2003;44:898-903.



Tek Foton Emisyon Tomografisi/ Bilgisayarlı Tomografi ile Tedavi Planlama

Single Photon Emission Computed Tomography/Computed Tomography in Treatment Planning

Salih Özgüven¹, Tunç Öneş²

¹Ağrı Devlet Hastanesi, Nükleer Tıp Kliniği, Ağrı, Türkiye

²Marmara Üniversitesi Pendik Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Nükleer Tıp Kliniği, İstanbul, Türkiye

Öz

Tek foton emisyon tomografisi/bilgisayarlı tomografi (SPECT/BT); SPECT ile alınan fonksiyonel bilgi ve BT ile elde edilen anatomik bilginin füzyonunu sağlayan etkin bir tanısal görüntüleme tekniğidir. SPECT/BT klinikte diğer birçok endikasyonun yanı sıra; medikal tedavi, cerrahi tedavi, radyasyon tedavisi (internal, eksternal) planlamada da kullanılmaktadır. Bu derlemede, SPECT/BT'nin radyoterapi ve medikal/cerrahi tedavi planlamadaki rolü özetlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Tomografi, emisyon-bilgisayarlı, tek foton çok kesitli bilgisayarlı tomografi, nükleer tıp, kişiselleştirilmiş tedavi, SPECT/BT, radyoterapi planlama, bilgisayar-yardımlı

Abstract

Single photon emission tomography/computed tomography (SPECT/CT); is a diagnostic imaging technique that provides functional information from SPECT and anatomical information from CT. Besides many other indications, SPECT/CT is used in planning of medical treatment, surgical treatment, and internal/external radiotherapy. In this review, we presented the role of SPECT/CT in planning of radiotherapy and in medical/surgical treatment.

Keywords: Tomography, emission-computed, single-photon multidetector computed tomography, nuclear medicine; individualized therapy, SPECT/CT, radiotherapy planning, computer-assisted

Giriş

Tek foton emisyon tomografisi/bilgisayarlı tomografi (SPECT/BT); SPECT ile alınan fonksiyonel bilgi ve BT ile elde edilen anatomik bilginin füzyonunu sağlayan etkin bir tanısal görüntüleme tekniğidir. SPECT/BT, aktif hastalık şüphesi veya bilinen yapısal patolojisi olan hastalarda hastalığın yaygınlığını belirleme, medikal tedavi, cerrahi tedavi, radyasyon tedavisi (internal, eksternal) planlamada ve tedaviye yanıtın değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (1).

SPECT/BT; cerrahi tedavi planlamada anatomik ve fonksiyonel bilgileri birleştirerek minimal invaziv cerrahi yapılmasına olanak sağlarken, radyasyon tedavisi planlamasında ise verilebilecek etkin dozun belirlenmesi ve radyoembolizasyon tedavisi sonrası olabilecek yan etkileri minimize etme olanağı sağlamaktadır. Bu derlemenin amacı, radyasyon tedavisi ve medikal/cerrahi tedavi planlamada SPECT/BT'nin rolünü ve bu konuda literatürdeki gelişmeleri aktarmaktır.

Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Dr. Salih Özgüven, Ağrı Devlet Hastanesi, Nükleer Tıp Kliniği, Ağrı, Türkiye

E-posta: drsozg@gmail.com

© Nükleer Tıp Seminerleri, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır. / © Nuclear Medicine Seminars, published by Galenos Publishing.

İnternal Radyoterapi Planlamada Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi

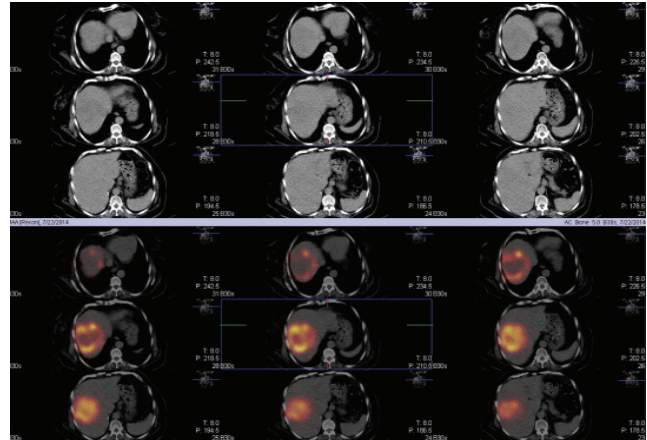
Radyoembolizasyon; (selektif internal radyoterapi ya da transarterial radyoembolizasyon) primer veya metastatik karaciğer kanserlerinde uygulanan bir tedavi yöntemidir. Bu tedavi yönteminde; karaciğerdeki tümörü besleyen arter/arterlere radyoaktif mikrokürelerin uygulanması ve bu sayede tümör dışı çevre dokunun korunup, tümörün ise yüksek dozda ışınlanması hedeflenmektedir. Radyoembolizasyon tedavisi öncesinde hastalara tanısıl anjiyografi yapılmakta ve hepatic arter yolu ile Tc-99m makro agregat albumin (MAA) uygulandıktan sonra hepatic arteriyel perfüzyon sintigrafisi yapılmaktadır. Bu tetkik ile İtiryum-90 mikroküre tedavisi taklit edilerek, mikrosferlerin ekstrahepatik birikimi, hepatic arterden akciğere arteriovenöz şant oranı ve tedavi sonrası oluşabilecek radyasyon pnömonisi gibi yan etkiler önceden saptanabilmektedir (Şekil1, 2) (2). Planar sintigrafik görüntülere ek olarak alınan SPECT ve SPECT/BT görüntüleri ise tümörün ve normal karaciğer parankiminin Tc-99m-MAA tutulumu hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Hepatic perfüzyon sintigrafisinde SPECT/BT; BT komponenti ile yapılan atenüasyon düzeltmesi sayesinde, planar ve SPECT görüntülemelere üstünlük göstermektedir (3).

Literatürde Tc-99m MAA SPECT/BT'nin radyoembolizasyon öncesinde tedaviyi planlamada planar ve SPECT görüntülerden üstün olduğunu bildiren yayınlar bulunmaktadır. Bu konuda Ahmadzadehfar ve ark. 76 hastada radyoembolizasyon öncesi ekstrahepatik Tc-99m-MAA tutulumu saptamada SPECT/BT ile planar ve SPECT görüntüleri retrospektif olarak karşılaştırmıştır (4). Çalışma sonucunda ekstrahepatik Tc-99-MAA tutulumu planar görüntülerde %12, SPECT görüntülerinde %17 ve SPECT/BT görüntülerinde ise %42 oranında saptanmıştır. Ayrıca yine bu çalışmada Tc-99m-MAA SPECT/BT'nin olguların %29'unda tedavi planlamasında değişikliğe yol açtığı bildirilmiştir. Başka bir çalışmada ise 58 hastada radyoembolizasyon öncesinde Tc-99m-MAA planar, SPECT ve SPECT/BT görüntüleri prospektif olarak karşılaştırılmış ve SPECT/BT'nin gastrointestinal sisteme olan kaçağı belirlemede duyarlılığının, özgüllüğünün ve etkinliğinin diğer yöntemlere nazaran yüksek

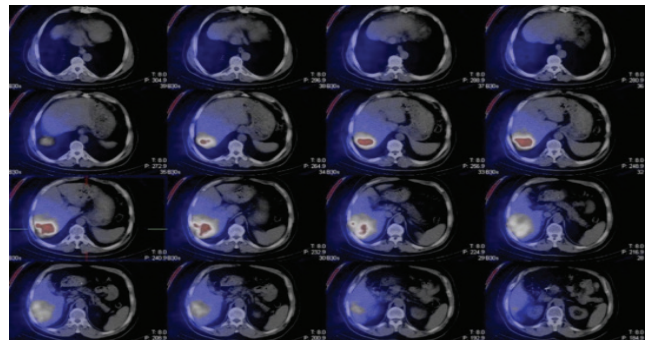
olduğu sonucuna ulaşılmıştır (5). Garin ve ark. ise hepatosellüler kanser tanılı 36 hastada yaptıkları çalışmada Tc-99m-MAA SPECT/BT ile yapılan kantitatif değerlendirmelerin radyoembolizasyon tedavisine yanıt, progresyonsuz sağkalım ve genel sağkalım hakkında öngörü sağladığını bildirmiştir (6).

SPECT/BT'nin karaciğer radyoembolizasyonu dışında lenfomalarda, nöroendokrin tümörlerde ve tiroid kanserlerinde de hedefe yönelik radyonüklid tedavilerin planlamasına katkıda bulunduğu bildirilmiştir (7,8,9,10,11).

Tiroid kanserlerinde SPECT/BT rezidü doku ile metastazları saptamada ve uygulanacak radyoaktif iyot (RAİ) tedavi dozunu belirlemede kullanılmaktadır. Tharp ve ark. takipte tiroid kanserli 71 olguda planar tüm vücut tarama sintigrafilerinde şüpheli bulgular saptanan hastalarda I-131 SPECT/BT'nin rolünü



Şekil 1. Bir hepatosellüler kanser olgusunun Tc-99m makro agregat albumin SPECT/BT ile yapılan hepatic arteriyel perfüzyon sintigrafisi ile tedavi öncesinde değerlendirilmesi.



Şekil 2. Bir hepatosellüler kanser olgusunda Y-90 mikroküreler ile yapılan tedavi sonrasında "brensstrahlung görüntüleme" ile tedavi etkinliğinin SPECT/BT ile değerlendirilmesi.

araştırdıkları çalışmalarında I-131 SPECT/BT'nin RAI tedavisi alacak olgularda RAI dozunu belirlemede ve/veya hastaya uygulanacak ek tedavi yöntemlerini (cerrahi/eksternal radyoterapi) belirlemede etkin bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir (9). Benzer şekilde Blum ve ark. da tiroid kanserli olgularda RAI tedavisi sonrası veya takip amacı ile çekilmiş I-131 tüm vücut görüntülerinde izlenen şüpheli aktivite tutulum alanlarına yönelik yapılan SPECT/BT görüntülemelerinin tedavi planlamasında etkili bir yöntem olduğunu bildirmiştir (10).

SPECT/BT nöroendokrin tümörlerde; hastalığın yaygınlığının belirlenmesinde duyarlılığı ve özgüllüğü arttırmaktadır. Buna ek olarak cerrahi ve I-131 MIBG tedavisi planlanmasında da rol oynamaktadır (1,11). Bu konuda Krausz ve ark. nöroendokrin tümör tanılı 72 hastada In-111 somatostatin reseptör sintigrafisi ve SPECT/BT'nin etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında In-111 SPECT/BT'nin hastaların %14'ünde tedavi yaklaşımını değiştirdiğini bildirmişlerdir (11).

Eksternal Radyoterapi ve Brakiterapi Planlamada Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi

Eksternal radyoterapide amaç mümkün olduğunca çevre normal dokulara hasar vermeden tümör dokusunu ışınlamaktır. SPECT/BT morfolojik görüntülemelerle elde edilen tümör hacmindeki fonksiyonel tümör dokusu ile ilgili bilgiler sağlamaktadır. Bu nedenle fonksiyonel görüntülemelerle elde edilen tümör hacmi eksternal radyoterapi ve brakiterapiler için oldukça önemlidir. SPECT/BT birçok kanserde eksternal radyoterapi ve brakiterapi planlamalarında kullanılmaktadır.

Beyin tümörü olan olgularda operasyon lojundaki canlı tümör dokusu varlığı ve fokal tutulumları saptayabilmesi nedeni ile SPECT/BT radyoterapi planlamada önemli rol oynamaktadır. Filippi ve ark. beyin tümörü olan 30 hastada radyoterapi öncesinde Tc-99m Tetrafosmin SPECT ve Tc-99m Tetrafosmin SPECT/BT'nin etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında; olguların %43,3'ünde SPECT/BT'nin SPECT görüntülerinde izlenemeyen bulguları saptadığını bildirmiş ve SPECT/BT'nin fizyolojik tutulum sahaları komşuluğundaki fokal aktivite tutulumları ile cerrahi sonrası operasyon lojundaki rezidü tümör dokusunu göstermesi nedeni ile cerrahi/radyoterapi planlamada önemli bir rol oynayabileceği belirtilmiştir (12).

Prostat kanserinde ise brakiterapi planlamada SPECT/BT'nin rektal toksisiteyi arttırmadan hedef dokuya verilen radyasyon dozunu yükseltmede etkin bir yöntem olduğu bildirilmiştir (13,14). Ayrıca prostat kanserli olgularda SPECT/BT; SPECT ve planar görüntüler ile saptanamayan metastazları saptayıp hastalara olan klinik yaklaşımın değişmesini sağlamaktadır. Bu konuda Helyar ve ark. 40 prostat kanserli olguda SPECT/BT ve planar transvajinal ultrasonograf ile SPECT'in etkinliklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında SPECT/BT'nin kemik metastazlarında diğer yöntemlere oranla tanısıl etkinliği arttırdığını bildirilmiştir (15).

Meme kanseri tanısı olan hastalarda ise SPECT/BT; radyoterapi için hedeflenen tümör dokusunu belirlemede, tümörün komşu yumuşak doku ve iskelet sistemine invazyonunu göstermede kullanılabildiği gibi, sentinel lenf nodunun belirlenmesinde de kullanılmaktadır (16). Sergieva ve ark. yayınladığı derlemede meme kanseri olan olgularda SPECT/BT'nin eksternal radyoterapide tümör hacmini belirlemede ve maksimum normal meme dokusunun korunmasında etkili bir yöntem olduğunu bildirmiştir (16). Cheville ark. ise evre I ve evre II meme kanseri tanılı 28 hastada SPECT/BT'nin radyoterapi planlamadaki rolünü prospektif olarak araştırmıştır (17). Bu çalışma sonucunda SPECT/BT kullanımının meme kanserinde radyoterapi planlamasında kolu drene eden lenf nodlarının gereksiz ışınlanmasını ve lenfödem riskini azalttığını bildirilmiştir. Ayrıca literatürde SPECT/BT'nin meme kanserli hastalarda preoperatif dönemde sentinel lenf nodunun lokalizasyonunun tespitinde planar ve SPECT görüntülemeye göre üstün olduğunu ve tedavi yaklaşımını değiştirdiğini bildiren yayınlar bulunmaktadır (18,19,20).

Baş boyun kanserlerinde, profilaktik radyoterapi uygulanacak hastalarda, hedef hacmin belirlenmesinde SPECT/BT lenfosintigrafinin uygun bir yöntem olabileceği bildirilmiştir (21).

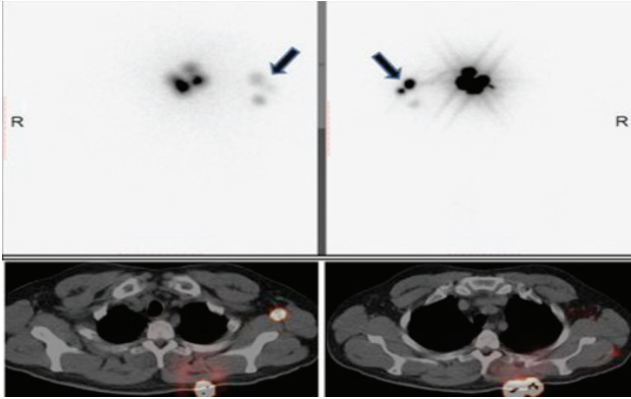
Cerrahi Tedavi Planlamada Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi

Cerrahi tedavi planlamada SPECT/BT ile elde edilen bilgilerin minimal invaziv girişimlere imkan tanınması nedeni ile değişik kanser türlerinin cerrahi planlamasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

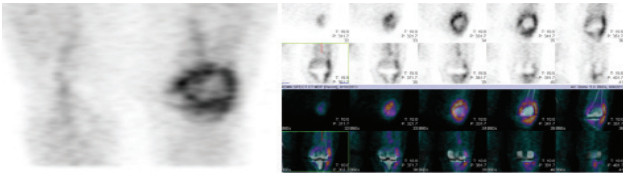
Tc-99m sestamibi SPECT/BT mediasten yerleşimli ektopik adenomlar başta olmak üzere paratiroid

adenomlarının cerrahi olarak çıkarılmasında önemli rol oynamaktadır (1). Bu konuda Wong ve ark. yaptıkları metaanalizde Tc-99m sestamibi SPECT/BT'nin paratiroid adenomları saptamadaki tanısallık değerini araştırmıştır (22). Bu çalışmanın sonucunda SPECT/BT'nin planar ve SPECT görüntüleri göre paratiroid adenomlarını saptamada üstünlük gösterdiği ve SPECT/BT kullanımının paratiroid adenomlu olgularda minimal invazif cerrahi için preoperatif planlamaya imkan sağladığı bildirilmiştir. Meme kanserli olgularda ise Schillaci ve ark. SPECT/BT sintinomamografisinin, planar görüntüleri nazaran cerrahi tedavi planlanan olgularda kanserli dokuyu saptamada duyarlılığının ve etkinliğinin üstün olduğunu göstermiştir (23).

Vulva kanserli olgularda da SPECT/BT ile yapılan lenfatik drenaj haritalamasının cerrahi morbiditeyi azalttığı ve uyluk bölgesinde yeterli cerrahi planlama yapılabilmesine imkan sağladığı bildirilmiştir (24).



Şekil 3. İnterskapular alandaki lezyondan malign melanom tanısı alan hastanın lenfosintigrafisinde planar görüntülerde (üstte) sol aksiller alanda olduğu düşünülen lenf nodlarının SPECT/BT görüntülerinde (altta) sol paraskapular alanda görüntülenmesi.



Şekil 4. Protez enfeksiyonu şüphesi olan hastanın kan havuzu fazında alınan planar görüntülerinde (solda) saptanan artmış aktivite tutulumunun SPECT/BT görüntülerinde (sağda) yumuşak dokuya lokalize olduğu dikkati çekmektedir.

Malign melanom tanılı hastalarda SPECT/BT ile sentinel lenf nodu eksizyonunun hastalısız sağkalımı arttırdığı raporlanmıştır (Şekil 3) (25).

Suga ve ark. ise akciğer kanserli hastalarda SPECT/BT görüntülemenin bölgesel fonksiyon bozukluklarını belirlemede, cerrahi planlamada, postoperatif akciğer fonksiyonunu tahminde ve eksternal radyoterapinin etkilerini göstermede etkili bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir (26).

Baş boyun kanserlerinin cerrahi tedavi planlamasında da SPECT/BT'nin etkin bir yöntem olabileceği bildirilmiştir. De Cicco ve ark. yaptıkları çalışmada, dil kanseri olan hastalarda SPECT/BT lenfosintigrafisinin cerrahi tedavinin planlanmasında rol alabileceğini ve cerrahiye bağlı morbiditeyi azaltabileceğini bildirmiştir (27).

Medikal Tedavi Planlamada Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi

SPECT/BT; kemik enfeksiyonu veya protez enfeksiyonu şüphesi ile kemik sintigrafisi çekilen hastalarda, planar görüntülerde izlenen aktivite tutulumlarının, tam lokalizasyonlarını göstererek kemik dokunun/protezin yumuşak dokudan ayırmasını sağlamaktadır. Bu nedenle SPECT/BT görüntüleri enfeksiyon/enfeksiyonun yaygınlığını ve tedavi yaklaşımını belirlemede rol oynamaktadır. Bu konuda Filippi ve ark. yaptığı çalışmada Tc-99m-hekza metilen propilen amin oksim SPECT/BT'nin, planar görüntüleri göre duyarlılık ile özgülüğünün yüksek olduğunu ve klinik olarak önemli ek bilgiler sağladığını bildirmiştir (28).

Bölümümüzde yapılan bir pilot çalışmada da kemik sintigrafisi yapılan olgularda; kan havuzu fazında yapılan SPECT/BT görüntülemenin protez enfeksiyonlarında ve heterotropik ossifikasyonlar için ek klinik katkılar sağladığı gösterilmiştir (Şekil 4) (29).

Sonuç

SPECT/BT gerek radyasyon (internal, eksternal) tedavisi planlamada gerekse de medikal tedavi ve cerrahi tedavi planlamada güvenilir ve etkin bir görüntüleme yöntemidir. İlerleyen dönemlerde SPECT/BT'nin yaygınlaşması ile tedavi planlamasında SPECT/BT'nin rutin bir yöntem olarak kullanılmaya başlanacağı düşünülmektedir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Çalışmamız için hiçbir kurum ya da kişiden finansal destek alınmamıştır.

Kaynaklar

- Mariani G, Flotats A, Israel O, et al. Clinical Applications of SPECT/CT: New Hybrid Nuclear Medicine Imaging System. IAEA-TECDOC-1597. Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency; 2008.
- Fanti S, Farsad M, Mansi L. Atlas of SPECT-CT. 2011.
- Arbizu J, Bilbao JI, Garrastachu P, et al. Radioembolization: Concepts and procedures. In: Baum RP. Editor. Therapeutic Nuclear Medicine 2013; s. 361-379.
- Ahmadzadehfar H, Sabet A, Biermann K, et al. The significance of 99mTc-MAA SPECT/CT liver perfusion imaging in treatment planning for 90Y-microsphere selective internal radiation treatment. J Nucl Med 2010;51:1206-1212.
- Hamami ME, Poeppel TD, Müller S, et al. SPECT/CT with 99mTc-MAA in radioembolization with 90Y microspheres in patients with hepatocellular cancer. J Nucl Med 2009;50:688-692.
- Garin E, Lenoir L, Rolland Y, et al. Dosimetry based on 99mTc-macroaggregated albumin SPECT/CT accurately predicts tumor response and survival in hepatocellular carcinoma patients treated with 90Y-loaded glass microspheres: Preliminary results. J Nucl Med 2012;53:255-263.
- Boucek JA, Turner JH. Validation of prospective whole-body bone marrow dosimetry by SPECT/CT multimodality imaging in (131)I-anti-CD20 rituximab radioimmunotherapy of non-Hodgkin's lymphoma. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2005;32:458-469.
- Palumbo B, Sivoletta S, Palumbo I, Liberati AM, Palumbo R. 67Ga-SPECT/CT with a hybrid system in the clinical management of lymphoma. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2005;32:1011-1017.
- Tharp K, Israel O, Hausmann J, et al. Impact of 131I-SPECT/CT images obtained with an integrated system in the follow-up of patients with thyroid carcinoma. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2004;31:1435-1442.
- Blum M, Tiu S, Chu M, Goel S, Friedman K. I-131 SPECT/CT elucidates cryptic findings on planar whole-body scans and can reduce needless therapy with I-131 in post-thyroidectomy thyroid cancer patients. Thyroid 2011;21:1235-1247.
- Krausz Y, Keidar Z, Kogan I, et al. SPECT/CT hybrid imaging with 111In-pentetreotide in assessment of neuroendocrine tumours. Clin Endocrinol (Oxf) 2003;59:565-573.
- Filippi L, Schillaci O, Santoni R, Manni C, Danieli R, Simonetti G. Usefulness of SPECT/CT with a hybrid camera for the functional anatomical mapping of primary brain tumors by [Tc99m] tetrafosmin. Cancer Biother Radiopharm 2006;21:41-48.
- Ellis RJ, Zhou H, Kim EY, et al. Biochemical disease-free survival rates following definitive low-dose-rate prostate brachytherapy with dose escalation to biologic target volumes identified with SPECT/CT capromab pendetide. Brachytherapy 2007;6:16-25.
- Ellis RJ, Zhou H, Kaminsky DA, et al. Rectal morbidity after permanent prostate brachytherapy with dose escalation to biologic target volumes identified by SPECT/CT fusion. Brachytherapy 2007;6:149-156.
- Helyar V, Mohan HK, Barwick T, et al. The added value of multislice SPECT/CT in patients with equivocal bony metastasis from carcinoma of the prostate. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2010;37:706-713.
- Sergieva S, Mihaylova I, Alexandrova E, Dimcheva M, Mansi L. SPECT-CT in radiotherapy planning, with main reference to patients with breast cancer. Curr Radiopharm 2015;8:9-18.
- Chevillat AL, Brinkmann DH, Ward SB, et al. The addition of SPECT/CT lymphoscintigraphy to breast cancer radiation planning spares lymph nodes critical for arm drainage. Int J Radiat Oncol Biol Phys 2013;85:971-977.
- Serrano-Vicente J, Rayo-Madrid JI, Domínguez-Grande ML, et al. Role of SPECT-CT in breast cancer sentinel node biopsy when internal mammary chain drainage is observed. Clin Transl Oncol 2015. [Epub ahead of print]
- Vercellino L, Ohnona J, Groheux D, et al. Role of SPECT/CT in sentinel lymph node detection in patients with breast cancer. Clin Nucl Med 2014;39:431-436.
- Lerman H, Metser U, Lievshitz G, Sperber F, Shneebaum S, Even-Sapir E. Lymphoscintigraphic sentinel node identification in patients with breast cancer: the role of SPECT-CT. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2006;33:329-337.
- Daisne JF, Installé J, Bihin B, et al. SPECT/CT lymphoscintigraphy of sentinel node(s) for superselective prophylactic irradiation of the neck in cN0 head and neck cancer patients: A prospective phase I feasibility study. Radiat Oncol 2014;9:121.
- Wong KK, Fig LM, Gross MD, Dwamena BA. Parathyroid adenoma localization with 99mTc-sestamibi SPECT/CT: A meta-analysis. Nucl Med Commun 2015;36:363-375.
- Schillaci O, Danieli R, Filippi L, et al. Scintimammography with a hybrid SPECT/CT imaging system. Anticancer Res 2007;27:557-562.
- Collarino A, Donswijk ML, van Driel WJ, Stokkel MP, Valdés Olmos RA. The use of SPECT/CT for anatomical mapping of lymphatic drainage in vulvar cancer: Possible implications for the extent of inguinal lymph node dissection. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2015;42:2064-2071.
- Stoffels I, Boy C, Pöppel T, et al. Association between sentinel lymph node excision with or without preoperative SPECT/CT and metastatic node detection and disease-free survival in melanoma. JAMA 2012;308:1007-1014.
- Suga K, Kawakami Y, Zaki M, Yamashita T, Shimizu K, Matsunaga N. Clinical utility of co-registered respiratory-gated(99m)Tc-Technegas/MAA SPECT-CT images in the

- assessment of regional lung functional impairment in patients with lung cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2004;31:1280-1290.
27. De Cicco C, Trifirò G, Calabrese L, et al. Lymphatic mapping to tailor selective lymphadenectomy in cN0 tongue carcinoma: beyond the sentinel node concept. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2006;33:900-905.
28. Filippi L, Schillaci O. Usefulness of hybrid SPECT/CT in 99mTc-HMPAO-labeled leukocyte scintigraphy for bone and joint infections. *J Nucl Med* 2006;47:1908-1913.
29. Ones T, Aras M, Dede F, et al. Blood pool SPECT/CT imaging of benign and malignant processes of bone: does it give additional information? *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2013;40:241-242.



Akciğer Ventilasyon Perfüzyon Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi Görüntüleme

Lung Ventilation Perfusion Single Photon Emission Computed Tomography/Computer Tomography Imaging

Yavuz Sami Salihoğlu, Tarkan Elri, Mustafa Aras

Bülent Ecevit Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Zonguldak, Türkiye

Öz

Akciğer ventilasyon perfüzyon görüntüleme son zamanlarda tek foton emisyon tomografi yöntemi iki boyutlu taramanın yerine geçmiştir. Bu sayede özellikle pulmoner emboli tanısında ventilasyon perfüzyon sintigrafisinin tanısal doğruluğu iyileşmiştir. Ancak, bilgisayarlı tomografi ile pulmoner anjiyografi uygulaması, pulmoner embolinin değerlendirilmesinde daha çok tercih edilen bir görüntüleme yöntemidir. Son zamanlarda yaygınlaşan hibrit cihazlar vasıtasıyla her iki yöntemin sahip olduğu üstün özellikler bir araya getirilerek önemli klinik katkılar elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Akciğer V/P sintigrafisi, SPECT, SPECT/ BT

Abstract

Recently, single-photon emission tomography method has replaced the two-dimensional scan of the lung ventilation/perfusion imaging. By this way, the diagnostic accuracy of ventilation-perfusion scintigraphy improved, especially in the diagnosis of pulmonary embolism. However, pulmonary angiography with computed tomography has now become the preferred imaging test to assess pulmonary embolism in many institutions. Recently developed hybrid imaging techniques have brought together the outstanding features of both methods and thus obtain significant clinical advantages.

Keywords: Lung V/P scintigraphy, SPECT, SPECT/CT

Giriş

Akciğer ventilasyon perfüzyon (V/P) sintigrafisi, pulmoner emboli (PE) tanısı için yaygın kullanılan bir nükleer tıp görüntüleme yöntemidir. Tek foton emisyon tomografi (SPECT) görüntüleme yöntemi vasıtasıyla, planar görüntülemenin eksikliklerinin bir kısmı giderilerek tanısal doğrulukta önemli iyileşmeler sağlanmıştır. Bununla birlikte son yıllarda bilgisayarlı tomografi pulmoner anjiyografi (BTPA) PE tanısında daha fazla tercih edilen bir görüntüleme

yöntemi olmuştur. SPECT vasıtasıyla sağlanan fonksiyonel veriler ile bilgisayarlı tomografi (BT) ile elde edilen anatomik bilgilerin birleştirilmesi, başta onkolojik uygulamalar olmak üzere nükleer tıbbın bir çok alanında önemli katkılar sağlamıştır (1). Yeni geliştirilen hibrit SPECT/BT cihazlarındaki BT tarayıcı vasıtasıyla atenüasyon düzeltilmesi ve anatomik lokalizasyon yapılabilmesinin yanında, yüksek çözünürlüklü tanısal görüntüler de elde etmek mümkündür (2). Günümüzde PE tanısı için SPECT V/P sintigrafisi büyük ölçüde planar görüntülemenin yerini

Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Dr. Yavuz Sami Salihoğlu, Bülent Ecevit Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Zonguldak, Türkiye

E-posta: yssalihoglu@hotmail.com

© Nükleer Tıp Seminerleri, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır. / © Nuclear Medicine Seminars, published by Galenos Publishing.

almıştır; bu amaçla SPECT/BT kullanımı ise giderek yaygınlaşmaktadır. Bununla birlikte görüntüleme yöntemleri, yorumlama ölçütleri, solunum hareket hatalarının giderilmesi gibi hususlarda iyileştirme çalışmaları sürmektedir (3). Bu derlemede, başta PE tanısında olmak üzere akciğer V/P görüntülemesinde SPECT/BT görüntülemenin rolü incelenmiştir.

Pulmoner Emboli Tanısında Akciğer Ventilasyon Perfüzyon Görüntüleme

Akut PE şüpheli hastalarda klinik bulgular ve rutin laboratuvar testleri ile kesin tanı koymak mümkün olmadığından sıklıkla bir görüntüleme yöntemine ihtiyaç duyulmaktadır. PE tanısı için akciğer V/P sintigrafisi uzun zamandır kullanılan ve iyi bilinen bir görüntüleme yöntemidir. Ancak son zamanlarda BTPA daha çok tercih edilmektedir. Katater pulmoner anjiyografi, PE tanısında referans standardı olmasına rağmen, invaziv bir işlem olduğundan kullanımı sınırlıdır (4,5).

Planar V/P yöntemiyle elde edilen iki boyutlu görüntüler ile akciğerin anatomik yapısını tam ortaya koymak, özellikle üst üste gelen yapıları ayırmak zordur. Ayrıca akciğerin anatomik yapısının bireysel değişkenlik göstermesi ve PE ile birlikte bulunabilen bazı hastalıkların da bu yapıyı değiştirme ihtimali, defekt yerini doğru belirlemeyi zorlaştıran diğer etkenlerdir. Bu sınırlamalar PE teşhisi için yapılan planar V/P sintigrafisinin genel tanısal doğruluğunun düşük olmasına sebep olmuştur (6,7).

V/P SPECT kullanılması ile PE tanısında önemli iyileşmeler elde edilmiştir. Bildirilen karşılaştırmalı çalışmalarda, SPECT'in planar görüntülemeye göre daha yüksek tanısal doğruluğa sahip olduğu ve "belirsiz sonuç" oranının da daha az olduğu gösterilmiştir (7,8,9,10,11). SPECT, PE ile sıklıkla birlikte bulunan kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH), pnömöni ve sol kalp yetmezliğine ait bulguları da gösterilebilir. V/P SPECT, BTPA ile benzer tanısal doğruluğa sahiptir ve radyasyon doz maruziyeti daha azdır. (11).

Akciğer V/P sintigrafisinde PE lehine değerlendirilen en önemli bulgu, etkilenen akciğer segmentinde azalmış perfüzyonla birlikte bozulmamış ventilasyon (uyumsuz defekt) görünümüdür. Ancak, subakut dönemde trombüsün kısmen çözülmesi sebebiyle bu klasik bulgu görülmeyebilir ve yalancı negatif sonuç elde edilebilir. Ayrıca, PE dışındaki bazı patolojiler de (konjenital pulmoner damar anomalisi, venöz tıkaçıcı hastalıklar, radyasyon pnömönisi, harici damar basısı yapan hastalıklar gibi) bu görünüme sebep olabilir. İlaveten, bazı PE hastalarında tıkanma sonucu oluşan infarkt alanında perfüzyonla birlikte ventilasyonun

da bozulması sonucu "uyumlu defekt" görünümü ortaya çıkabilir (5). Sayılan bu sebepler PE tanısında V/P sintigrafisinin özgüllüğünün düşmesine sebep olmaktadır.

Pulmoner Emboli Tanısında Ventilasyon Perfüzyon Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi Görüntüleme ve Değerlendirme

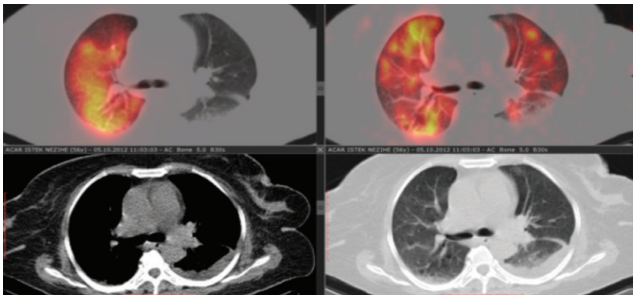
SPECT/BT işleminin SPECT bileşeni kılavuzlarda tanımlanmış protokollere göre gerçekleştirilir (6). BT bileşeninde güncel kullanımda olan sistemlerin çoğunda atenüasyon düzeltmesi ve anatomik lokalizasyon amaçlı BT uygulanmakla birlikte tanısal BT uygulamasına elverişli olan sistemlerde kontrastlı veya kontrastsız tanısal BT görüntülemesi yapılması da mümkündür. BT sadece atenüasyon düzeltmesi ve anatomik lokalizasyon belirleme amaçları için uygulanıyorsa, gereksiz radyasyon maruziyetini engellemek için düşük doz BT tercih edilmelidir. Düşük doz BT parametreleri kullanılan cihazının teknik özelliklerine göre değişebilir. Atenüasyon düzeltmesi için iteratif rekonstrüksiyon tercih edilen yöntem olup, ön ve son filtreleme için değişik yöntemler kullanılmaktadır. Düşük doz BT taramasının SPECT'ten hemen sonra, tanısal BT çalışmasının ise SPECT'ten önce yapılması tavsiye edilmektedir. Maruz kalınan toplam radyasyon dozunun yüksekliği göz önüne alınarak tanısal BT taraması sınırlı alanlarda kullanılmalıdır. Tanısal BT için uzaysal çözünürlüğü etkilemeyecek şekilde, mümkün olan en düşük doz ayarları tercih edilmelidir. Tanısal BT incelemelerinde intravenöz kontrast madde kullanmak gerekirse, SPECT görüntülerde daha az artefakta sebep olan düşük yoğunlukta ajanlar seçilmelidir. V/P SPECT'in yaklaşık 2,5 mSv olan radyasyon dozuna, düşük doz BT taraması ile yaklaşık 1 mSv daha doz eklenir. V/P SPECT/BT görüntülemesinde solunum hareketine bağlı kayıt hatası dikkate alınması gereken bir sorundur. Tanısal BT, inspirasyon sonunda kısa süreli nefes tutma esnasında yapılmakla birlikte; tetkik süresi göz önüne alındığında SPECT bileşeninin bu şekilde alınması mümkün değildir. Hem SPECT hem de BT sırasında hastanın çok derin nefes almaması sağlanmalıdır veya BT bileşeninin inspiryum ortasında alınması tercih edilmelidir. Bu tedbirlere rağmen özellikle akciğer bazalleri, akciğer çevresi, karaciğer kubbesi ve akciğer bazaline komşu yumuşak dokuya yerleşmiş tutulumların yorumlanmasında hataların olabileceği dikkate alınmalıdır (12,13,14,15). V/P SPECT kullanılmasıyla birlikte değerlendirme ölçütlerinde de bazı değişiklikler olmuştur. Önceden kullanılan

olasılıklı yorumlama ölçütleri yerine, test öncesi klinik olasılıkları da içeren bütüncül bir yorumlama tavsiye edilmeye başlanmıştır (7).

Ventilasyon Perfüzyon Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi Görüntülemenin Klinik Değeri

Sayısı az olmakla birlikte, V/P SPECT/BT akciğer görüntülemenin PE tanısı için önemli katkılar sağladığını ifade eden çalışmalar bildirilmiştir. SPECT/BT görüntüleme ile PE dışındaki uyumsuz defekt sebepleri (tümör veya lenfadenopati gibi durumlardan kaynaklanan damar basısı) ve uyumlu defekt oluşturan durumları (amfizem, pnömöni, plevral mayi gibi) teşhis etmek mümkün olmaktadır (Şekil 1). SPECT/BT görüntüleme perfüzyon defektlerinin altta yatan nedenlerini karakterize etmek suretiyle, V/P sintigrafisinin duyarlılık ve özgüllüğünü artırma potansiyeline sahiptir. Ayrıca klinik olarak PE'yi taklit edebilen durumların (aort diseksiyonu, özofagus rüptürü ve malignite gibi) ayırıcı tanısı yapılabilir (14,15,16,17,18).

Geniş bir prospektif çalışmada, SPECT, SPECT/BT ve BTPA sonuçları karşılaştırılmış, SPECT/BT, SPECT ile aynı duyarlılığa (%97), fakat daha yüksek özgüllüğe (%88'e karşılık %100) sahip bulunmuştur (14). Özgüllükteki artışın sebebinin düşük doz BT taraması sayesinde uyumsuz perfüzyon defekti nedenlerinin (fissür gibi yapılar ile amfizem, pnömöni, atelektazi ve plevral sıvı gibi patolojik durumlar) gösterilmesi olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca BTPA yüksek özgüllükte (%100) fakat daha düşük duyarlılıkta (%68) bulunmuştur. Nihai tanısı PE olan 31 hastada perfüzyon SPECT/BT'nin duyarlılığı %100 ve özgüllüğü %83 bulunmuş ve bu sonuçların planar ve SPECT perfüzyon çalışmasında elde edilenden anlamlı yüksek olduğu bildirilmiştir (19). Diğer bir çalışmada V/P SPECT'e düşük doz BT taramasının eklenmesi ile yalancı pozitif sonuçlarda %50 oranında bir azalma bulunmuştur (20). Kanser



Şekil 1. Pulmoner emboliye bağlı solda daha belirgin her iki akciğerde uyumsuz defektler, sol akciğerde plevral efüzyona bağlı uyumlu defektler izlenmektedir.

ve klinik olarak yüksek riskli PE hastalarında yapılan incelemede, SPECT/BT'nin yüksek tanısal doğruluğa sahip olduğu (duyarlılık: %91 ve özgüllük: %94); eklenen düşük doz BT taramasının olguların çoğunda klinik açıdan faydalı bilgiler verdiği gösterilmiştir (21). Hibrit görüntülemenin katkısının incelendiği diğer bir çalışmada, düşük doz BT taraması eklenmesiyle V/P SPECT görüntülerinde uyumlu veya ters uyumsuz defektlere sebep olan pnömöni, KOAH ve sol kalp yetmezliğine bağlı sıvı birikimi gibi durumların tespit edilmesiyle tanısal doğruluğun arttığı bildirilmiştir (22).

SPECT/BT'nin diğer bir faydası perfüzyon defektinin yerinin daha doğru belirlenmesidir. Sıklıkla PE ile birlikte olan patolojiler (atelektazi ve plevral efüzyon gibi) nedeniyle akciğerin anatomik yapısı değişebildiğinden SPECT raporlamada kullanılan referans segmental akciğer haritaları hatalı değerlendirmeye sebep olabilir (16,17).

Yeni hibrit cihazlardaki uygun yazılım programları ile BTPA ve perfüzyon SPECT görüntüleri tek bir oturumda birleştirilebilir veya başka BT tarayıcılardan elde edilen veriler yazılım füzyon kullanılarak birleştirilebilir. Bu şekilde BTPA ile kesin tanı konulamayan hastalarda SPECT/BT'nin belirsiz sonuç oranı azaltılabilir, BTPA ile tespit edilen intravasküler pıhtıların periferik akciğer perfüzyonuna gerçek etkisi belirlenerek BTPA'nın daha doğru yorumlanması sağlanabilir (17). Yakın zamanda bildirilen bir çalışmada, BTPA ve planar V/P sintigrafisi ile kesin tanı konulamayan şüpheli PE hastalarında, perfüzyon SPECT/BT ile tanısal doğrulukta önemli iyileşmelere elde edilmiştir (23). SPECT/BT'nin duyarlılığı %85,7, özgüllüğü %99,4 bulunmuş ve tanı konulamayan hasta oranı sadece %4,2 gösterilmiştir. Ventilasyon çalışması yapılmadan sadece perfüzyon SPECT/BT'nin tanısal rolünün incelendiği çalışmalarda yalancı pozitiflikte artma, özgüllükte düşme ve buna bağlı tanısal doğrulukta azalma bulunmuştur. Daha fazla çalışmaya ihtiyaç olmakla birlikte, sadece perfüzyon SPECT/BT'nin ventilasyon çalışmasına ihtiyacı ortadan kaldırmadığı söylenebilir (15,24). SPECT/BT'den elde edilen füzyon görüntüleri ile kronik obstrüktif akciğer hastalığı, interstisyel akciğer hastalığı gibi akciğer hastalıklarında, BT'de normal görülen akciğer alanlarında beklenmedik perfüzyon defektleri gösterilmiştir (25). Her iki görüntüleme

yöntemi ile elde edilen şüpheli bulgular, hibrit görüntüleme ile birlikte değerlendirilerek aydınlatılabilir. SPECT ile belirlenemeyen şüpheli akciğer malignitesi ve amfizem düşük doz BT vasıtasıyla; BT'nin gösteremediği PE ve dekompanse kalp yetmezliği gibi KOAH komplikasyonları ise SPECT ile belirlenebilir (26).

Diğer Akciğer Ventilasyon Perfüzyon Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi Uygulamaları

Akciğer hacmini azaltma cerrahisi uygulanacak hastalarda bakiye akciğer fonksiyonunu tahmin etmek için akciğer V/P görüntüleme sıklıkla kullanılmaktadır. SPECT/BT ile akciğerin üç boyutlu görüntülenmesinin yanında her hastanın bireysel segmental anatomisi de tespit edilebildiğinden lobar veya segmental akciğer fonksiyonları çok daha doğru şekilde değerlendirilebilir. Akciğer kanserli hastaların radyoterapi planlamasında, V/P SPECT kullanılması radyasyon doz maruziyetini azaltarak radyasyona bağlı akciğer komplikasyonlarının önlenmesine katkı sağladığı gösterilmiştir (16,17). V/P SPECT/BT'nin kantitatif akciğer çalışmalarına da katkı sağlayabileceği gösterilmiştir; atenüasyon ve saçılma düzeltilmesi yapılmış SPECT/BT görüntüleri ile bölgesel akciğer fonksiyonları daha doğru hesaplanabilir (25). Gelecekte akciğerin fonksiyonel ve morfolojik verilerinin bir arada değerlendirilmesine imkân sağlayan füzyon görüntüleri, değişik akciğer bozukluklarına ait patofizyolojilerin daha kapsamlı anlaşılmasına yol açacaktır.

Sonuç

SPECT/BT, akciğer V/P görüntüleme için umut verici ve değerli bir katkı olarak gözükmetedir. PE tanısında V/P sintigrafisinin duyarlılığını, özgülüğünü ve genel tanısal doğruluğunu iyileştirmiştir. Ayrıca tanısal BTPA ile füzyon yapılması halinde, tespit edilen intravasküler pıhtı ile perfüzyon defekti bir arada değerlendirilerek daha doğru tanıya ulaşılabilir. Bunun dışında, solunum fizyolojisi ölçümleri, bölgesel akciğer fonksiyonlarının ölçümü ve radyoterapi planlaması gibi kullanımlar için nicel ve doğru bilgiler elde edilebileceği ortaya konmuştur. Ancak bu konularda daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Çıkar Çatışması: Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Çalışmamız için hiçbir kurum ya da kişiden finansal destek alınmamıştır.

Kaynaklar

1. Mariani G, Bruselli L, Kuwert T, et al. A review on the clinical uses of SPECT/CT. *Eur J Nucl Med Mollmaging* 2010;37:1959-1985.
2. Patton JA, Turkington TG. SPECT/CT physical principles and attenuation correction. *J Nucl Med Technol* 2008;36:1-10.
3. Le Roux PY, Pelletier-Galarneau M, De Laroche R, et al. Pulmonary scintigraphy for the diagnosis of acute pulmonary embolism: A survey of current practices in australia, Canada, and France. *J Nucl Med* 2015;56:1212-1217.
4. Sadigh G, Kelly AM, Cronin P. Challenges, controversies, and hot topics in pulmonary embolism imaging. *Am J Roentgenol* 2011;196:497-515.
5. Bajc M, Neilly JB, Miniati M, et al. EANM guidelines for ventilation/perfusion scintigraphy: Part 1. Pulmonary imaging with ventilation/perfusion single photon emission tomography. *Eur J Nucl Med Mollmaging* 2009;36:1356-1370.
6. Bajc M, Neilly JB, Miniati M, Schuemichen C, Meignan M, Jonson B. EANM guidelines for ventilation/perfusion scintigraphy: Part 2. Algorithms and clinical considerations for diagnosis of pulmonary emboli with V(PSPECT) and MDCT. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2009;36:1528-1538.
7. Strashun AM. A reduced role of V/Q scintigraphy in the diagnosis of acute pulmonary embolism. *J Nucl Med* 2007;48:1405-1407.
8. Stein PD, Freeman LM, Sostman HD, et al. SPECT in acute pulmonary embolism. *J Nucl Med* 2009;50:1999-2007.
9. Leblanc M, Paul N. V/Q SPECT and computed tomographic pulmonary angiography. *Semin Nucl Med* 2010;40:426-441.
10. Gutte H, Mortensen J, Jensen CV, et al. Comparison of V/Q SPECT and planar V/Q lung scintigraphy in diagnosing acute pulmonary embolism. *Nucl Med Commun* 2010;31:82-86.
11. Roach PJ, Bailey DL, Harris BE. Enhancing lung scintigraphy with single-photon emission computed tomography. *Semin Nucl Med* 2008;38:441-449.
12. Delbeke D, Coleman RE, Guiberteau MJ, et al: Procedure guideline for SPECT/CT imaging. 1.0. *J Nucl Med* 2006;47:1227-1234.
13. Bajc M, Neilly B, Miniati M, Mortensen J, Jonson B. Methodology for ventilation/perfusion SPECT. *Semin Nucl Med* 2010;40:415-425.
14. Gutte H, Mortensen J, Jensen CV, et al. Detection of pulmonary embolism with combined ventilation-perfusion SPECT and low-dose CT: head-to-head comparison with multidetector CT angiography. *J Nucl Med* 2009;50:1987-1992.

15. Roach PJ, Gradinscak DJ, Schembri GP, et al. SPECT/CT in V/Q scanning. *Semin Nucl Med* 2010;40:455-466.
16. Roach PJ, Schembri GP, Bailey DL. V/Q scanning using SPECT and SPECT/CT. *J Nucl Med* 2013;54:1588-1596.
17. Mortensen J, Gutte H. SPECT/CT and pulmonary embolism. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2014;41(Suppl 1):81-90.
18. Herald P, Roach P, Schembri GP. Does the addition of low-dose CT improve diagnostic accuracy of V/Q SPECT scintigraphy? *J Nucl Med* 2008;49(Suppl 1):91.
19. Lu Y, Lorenzoni A, Fox JJ, et al. Noncontrast perfusion single-photon emission CT/CT scanning: A new test for the expedited, high-accuracy diagnosis of acute pulmonary embolism. *Chest* 2014;145:1079-1088.
20. Mazurek A, Dziuk M, Witkowska-Patena E, Piszczek S, Gizewska A. The utility of hybrid SPECT/CT lung perfusion scintigraphy in pulmonary embolism diagnosis. *Respiration* 2015;90:393-401.
21. Ling IT, Naqvi HA, Siew TK, Loh NK, Ryan GF. SPECT ventilation perfusion scanning with the addition of low-dose CT for the investigation of suspected pulmonary embolism. *Intern Med J* 2012;42:1257-1261.
22. Kumar N, Xie K, Mar W, et al. Software-based hybrid perfusion SPECT/CT provides diagnostic accuracy when other pulmonary embolism imaging is indeterminate. *Nucl Med Mol Imaging* 2015;49:303-311.
23. Palmowski K, Oltmanns U, Kreuter M, Mottaghy FM, Palmowski M, Behrendt FF. Diagnosis of pulmonary embolism: Conventional ventilation/perfusion SPECT is superior to the combination of perfusion SPECT and nonenhanced CT. *Respiration* 2014;88:291-297.
24. Le Roux PY, Robin P, Delluc A, et al. Additional value of combining low-dose-computed tomography to V/Q SPECT on a hybrid SPECT-CT camera for pulmonary embolism diagnosis. *Nucl Med Commun* 2015;36:922-930.
25. Suga K. Pulmonary function-morphologic relationships assessed by SPECT-CT fusion images. *Ann Nucl Med* 2012;26:298-310.
26. Jögi J, Markstad H, Tufvesson E, Bjermer L, Bajc M. The added value of hybrid ventilation/perfusion SPECT/CT in patients with stable COPD or apparently healthy smokers. Cancer-suspected CT findings in the lungs are common when hybrid imaging is used. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2014;10:25-30.



Sentinel Lenf Nodu Görüntüleme ve Lenfatik Haritalama

Sentinel Lymph Node Imaging and Lymphatic Mapping

Murat Fani Bozkurt

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

Öz

Sentinel lenf nodu tümörün ilk drene olduğu lenf nodu olup, tüm lenfatik yatağın histopatolojisini yansıtmaktadır. Lenf nodu metastazının prognostik öneme sahip olduğu bilinen başta meme kanseri ve malign melanom olmak üzere birçok solid tümörde sentinel lenf nodu kavramının kabul görmesi ile önemli bir morbidite nedeni olan gereksiz lenf nodu diseksiyonları önlediği gibi, lenf nodu metastazı saptanan hastalarda uygun tedavi seçimi ve prognoz belirleme mümkün olmaktadır. Günümüzde kullanıma girmeye başlanan hibrit görüntüleme sistemlerinden biri olan tek foton emisyon tomografisi/bilgisayarlı tomografi (SPECT/BT) görüntüleme sentinel lenf nodu saptamada konvansiyonel nükleer tıp yöntemlerine önemli ek katkılar sağlamaktadır. Lenf nodlarının gerçek anatomik lokalizasyonlarının ve sayılarının kolaylıkla belirlenebilmesi, enjeksiyon bölgesine yakın komşuluk nedeniyle planar görüntülemeye saptanamayan lenf nodlarının görüntülenmesi ve yalancı pozitifliklerin saptanması SPECT/BT görüntülemenin sağladığı önemli katkılardandır. SPECT/BT ayrıca radyokılavuzlu okult lezyon lokalizasyonu (ROLL) yönteminde de çoğunlukla palpe edilemeyen okult tümöral lezyonların kolaylıkla ve doğrulukla saptanması ve gama prob kılavuzluğunda cerrahi için de önemli role sahiptir. Hibrit görüntüleme yöntemleri ile sentinel lenf nodu kavramının baş boyun kanseri, jinekolojik kanserler ve erkek genital kanserlerinde de kabul göreceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: SPECT/BT, sentinel lenf nodu, lenfosintigrafi, malign melanom, meme kanseri

Abstract

Sentinel lymph node is the first lymph node that drains the tumor and it represents the histopathology of whole lymphatic basin. Sentinel lymph node concept serves as a significant determinant to avoid futile lymph node dissections with high morbidity and also to lead to appropriate therapeutic option and to provide prognostic information especially in solid tumors like breast cancer and malignant melanoma in which lymph node metastasis has a prognostic significance. Single-photon emission computed tomography/computed tomography (SPECT/CT), as one of the most recently introduced hybrid imaging systems, provides additional value to conventional nuclear medicine imaging in sentinel lymph node detection. SPECT/CT is useful for easy assessment of true anatomic localisation and the number of sentinel lymph nodes, for detection of sentinel lymph nodes adjacent to injection site that are difficult to be detected on planar imaging, and for confirmation of false positive foci. SPECT/CT has also an important role for radioguided occult lesion localisation (ROLL) method, in which mostly non-palpable occult tumoral lesions can be easily and precisely localised and resected with gamma probe guidance. Sentinel lymph node detection and lymphatic mapping are expected to be increasingly used in head-and-neck, gynecologic, and male genital cancers as followed by technological improvements in hybrid imaging

Keywords: SPECT/CT, sentinel lymph node, lymphoscintigraphy, malignant melanoma, breast cancer

Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Dr. Murat Fani Bozkurt, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Tel.: +90 312 305 13 36 **E-posta:** fanibozkurt@yahoo.com

© Nükleer Tıp Seminerleri, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır. / © Nuclear Medicine Seminars, published by Galenos Publishing.

Giriş

Sentinel lenf nodu (SLN) tümörün drene olduğu ilk lenf nodu olup, terim olarak ilk kez 1977 yılında Cabanas (1) tarafından penis kanserli bir hastada tanımlanmıştır. Erken evre tümörlerde tümörün lenfatik metastaz yapıp yapmadığının tespit edilmesi hem hastaya uygulanacak tedavi yaklaşımını değiştirmekte, hem de prognostik anlam taşımaktadır. SLN görüntüleme ve eksizyonu sayesinde bir ya da birkaç lenf nodu örneklemesi yapılarak tüm lenfatik yatağın tümör tarafından invaze edilip edilmediği kolay ve doğru bir şekilde anlaşılabilir. Lenfatik yayılımın prognostik anlam taşıdığı meme kanseri ve malign melanomda SLN tespiti görüntüleme ve örnekleme günümüzde rutin bir uygulama olarak kabul görmektedir. SLN örnekleme sonucu metastaz saptanmayan hastalarda, bu işlem uygulanmadan önceki dönemlerde yapılan geniş lenf nodu diseksiyonu yapılmamakta ve hastalar lenfadenektominin doğuracağı yan etki ve komplikasyonlardan korunmuş olmaktadır. SLN metastatik bulunan hastalarda ise uygun şekilde lenf nodu diseksiyonu planlaması yapılmaktadır. Bu yaklaşım günümüzde meme ve malign melanoma ek olarak baş-boyun ve jinekolojik tümörler başta olmak üzere pek çok solid tümör tipinde de başarılı sonuçlar vermektedir.

Son yıllarda nükleer tıpta görüntüleme teknolojisinde gerçekleşen gelişmeler de SLN saptama başarısını anlamlı olarak arttırmıştır. Bu gelişmelerin başında hem işlevsel hem de yapısal bilgiyi aynı anda görüntülemeye olanak tanıyan tek foton emisyon tomografi/bilgisayarlı tomografi (SPECT/BT) hibrit görüntüleme sistemlerinin rutin kullanıma girmesi gelmektedir. Görüntüleme sisteminin gama kamerasından elde edilen işlevsel bilgiye ek olarak hibrit sistemin BT bileşeninden elde edilen yapısal bilgi ile, lenf nodlarının gerçek lokalizasyonları, sayıları ve komşu dokularla ilişkileri gibi pek çok konuda ayrıntılı bilgi edinmek mümkün olmaktadır. SLN ve lenfatik haritalama konusunda ayrıca intraoperatif görüntüleme sistemleri de geliştirilmekte olup, preoperatif olarak görüntülenen sentinel lenf nodunun intraoperatif olarak gama prob adı verilen radyasyon sayımlarını alan cihazlara ek olarak günümüzde ameliyathane şartlarında portatif gama kameralar ve hatta hibrit görüntüleme sistemleri ile de saptanması mümkün olmaktadır. Yakın gelecekte bu intraoperatif hibrit cihazların kullanımının yaygınlaşması beklenmektedir.

Malign Melanomda Sentinel Lenf Nodu Saptamada Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi

Malign melanomda lenf nodu metastazı varlığı kötü prognoz işareti olup, erken evre ve orta (intermediyer) riskli hastalarda SLN saptanması rutin uygulamanın bir parçasıdır. Çok erken evre hastalıkta genellikle lenf nodu metastazı gözlenmez ve lezyonun eksize edilmesi ile hastaların hemen tamamı kür olur. Erken evre ve özellikle orta risk grubuna giren, Breslow kalınlığı 1-1,5 mm olan hastalarda lenf nodu metastazlarının saptanması tedavi yaklaşımını değiştireceği için bu grup hastalarda SLN görüntülenmesi rutin olarak önerilmektedir. İleri evre ve yüksek riskli hastalarda ise lenf nodu metastazlarının yanısıra organ metastazları da çoğunlukla bulunduğu için SLN saptanması rutinde önerilmemektedir. Morton ve ark. tarafından yayınlanan bu konudaki ilk kapsamlı çalışmada kutanöz malign melanomda SLN saptamanın önemli prognostik bilgi sağladığı ve acilen lenfadenektomi yapılması gereken hastaları lenfadenektominin gereksiz olacağı hastalardan başarı ile ayırtedebildiği bildirilmiş olup, SLN saptamada sintigrafi, mavi boya ve intraoperatif gama probun birlikte kullanımının tercih edilmesi gerektiği vurgulanmıştır (2).

Malign melanomda SLN sintigrafisinde özellikle baş-boyun ve gövdedeki (trunkal) lezyonlarda intradermal enjeksiyonla eş zamanlı başlanan dinamik çalışma yapılması büyük önem taşımaktadır (3). Kutanöz bir lezyon olduğu için lenfatik akım çok hızlı gerçekleşmekte ve dinamik görüntüleme yapılmadan doğrudan statik görüntüler alınarak işlem yapıldığında, SLN ile birlikte ikincil nodlara da radyokolloid ilerleyişi gözlenebilmektedir. Ayrıca, baş-boyun ve gövde malign melanomlarında tahmin edilmeyen drenaj paternleri de gözlenebilmekte ve dinamik çalışma sayesinde bu drenaj paternleri çok daha kolay ve doğru şekilde izlenebilmektedir. Literatürde pek çok çalışmada planar görüntülemeye ek olarak SPECT/BT görüntüleme yapıldığında daha fazla sayıda SLN tespit edilebildiği ve lenf nodlarının çok daha doğru bir şekilde tanımlanabildiği bildirilmektedir (4,5). Baş-boyun malign melanomlarında değişik drenaj paternlerinin izlenmesi açısından SPECT/BT dinamik çalışmanın yerini tutamasa da SLN saptamada mavi boya uygulamasından anlamlı olarak başarılı olduğu bildirilmiştir (6).

Ekstremitelerdeki kutanöz malign melanom lezyonlarında lenfatik drenaj, lezyonun bulunduğu yere bağlı olarak aksillaya veya inguinal bölgeye olmaktadır (Şekil 1A ve 1B). Ancak, baş-boyun ve gövdede özellikle sırt orta kesimindeki malign

melanom lezyonlarında lenfatik drenaj paterni çok değişken olabilmektedir. Sırt malign melanomlarında beklenen aksilla, inguinal ve boyun lenf nodlarının yanısıra triangular intermuskuler boşluk ve karın arka duvarından doğrudan lenfatik drenaj yoluyla retroperitoneal, paravertebral ve paraaortik lenf nodlarına da drenaj gözlenebilmektedir. SPECT/BT görüntüleme özellikle bu beklenmeyen lenfatik drenaj paternlerinde lenf nodlarının doğru olarak tanımlanmasında fark yaratmaktadır (7).

Kutanöz malign melanomlarda SPECT/BT görüntülemenin fark yarattığı bir başka durum da enjeksiyon bölgesine yakın komşuluktaki SLN'lerin saptanmasını kolaylaştırmasıdır. Even-Sapir ve ark.'nın çalışmalarında planar çalışma ile SLN saptanamayan 9/21 baş-boyun ve gövde malign melanomlu hastanın tamamında SPECT/CT görüntüleme ile SLN saptanabildiği bildirilmiştir (8). Aynı çalışmada bu 9 hastanın 3'ünde SLN'lerin enjeksiyon bölgesine çok yakın komşulukta olduğu ve bu nedenle planar çalışmada atlandığı belirtilmiştir. Vermeeren ve ark.'nın baş-boyun malign melanomlu hastalar üzerinde yaptıkları çalışmalarında, hastaların %16'sında SPECT/BT ile planar çalışmaya ek SLN'lerin saptandığı bildirilmiştir (9). Aynı çalışmada SPECT/BT görüntülemenin aynı zamanda cilt kontaminasyonunu daha doğru şekilde gösterebildiği belirtilmiştir. Nielsen ve ark.'nın 220 hastalık çalışmalarında, dinamik görüntüleme ve geç dönemde planar görüntülemeye ek olarak SPECT/BT görüntüleme yapıldığında %8 hastada planar görüntüleme ile saptanamayan ve histopatolojik değerlendirme ile metastatik olduğu kanıtlanan SLN'lerinin kolaylıkla saptanabildiği bildirilmiştir (10).

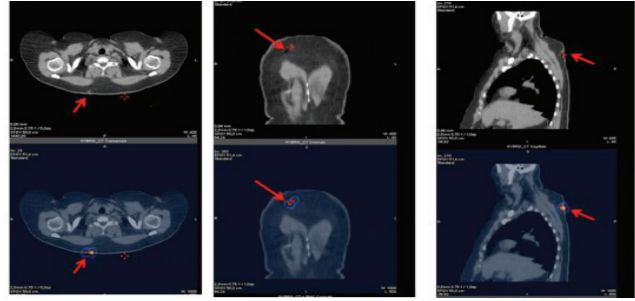
Malign melanomda SLN görüntülemeye SPECT/BT eklenmesi hasta yönetimine de anlamlı katkı sağlamaktadır. Van den Ploeg ve ark. 85 hastayı dahil ettikleri çalışmalarında planar çalışmada SLN saptanamayan veya şüpheli sonuç verdiği durumlarda ve değişik drenaj paterni gözledikleri hastalarda, SPECT/BT ek görüntüleme yapıldığında SPECT/BT'nin hastaların %35'inde cerrahi tedavi şeklini değiştirdiğini bildirmişlerdir (11). Aynı çalışmada yerleşim yerine göre alt grup analizi yapıldığında görüntülemeye SPECT/BT eklenmesinin baş-boyun malign melanomlu hastaların tümünde (%100), gövde lezyonlu hastaların %71'inde ve alt ekstremitte lezyonlu hastaların da %29'unda cerrahi uygulama şeklini değiştirdiği belirtilmiştir.

Kloede ve ark.'nın çalışmalarında baş-boyun malign melanomlu hastalarda SPECT/BT eklenmesinin daha

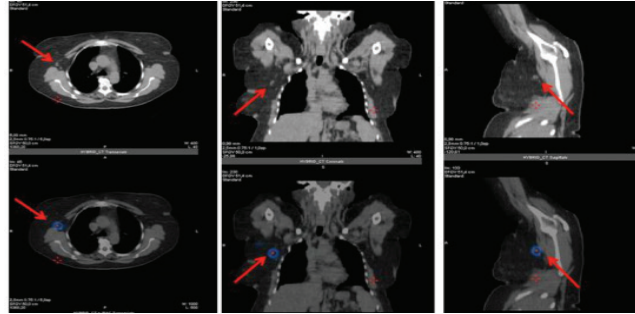
küçük insizyona bağlı olarak çok daha estetik sonuç verdiği, cerrahi süresini anlamlı olarak kısalttığı ve uygun hastalarda genel anestezi yerine lokal anestezi kullanımına olanak vermesi sebebiyle maliyeti azaltıcı bir rol oynayabileceği de bildirilmiştir (12).

Meme Kanserinde Sentinel Lenf Nodu Saptama ve Gama Prob Kılavuzluğunda Cerrahi Hazırlığında Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi

Lenf nodu metastazı meme kanseri için en önemli prognostik faktörlerden biri olup, SLN histopatolojik



Şekil 1A. Sırt üst bölgesinde orta hattın hafif sağında biyopsi sonucu malign melanom, Breslow kalınlığı 1,5 mm lezyon saptanan 53 yaşındaki kadın hastada primer lezyon çevresine dört kadrandan intradermal radyokolloid enjeksiyonu sonrası yapılan SPECT/BT çalışmasının aksiyal (sol), koronal (orta) ve sagittal (sağ) kesitsel BT (üst sıra) ve füzyon (alt sıra) görüntülerinde primer lezyon çevresinde enjeksiyon odaklarına ait aktivite tutulumları (oklar).



Şekil 1B. Aynı hastada sağ aksillada sentinel lenf nodu ile uyumlu aksiyal (sol), koronal (orta) ve sagittal (sağ) kesitsel BT görüntülerinde (üst sıra) santral hilusu izlenen yaklaşık 1,2 cm uzun çaplı lenf noduna karşılık gelen füzyon görüntülemesinde (alt sıra) izlenen fokal radyokolloid tutulumu (oklar) ve sentinel lenf nodu yakın komşuluğunda benzer görünümde ancak radyokolloid tutulumu izlenmeyen başka lenf nodları.

durumu tüm lenfatik yatağın invazyon durumunu doğru bir şekilde yansıtabilmektedir. Bu nedenle, ilk uygulandığı yıllardan beri SLN saptama yöntemleri erkenevre meme kanserli hastalarda rutin uygulamanın bir parçasıdır. Önceki yıllarda SLN için kontrendikasyon olarak kabul edilen multifokal kanserli hastalarda ve neoadjuvan tedavi almış hastalarda da cerrahi planlama için SLN belirlenmesi artık başarılı bir şekilde uygulanabilmektedir. Malign melanomda olduğu gibi meme kanserinde de SLN saptamada preoperatif sintigrafik haritalama, intraoperatif mavi boya ve gama prob yöntemlerinin birlikte kullanılmasının SLN saptama başarısını arttırdığı çalışmalarda gösterilmiştir (13). Buna rağmen, konvansiyonel uygulamalarla meme kanserinde %1-2 hastada SLN saptanması mümkün olmamaktadır (14).

Meme kanserinde SPECT/BT ve yeni geliştirilen hibrit görüntüleme yöntemleri, SLN saptama başarısını arttırmaktadır. Van der Ploeg ve ark. meme kanserli hastaları dahil ettikleri çalışmalarında, SLN saptamada SPECT/BT görüntülemenin özellikle aksilla-dışı lenf nodlarının tespitinde yararlı olduğu ve bu gruba giren % 42 hastada cerrahi planı değiştirdiğini bildirmişlerdir (15). Aynı çalışmada, SPECT/BT yardımıyla interkostal lenf nodlarına drenajın teyidi ve hangi interkostal aralıktaki lenf nodunun SLN olduğunun yüksek doğrulukla belirlenebildiği rapor edilmiştir. Husarik ve ark. yaptıkları çalışmalarında, SLN saptamada görüntülemeye SPECT/BT eklediğinde aksillar lenf nodlarında seviye I-II-III ayırımının doğru ve kolay bir şekilde yapılabildiğini ve cerrahi plana büyük katkı sağladığını bildirmişlerdir (16).

Meme kanserinde SLN saptamada SPECT/BT görüntülemenin bir başka kullanım alanı da planar görüntülemede SLN olarak nitelendirilen bazı yalancı pozitifliklerin ayırıcı tanısının yapılmasıdır. Literatürde SPECT/BT sayesinde planar çalışmadaki yalancı pozitifliklerin %2-15'inin ayırıcı tanısının yapılabildiği bildirilmektedir (16,17,18,19). Bu yalancı pozitiflikler arasında sıklıkla karşılaşılanlar deri kontaminasyonu, telle işaretleme ile birlikte radyasyon kılavuzluğunda okült lezyon görüntülemesi (ROLL) yapılan hastalarda tel hattı boyunca radyokolloid kaçağı, sternoklavikular eklem tutulumu gibi nedenler bulunmaktadır.

Meme kanserinde SLN görüntülemede SPECT/BT aşırı kilolu ve obez hastalarda da ek fayda sağlayabilmektedir. Lerman ve ark. obez hasta grubunda planar çalışma ile %40 olan SLN saptama

oranının SPECT/BT görüntüleme eklendiğinde %59'a yükseldiğini bildirmişlerdir (19). Aynı araştırmacılar başka bir çalışmalarında, planar çalışmada SLN görüntülenemeyen hastaların %55'inde SPECT/BT görüntüleme eklendiğinde SLN görüntülenebildiğini de rapor etmişlerdir (17).

Meme kanserinde SLN saptamada planar çalışmayla SPECT/BT görüntülemenin karşılaştırıldığı tüm çalışmalarda SPECT/BT'nin, sağladığı daha yüksek uzaysal çözünürlük ve attenüasyon düzeltmesi nedeniyle, SLN saptamada daha başarılı olduğu gösterilmiştir. Literatürde özellikle enjeksiyon bölgesine yakın komşuluk nedeniyle saçılma etkisine bağlı olarak planar çalışma ile tespit edilemeyen ve sıklığı %6-14 arasında bildirilen SLN'lerin SPECT/BT ile kolaylıkla görüntülenebildiği belirtilmiştir (16,17,18,19).

Gallowitsch ve ark. meme kanserinde SPECT/BT'nin kontrastsız düşük-doz BT bileşenini kullanarak SLN'lerin histopatolojik ön görüşünün yapılabileceğini araştırdıkları çalışmalarında, lezyon boyutu (>10 mm), düzensiz sınır, yuvarlaklık indeksi ve heterojen dansite özelliklerinin kriter olarak alınması durumunda tetkikin lenf nodu histopatolojisini tanımlama duyarlılığını %36 ve özgüllüğünü %84 olarak bildirmiş olup, SPECT/BT'nin BT bileşeninin bu amaca uygun olmadığı sonucuna varılmıştır (20).

Radyasyon Kılavuzluğunda Okült Lezyon Uygulamalarında Tek Foton Emisyon Tomografi/Bilgisayarlı Tomografi

Meme kanserinde radyasyon kılavuzluğunda cerrahi uygulamalar sadece SLN saptama amaçlı olmayıp, palpe edilemeyen lezyonların eksizyonunu kolaylaştırma amaçlı radyasyon kılavuzluğunda cerrahi lezyon lokalizasyonu yöntemi olan ROLL tekniği için de uygulanmaktadır. Palpe edilmeyen meme kanseri odaklarının biyopsisi için konvansiyonel olarak tel ile işaretleme yöntemi uygulanmaktadır. Tel ile işaretleme çoğunlukla mamografi kılavuzluğunda gerçekleştirilen ağırlı ve zahmetli bir işlemdir. Nadir olmayarak telin kayması ve lezyondan başka bir alana işaret etmesi ve bunlara bağlı olarak cerrahi sınırdaki tümör rezidüsü bırakılması gibi başarısızlıklar gözlenebilmektedir. Bu nedenle, konvansiyonel olarak uzun yıllardır uygulamada olan tel ile işaretleme yerine, sağladığı kolaylık ve güvenilir sonuçlar nedeniyle ROLL tekniği

giderek daha çok tercih edilir olmuştur.

ROLL'un SLN saptama yönteminden temel farkı, SLN'nin aksine lezyon çevresine değil, doğrudan lezyon içerisine radyofarmasötik enjeksiyonu yapılmasıdır. Bu işlem çoğunlukla ultrasonografi gibi bir görüntüleme yöntemi eşliğinde gerçekleştirilir. Lezyon içine enjekte edilen radyofarmasötik, SLN saptamadan farklı olarak enjeksiyon bölgesinde kalması istenen ve lenfatiklere geçmemesi gereken daha büyük parçacıklı radyofarmasötik olan Teknesyum-99m (Tc-99m) işaretli makroagregre albumin (MAA) bileşiğidir. Aynı zamanda lezyon çevresine Tc99m-nanokolloid veya sülfür kolloid enjeksiyonu yapılarak SLN sintigrafisi de işleme eklenebilmektedir. ROLL tekniğinde de SPECT/BT gibi hibrit görüntüleme yöntemlerinin kullanıma girmesi yüksek uzaysal çözünürlük ve attenüasyon düzeltilmesi üstünlükleri nedeniyle tetkikin başarısını arttırmaktadır (21).

Pelvik Tümörlerde Sentinel Lenf Nodu Saptamada Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi

Pelvik kanserlerde lenf nodu metastazı varlığı önemli prognostik faktörlerdendir. Bu nedenle, SLN kavramı jinekolojik malignitelerden başta serviks ve endometriyum kanserinde ve erkek genital kanserlerinden prostat ve testis kanserlerinde geçerliliği bilimsel çalışmalarda gösterilmiş olmakla birlikte, meme kanseri ve malign melanom kadar rutin uygulamaya girmemiştir. Pelvik kanserlerde SLN saptamada SPECT/BT görüntüleme özellikle derin lenf nodlarının lokalizasyonlarının belirlenmesinde yarar sağlamaktadır.

Serviks Kanseri ve Endometriyum Kanserinde Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi Uygulamaları

SPECT/BT görüntüleme ile serviks ve endometriyum kanserinde planar görüntülemelere kıyasla daha fazla sayıda lenf nodu saptanması mümkün olmaktadır. Martinez ve ark. serviks kanserli hastaları dahil ettikleri çalışmalarında SPECT/BT ile SLN saptama oranını %95 olarak bildirmişlerdir (22). Aynı çalışmada, SPECT/BT görüntülemenin planar çalışmaya göre üstünlüğünün yakın komşuluk nedeniyle planar görüntülemeye tek SLN olarak gözlenen odakların aslında iki adet olduğunun gösterilmesi olduğu vurgulanmıştır. Diaz-Feijoo ve ark. serviks kanserinde SLN saptamada planar ve SPECT/

BT görüntülemeyi karşılaştırdıkları çalışmalarında, SPECT/BT ile daha fazla sayıda SLN saptandığını bildirmişler ve mavi boya ve intraoperatif gama prob tekniklerinin birlikte kullanımıyla SLN saptama oranının %100 olarak rapor etmişlerdir (23). Pandit-Taskar ve ark. hem serviks hem de endometriyum kanserinde SLN saptamada SPECT/BT'nin planar görüntülemeye göre daha başarılı olduğunu ve planar çalışmada izlenemeyen SLN'lerin SPECT/BT ile saptanabildiğini bildirmişlerdir (24).

Prostat Kanserinde Sentinel Lenf Nodu Saptamada Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi

Prostat kanserinde lenf nodu metastazı önemli prognostik faktörlerden olmakla birlikte, konvansiyonel yöntemler karmaşık pelvik lenf nodlarının değerlendirilmesinde yetersiz kalmaktadır. Günümüzde prostat kanserinde SLN kavramının yararlı olduğunu gösteren çalışmalara rağmen tekniğin kolay uygulanır olmamasına bağlı olarak rutin kullanımı kabul görmemiştir ve buna bağlı olarak rutinde geniş pelvik lenfadenektomi yaklaşımı hemen hemen tüm hastalara uygulanmaktadır. Ancak, bu yöntem nadir olmayarak bazı komplikasyonlara neden olmaktadır. SPECT/BT görüntülemenin bu bağlamda prostat kanserinin lenfatik yayılımını belirlemede yararlı olabileceği düşünülmektedir. Vermeeren ve ark. prostat kanserli hastalarda SLN saptamada planar ve SPECT/BT görüntülemeyi karşılaştırdıkları çalışmalarında, SPECT/BT sayesinde planar çalışmada SLN saptanamayan hastaların $\frac{3}{4}$ 'ünde SLN görüntülenebildiğini ve SPECT/BT ile planar sintigrafiye kıyasla daha fazla sayıda SLN saptandığını bildirmişlerdir (25). Aynı çalışmada, SPECT/BT'nin özellikle presakral bölgede enjeksiyon bölgesine yakınlık nedeniyle planar çalışmada saptanamayan SLN'leri göstermede yararlı olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, SPECT/BT sayesinde geniş pelvik lenfadenektomi alanı dışında lenfatik drenajın %56 oranında görüntülenebildiği rapor edilmiştir. Aynı yazarın bir başka çalışmasında, SPECT/BT ile karın ön duvarı gibi beklenmeyen lenfatik drenaj yollarının da kolaylıkla gösterilebildiği bildirilmiştir (26).

Testis ve Penis Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi

Penis kanseri SLN kavramının literatüre ilk kazandırıldığı kanser olup, nadir gözlenmekle birlikte SLN uygulamalarının tedavi planlamada yarar sağladığı bildirilmiştir (1). Leijte ve ark. çalışmalarında SPECT/BT görüntüleme yardımıyla lenf nodlarının metastazla tamamen invaze olduğu durumlarda değişik drenaj

paternlerinin saptanabildiğini bildirmişlerdir (27). Brouwer ve ark. testis kanserinde SLN saptamada SPECT/BT'nin başarılı sonuç verdiğini ve SPECT/BT'nin özellikle laparoskopik cerrahi uygulamasında SLN'lerini daha doğru lokalize edebildiğini bildirmişlerdir (28).

Baş-Boyun Kanserlerinde Sentinel Lenf Nodu Saptamada Tek Foton Emisyon Tomografisi/ Bilgisayarlı Tomografi

Baş-boyun kanserlerinde SLN saptama rutin olarak kabul görmemekle birlikte, elektif lenf nodu diseksiyonu öncesi diseksiyon alanı dışında kalan beklenmeyen lenfatik drenaj paternlerinin gösterilmesinde önemli rol üstlenmektedir. Haerle ve ark. hastaların %12'sinde SLN'lerinin elektif lenf nodu diseksiyonu alanı dışında bulunduğunu bildirmişlerdir (29). Aynı çalışmada, hastaların %93'ünde planar ve SPECT/BT görüntülemeyle en az bir adet SLN saptandığı, SPECT/BT'nin planar çalışmada saptanamayan ve bir tanesinde metastaz saptanan fazladan SLN'lerini göstermesinin önemli ek katkı sağladığı bildirilmiştir. Khafif ve ark. oral kavite yassı hücre kanserinde SLN saptamada SPECT/BT görüntülemenin özellikle enjeksiyon bölgesine yakın komşulukta olup da planar çalışmada gösterilemeyen SLN'lerin saptanmasında üstünlük sağladığını bildirmişlerdir (30). Bilde ve ark. hastaların %22'sinde SPECT/BT sonucunda cerrahi planının değiştiğini rapor etmişlerdir (31).

Çıkar Çatışması: Yazar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Hiçbir kurum ya da kişiden finansal destek alınmamıştır.

Kaynaklar

1. Cabanas RM. An approach for the treatment of penile carcinoma. *Cancer* 1977;39:456-466.
2. Morton DL, Thompson JF, Cochran AJ, et al. Sentinel-node biopsy or nodal observation in melanoma. *N Engl J Med* 2006;355:1307-1317.
3. Chakera AH, Hesse B, Burak Z, et al. EANM-EORTC general recommendations for sentinel node diagnostics in melanoma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2009;36:1713-1742.
4. Covarelli P, Tomassini GM, Simonetti S, et al. The single-photon emission computed tomography/computed tomography: a new procedure to perform the sentinel node biopsy in patients with head and neck melanoma. *Melanoma Res* 2007;17:323-328.
5. Mucientes Rasilla J, Cardona Arbonies J, Delgado Bolton R, et al. SPECT-CT in sentinel node detection in patients with melanoma. *Rev Esp Med Nucl* 2009;28:229-234.
6. Ishihara T, Kaguchi A, Matsushita S, et al. Management of sentinel lymph nodes in malignant skin tumors using dynamic lymphoscintigraphy and the single-photon-emission computed tomography/computed tomography combined system. *Int J Clin Oncol* 2006;11:214-220.
7. Uren RF, Howman-Giles R, Thompson JF. Patterns of lymphatic drainage from the skin in patients with melanoma. *J Nucl Med* 2003;44:570-582.
8. Even-Sapir E, Lerman H, Lievshitz G, et al. Lymphoscintigraphy for sentinel node mapping using a hybrid SPECT/CT system. *J Nucl Med* 2003;44:1413-1420.
9. Vermeeren L, Valdes Olmos RA, Klop WM, et al. SPECT/CT for sentinel lymph node mapping in head and neck melanoma. *Head Neck* 2011;33:1-6.
10. Nielsen KR, Chakera AH, Hesse B, et al. The diagnostic value of adding dynamic scintigraphy to standard delayed planar imaging for sentinel node identification in melanoma patients. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2011;38:1999-2004.
11. Van der Ploeg IM, Valdes Olmos RA, Kroon BB, et al. The yield of SPECT/CT for anatomical lymphatic mapping in patients with melanoma. *Ann Surg Oncol* 2009;16:1537-1542.
12. Klode J, Poeppel T, Boy C, et al. Advantages of preoperative hybrid SPECT/CT in detection of sentinel lymph nodes in cutaneous head and neck malignancies. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 2011;25:1213-1221.
13. Ugur Ö, Bozkurt MF, Sayek İ, et al. Comparison of blue dye and gamma probe guided sentinel lymph node biopsy techniques in breast cancer patients. *Turk J Cancer* 2003;33:82-90.
14. Buscombe J, Paganelli G, Burak ZE, et al. Sentinel node in breast cancer procedural guidelines. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2007;34:2154-2159.
15. Van der Ploeg IM, Nieweg OE, Kroon BB, et al. The yield of SPECT/CT for anatomical lymphatic mapping in patients with breast cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2009;36:903-909.
16. Husarik DB, Steinert HC. Single-photon emission computed tomography/ computed tomography for sentinel node mapping in breast cancer. *Semin Nucl Med* 2007;37:29-33.
17. Lerman H, Metser U, Lievshitz G, Sperber F, Shneebaum S, Even-Sapir E. Lymphoscintigraphic sentinel node identification in patients with breast cancer: the role of SPECT-CT. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2006;33:329-337.
18. Mucientes Rasilla J, Farge Balbin L, Cardona Arbonies J, et al. SPECT-CT: a new tool for localisation of sentinel lymph nodes in breast cancer patients. *Rev Esp Med Nucl* 2008;27:183-190.
19. Lerman H, Lievshitz G, Zak O, Metser U, Schneebaum S, Even-Sapir E. Improved sentinel node identification by SPECT/CT in overweight patients with breast cancer. *J Nucl Med* 2007;48:201-206.
20. Gallowitsch HJ, Kraschl P, Igerc I, et al. Sentinel node SPECT-CT in breast cancer. Can we expect any additional and clinically relevant information? *Nuklearmedizin* 2007;46:252-256.

21. Landman J, Kulawansa S, McCarthy M, et al. Radioguided localisation of impalpable breast lesions using 99m-Technetium macroaggregated albumin: Lessons learnt during introduction of a new technique to guide preoperative localisation. *J Med Radiat Sci* 2015;62:6-14.
22. Martínez A, Zerdoud S, Mery E, Bouissou E, Ferron G, Querleu D. Hybrid imaging by SPECT/CT for sentinel lymph node detection in patients with cancer of the uterine cervix. *Gynecol Oncol* 2010;119:431-435.
23. Diaz-Feijoo B, Perez-Benavente MA, Cabrera-Diaz S, et al. Change in clinical management of sentinel lymph node location in early stage cervical cancer: the role of SPECT/CT. *Gynecol Oncol* 2011;120:353-357.
24. Pandit-Taskar N, Gemignani ML, Lyall A, Larson SM, Barakat RR, Abu Rustum NR. Single photon emission computed tomography SPECT-CT improves sentinel node detection and localization in cervical and uterine malignancy. *Gynecol Oncol* 2010;117:59-64.
25. Vermeeren L, Valdes Olmos RA, Meinhardt W, et al. Value of SPECT/CT for detection and anatomic localization of sentinel lymph nodes before laparoscopic sentinel node lymphadenectomy in prostate carcinoma. *J Nucl Med* 2009;50:865-870.
26. Vermeeren L, Meinhardt W, Valdes Olmos RA. Prostatic lymphatic drainage with sentinel nodes at the ventral abdominal wall visualized with SPECT/CT: a case series. *Clin Nucl Med* 2010;35:71-73.
27. Leijte JA, van der Ploeg IM, Valdés Olmos RA, Nieweg OE, Horenblas S. Visualization of tumor blockage and rerouting of lymphatic drainage in penile cancer patients by use of SPECT/CT. *J Nucl Med* 2009;50:364-367.
28. Brouwer OR, Valdés Olmos RA, Vermeeren L, Hoefnagel CA, Nieweg OE, Horenblas S. SPECT/CT and a portable gamma-camera for image-guided laparoscopic sentinel node biopsy in testicular cancer. *J Nucl Med* 2011;52:551-554.
29. Haerle SK, Hany TF, Strobel K, Sidler D, Stoeckli SJ. Is there an additional value of SPECT/CT over planar lymphoscintigraphy for sentinel node mapping in oral/oropharyngeal squamous cell carcinoma? *Ann Surg Oncol* 2009;16:3118-3124.
30. Khafif A, Schneebaum S, Fliss DM, et al. Lymphoscintigraphy for sentinel node mapping using a hybrid single photon emission CT (SPECT)/CT system in oral cavity squamous cell carcinoma. *Head Neck* 2006;28:874-879.
31. Bilde A, Von Buchwald C, Mortensen J, et al. The role of SPECT-CT in the lymphoscintigraphic identification of sentinel nodes in patients with oral cancer. *Acta Otolaryngol* 2006;126:1096-1103.



Tc-99m MIBI Paratiroid Sintigrafisinde Tek Foton Emisyon Tomografisi/ Bilgisayarlı Tomografi Kullanımının Klinik Önemi

Clinical Value of Single Photon Emission Computed Tomography/ Computed Tomography in the Evaluation of Tc-99m MIBI Parathyroid Scintigraphy

Tanju Yusuf Erdil¹, Lebriz Uslu Beşli²

¹Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

²İstanbul Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Nükleer Tıp Kliniği, İstanbul, Türkiye

Öz

Hiperparatiroidide tek tedavi yöntemi cerrahidir ve son zamanlarda minimal invaziv cerrahi, bilateral boyun eksplorasyonuna göre daha çok tercih edilmektedir. Minimal invaziv cerrahiye uygun hastaları bulmak için, preoperatif lezyon lokalizasyonu çok önemli bir role sahiptir. Bu derlemenin amacı, hiperparatiroidili hastaların preoperatif değerlendirilmesinde, tek foton emisyon tomografisi/bilgisayarlı tomografi MIBI paratiroid sintigrafisinin tanıdaki yerini tartışmak ve diğer MIBI paratiroid sintigrafisi metodları ile karşılaştırmaktır.

Anahtar kelimeler: Hiperparatiroidi, paratiroid sintigrafisi, MIBI, SPECT, SPECT/BT, çift faz

Abstract

Surgery is the only potential curable treatment of hyperparathyroidism and has changed from bilateral neck exploration to minimally invasive surgery. Preoperative localization has become essential in the selection of good candidates for minimally invasive surgery. The purpose of this review is to discuss the diagnostic utility of MIBI parathyroid scintigraphy with single photon emission computed tomography/computed tomography and to compare it with other MIBI parathyroid scintigraphy methods in the preoperative evaluation of patients with hyperparathyroidism.

Keywords: Hyperparathyroidism, parathyroid scintigraphy, MIBI, SPECT, SPECT/CT, double phase

Giriş

Hiperparatiroidi (HPT), paratiroid bezlerinin çok çalışmasına bağlı olarak aşırı paratiroid hormonu üretimi sonucu kemik ve mineral metabolizmasının bozulduğu bir endokrin hastalıktır. HPT'de görüntüleme, paratiroid sintigrafisi (PS), ultrasonografi (USG), bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik

rezonans görüntüleme (MRG) ile yapılabilmekle birlikte ilk olarak önerilen iki yöntem PS ve USG'dir. Ancak, görüntüleme HPT tanısı için değil, biyokimyasal olarak kanıtlanmış HPT hastalarında lezyonun yerinin belirlenmesi amaçlı kullanılmalıdır. HPT hastalarında tek tedavi yöntemi cerrahidir. Klasik cerrahi yöntemi olan bilateral boyun eksplorasyonu ile dört paratiroid

Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Dr. Tanju Yusuf Erdil, Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

E-posta: yerdil@marmara.edu.tr

© Nükleer Tıp Seminerleri, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır. / © Nuclear Medicine Seminars, published by Galenos Publishing.

bezinin incelenmesinden minimal invaziv cerrahi yöntemlerine geçiş sonucunda operasyon öncesi lezyon yerinin kesin olarak belirlenmesi, operasyonun başarısında en önemli faktörlerden biri haline gelmiştir. Özellikle primer HPT'de başarısı kanıtlanmış PS'nin, hibrit tek foton emisyonu/bilgisayarlı tomografi (SPECT/BT) yöntemi ile cerraha daha iyi bir kılavuz olabileceği düşünülmektedir. Bu derlemede PS'inde kullanılan yöntemlerden kısaca bahsedildikten sonra, hibrit SPECT/BT yönteminin PS'indeki yeri tartışılacaktır.

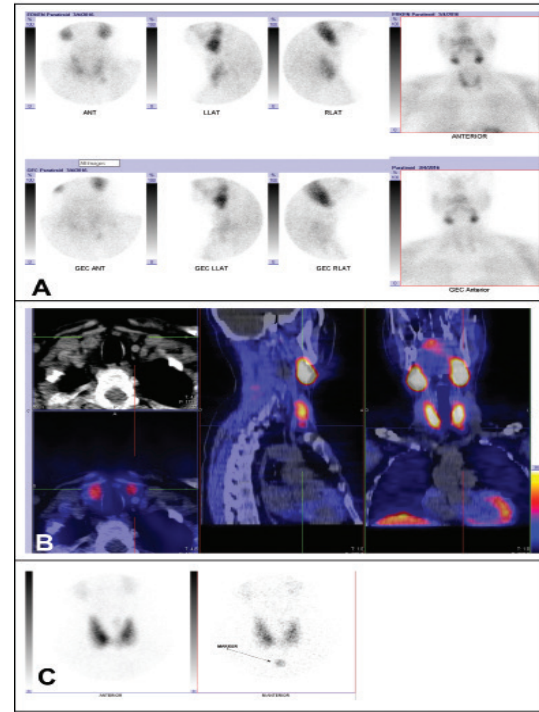
Hiperparatiroidi

HPT üç değişik klinik formda görülebilir. Bunlar; primer, sekonder ve tersiyer HPT'dir. Primer HPT (PHPT), hiperkalseminin en sık nedeni olup, endokrin hastalıklar içinde en sık görülen üçüncü hastalıktır (1). Ruda ve ark. 20,225 primer HPT'li hastada yaptıkları çalışmada, %88,9 soliter adenom, %5,74 multi gland hiperplazi, %4,14 çift adenom ve %0,74 oranında ise paratiroid kanseri bulmuşlardır (2). Deneyimli cerrahlar, bilateral boyun diseksiyonu ile preoperatif görüntüleme olmadan %95'in üzerinde başarı sağlamaktadırlar (3,4). PHPT'de %90'a yakın oranda soliter adenom görülmesine dayanarak, minimal invaziv cerrahi yöntemler ile küçük insizyon kullanarak kozmetik olarak daha iyi sonuçlar elde edilmesi, operasyon ve hastanede kalış sürelerinin kısalması, daha erken iyileşmenin sağlanması, rekürren larengeal sinir hasarı ve postoperatif hipokalsemi gibi komplikasyonların azalması gibi avantajlar sağlanması yanında klasik yöntemle eşit başarılı sonuçlar elde edilmektedir (3,4). Minimal invaziv cerrahide başarıyı etkileyen en önemli faktörlerden biri, lezyonun yerinin preoperatif görüntüleme yöntemleri (PS ve USG) ile hassas bir şekilde tespit edilmesidir (5). PS ve USG'nin ikisinin birden lezyonu gösteremediği zaman başarısızlık oranı önemli ölçüde artmaktadır (6). Multi gland hastalıklarda (adenom ve hiperplazi) USG ve PS düşük hassasiyete sahip olduğu için başarısızlık oranı artmakta ve bunu önlemek için intraoperatif parathormon ölçümü kullanılmaktadır (2,7). Ektopik adenomun lokalizasyona göre USG yetersiz kalabilmekte ve PS ile daha iyi sonuçlar elde edilmektedir (8). Adenomun lokalizasyonunun tam olarak doğru bir şekilde yapılması operasyon şeklini belirleyebilmektedir. Prolabe veya normal lokalizasyonunda posterior yerleşimli süperior adenomlar için lateral yaklaşım, anterior yerleşimli inferior adenomlar için santral yaklaşım, mediastendeki lokalizasyonuna göre de, median sternotomi veya sağ/sol torakotomi uygulanması cerrahinin

başarısını etkilemektedir (9,10). SPECT/BT'nin diğer PS protokollerine ve USG'ye göre belirleyici özelliği de ektopik veya normal lokalizasyonlu adenomların yerini (Şekil 1, 2, 3, 4) tam lokalize edebilmesidir (10).

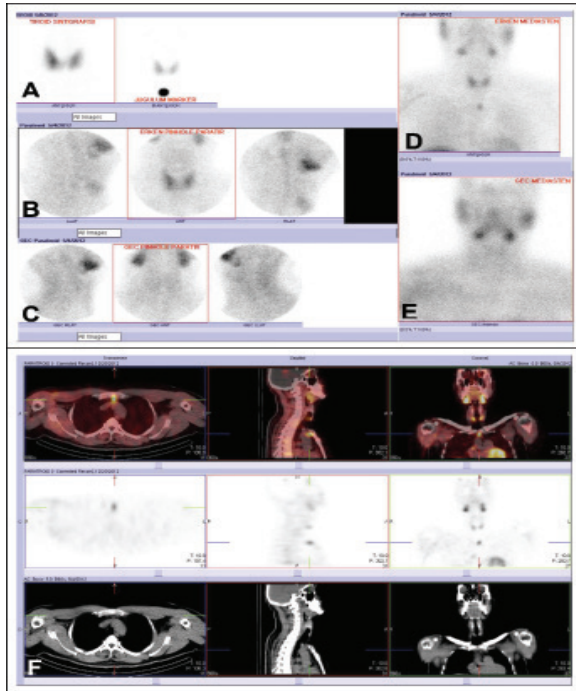
Planar Paratiroid Sintigrafisi

Tc-99m MIBI ile çift faz veya Tc-99m perteknetat/I-123 ile MIBI çıkartma yöntemleri kullanılarak yapılan planar PS, kılavuzlarda önerilen standart çekim protokolleridir (11,12). Taillefer ve ark.'nın 1992 yılında MIBI çift faz PS'ni tanıtmalarından sonra, kullanım kolaylığı ve etkinliği nedeni ile en sık



Şekil 1. Elli beş yaşında kadın hasta parathormon: 158 pg/mL ve Ca: 11,8 mg/dL değerleri ile MIBI paratiroid sintigrafisine gönderildi. Erken ve geç MIBI pinhole boyun ve planar mediasten (A) görüntülerinde retansiyon göstermiştir Ancak planar mediasten görüntülerinde net olarak seçilememektedir. Anterior görüntüde lezyonun derinliğinin lokalizasyonu net olarak yapılamazken lateral görüntülerde tiroid bezi inferiorunda olduğu tespit edilmiştir. Erken SPECT/BT görüntülerinde (B) lezyonun 11x8 mm boyutlu inferoanterior yerleşimli (inferior paratiroid adenomu) olduğu seçilmiştir. Aynı günde çekilen anterior pinhole tiroid sintigrafisi görüntüsünde (C) belirgin özellik saptanmamıştır.

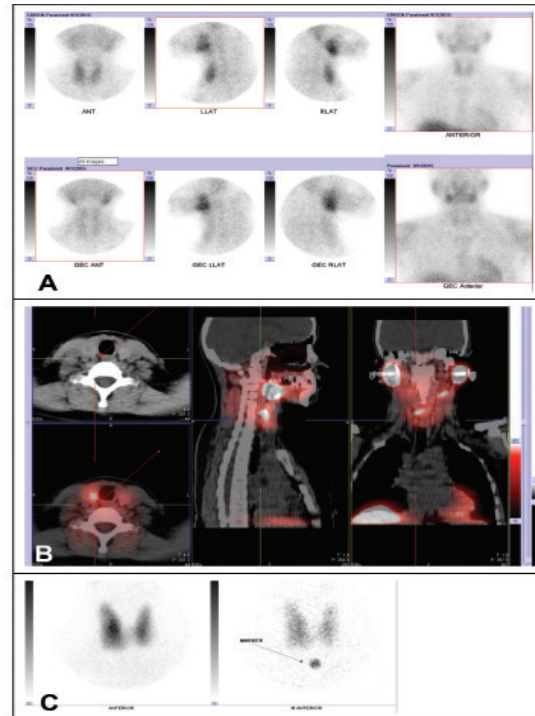
kullanılan yöntem olmuştur (13). Çift faz yönteminde, MIBI'nin tiroid bezinden temizlenme hızına bağlı olarak erken (10-15 dakika) ve geç (1,5-3 saat) görüntüleri alınır (11,12). Ektopik adenomlar açısından submandibuler bezlerden kalp girimine kadar boyun ve toraks görüntülerinin alınması gerekir. Paralel delikli kolimatörler kullanılarak çift faz yöntemi ile %75-%80 duyarlılık, %90-%95 özgülük oranlarına ulaşılmaktadır (2,14). Ancak, paratiroid adenomunda mitokondri içeriğine, P-glikoprotein varlığına, hücre siklusuna göre, %10-20 oranında görülebilen hızlı atılım durumunda duyarlılık, MIBI tutan tiroid adenomları, multiple tiroid nodülleri, mediastinal kitleler (Şekil



Şekil 2. Elli dokuz yaşında kadın hasta parathormon: 192 pg/mL ve Ca: 11,2 mg/dL değerleri ile MIBI paratiroid sintigrafisine gönderildi. Aynı günde çekilen anterior pinhole tiroid sintigrafisi görüntüsü (A) ile erken (B) ve geç (C) MIBI pinhole görüntülerinde belirgin özellik saptanmadı. Erken mediasten (D) görüntüsünde üst mediastende küçük bir alanda fokal MIBI tutulumu izlenirken geç mediasten (E) görüntüsünde tutulumun tamamen temizlendiği (erken washout) seçilmiştir. Erken SPECT/BT görüntülerinde (F) lezyonun 12x10 mm boyutlu anterior mediastende prevasküler yerleşimli (ektopik inferior paratiroid adenomu) olduğu saptanmıştır.

5), lenf nodları veya metastazların varlığında özgülük değerleri düşmektedir (2,11,12,14,15).

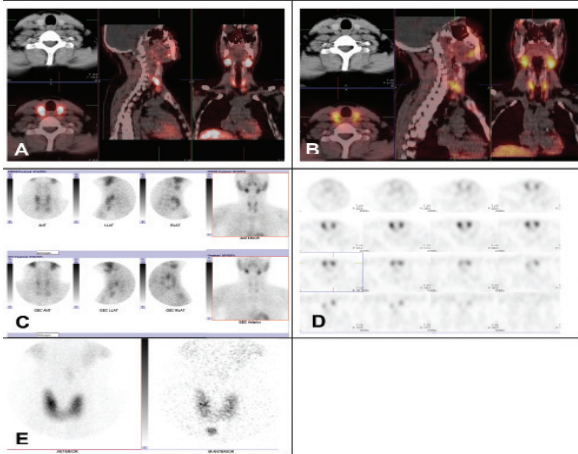
Tiroid bezine spesifik I-123 veya Tc-99m perteknetat ile MIBI çıkarma metoduyla çift faz metoduna göre daha iyi sonuçlar bildirilmiştir (11,12,15). Ancak, Tc-99m perteknetat ile MIBI'nin aynı fiziksel özellikleri olmasına bağlı teknik zorluklar, I-123'ün pahalı ve ulaşımı zor olması nedeni ile kullanım kısıtlılığı ve çıkarma tekniğinin kendi metodolojik zorlukları gibi dezavantajları nedeniyle, çıkarma metodu çift faz protokolü kadar kullanım alanı bulamamıştır. Her iki metotla da pin-hole kollimatör kullanarak daha iyi sonuçlar bildirilmiştir (14,15,16,17,18). Lateral veya anterior oblik görüntülerin alınması, adenomun anterior-



Şekil 3. Elli üç yaşında kadın hasta parathormon: 173 pg/mL ve Ca: 11,5 mg/dL değerleri ile MIBI paratiroid sintigrafisine gönderildi. Erken ve geç MIBI pinhole boyun ve planar mediasten (A) görüntülerinde erken ve geç fazda paratiroid adenomu ile uyumlu tutulum saptanmadı. Erken SPECT/BT görüntülerinde (B) sağ orta-alt posteriorda 6x7 mm boyutlu nodüler lezyonda hafifçe MIBI tutulumu (üst paratiroid adenomu) saptandı. Aynı günde çekilen anterior pinhole tiroid sintigrafisi görüntüsünde (C) belirgin özellik saptanmamıştır.

posterior lokalizasyonunu belirlemede (Şekil 1) faydalı olabilmektedir (16).

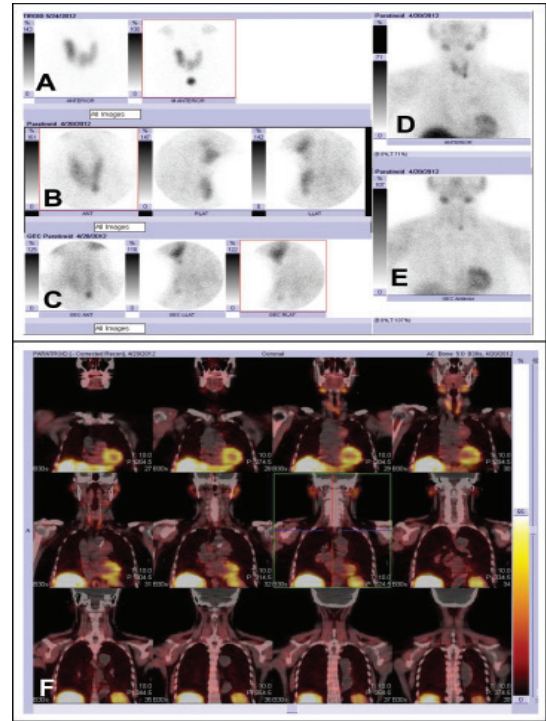
Gotthardt ve ark.'nın 2004 yılında 102 primer 27 sekonder HPT'li hastada yaptıkları çalışmada sırası ile %45 ve %39 olmak üzere çok düşük duyarlılık değerleri bulmuşlar ve literatüre göre genel olarak düşük buldukları sonuçlar nedeni ile değişik protokoller kullanılan 51 çalışmayı dahil ederek yaptıkları metaanalizde %39'dan %95 üzerine kadar değişen oranlar olduğunu bildirmişlerdir (19). Bu değişkenliğin yalnızca protokol değişikliği ile açıklanamayacağı ve bu nedenle iyi düzenlenmiş prospektif çalışmaların yapılması gerektiği sonucuna varmışlardır (19). Duyarlılığın düşmesinde adenomun boyutu, ağırlığı, parathormon seviyesindeki düşüklük, MDR pozitifliği, P-glikoprotein varlığı, planar sintigrafide düşük rezolüsyonlu paralel delikli kolimatörlerin kullanılması gibi faktörler ileri sürülse de çekim protokolünden bağımsız olarak en önemli faktörler multi gland hiperplazi ve birden çok adenom varlığıdır (5,6,7,8,11,12,14,15,16,17,18).



Şekil 4. Kronik böbrek yetmezliği ile diyaliz tedavisi gören 43 yaşında erkek hasta parathormon: 1,244 pg/mL ve Ca: 12,14 mg/dL değerleri ile MIBI paratiroid sintigrafisine gönderildi. Erken MIBI SPECT/BT görüntülerinde üst (A) ve alt (B) pollerde, büyüğü 9 mm'ye ulaşan bilateral nodüler/hiperplazik lezyonlar seçildi. Erken ve geç MIBI pinhole boyun ve planar mediasten (C) görüntülerinde erken fazda alt ve üst pollerde izlenen bilateral tutulumlar geç fazda retansiyon gösterdi. SPECT görüntülerinde (D) lezyonlardan sağ alt posterior dışındakiler izlenemedi. Aynı günde çekilen anterior pinhole tiroid sintigrafisi görüntüsünde (E) belirgin özellik saptanmadı.

Tek Foton Emisyon Tomografisi

SPECT'in planar çalışmaya üstünlüğü, kesitsel görüntüler ile lezyonun derinliğini ve tiroid bezine göre lokalizasyonunu saptayabilmesi, daha önce cerrahi hikayesi olanlarda ve mediastinal yerleşimli ektopik lezyonlarda daha iyi sonuçlar vermesi ve daha küçük lezyonları gösterebilmesi ile açıklanabilir. Ancak, planar sintigrafie göre SPECT ile yapılan PS ile daha yüksek duyarlılık oranları bildirilmekle birlikte belirgin fark olmadığını gösteren çalışmalar da mevcuttur (7,10,20,21,22,23,24,25). Çift fazlı görüntüleme,



Şekil 5. Kırk iki yaşında kadın hasta parathormon: 201 pg/mL ve Ca: 10,9 mg/dL değerleri ile MIBI PS'ne gönderildi. Aynı günde çekilen anterior pinhole boyun görüntüsünde (A) belirgin özellik saptanmadı. Erken (B) ve geç (C) MIBI pinhole boyun görüntüleri ile erken (D) ve geç (E) mediasten görüntülerinde sol tiroid lobu inferior komşuluğunda (inferior paratiroid adenomu) fokal MIBI tutulumu izlendi. Erken mediasten görüntüsünde anterior mediastende şüpheli MIBI tutulumu dikkati çekti. Erken SPECT/BT görüntülerinde (F) anterior mediastende aortikopulmoner pencereye invaze yaklaşık 5x6 cm boyutlu, kalsifikasyon içeren yumuşak doku dansiteli lezyonda hafifçe MIBI tutulumu izlenmiş ve post-op patolojisi karsinoid ile uyumlu olarak bulunmuştur.

SPECT erken veya geç fazda çekilebilir. Perez-Monte ve ark.'nın 47 hastada erken ve geç faz SPECT görüntülerini karşılaştırdıkları çalışmada, erken faz ile %91 duyarlılık oranına ulaşırken, geç fazda hızlı atılım nedeni ile %74 duyarlılık oranına ulaşabilmişlerdir (23). Civelek ve ark. ise 338 kişilik hasta grubunda (299 tek adenom, 23 çift adenom ve 55 hiperplastik bez olmak üzere 400 lezyon) yalnızca geç faz SPECT görüntüleri ile tek adenomlar için %96, çift adenomlar için %83 ve hiperplastik bezler için %45 duyarlılık oranlarına ulaşmışlardır (24). Moka ve ark. da erken faz planar, geç faz SPECT görüntüleri ile planar ve SPECT için 500 mg'dan küçük adenomlarda sırası ile %56 ve %91, 500 mg'dan büyük adenomlarda %81 ve 97 duyarlılık düzeyleri elde etmişlerdir (21). Lorbeyboym ve ark. erken faz SPECT ile dual faz çalışmayı karşılaştırdıkları 52 hastada, SPECT'in özellikle eşlik eden multinodüler guatr ve ektopik adenomlarda sağladığı üstünlük sayesinde, duyarlılık %79'dan %96'ya ulaşmıştır (25). Lavelly ve ark. da erken faz SPECT ile benzer sonuçlar elde etmişlerdir (20).

Tomografik görüntüleme omuzlar görüntü alanında olduğu için, SPECT görüntülemenin, pinhole görüntülemeye göre daha az duyarlı olduğu ileri sürülmüştür (26). Spanu ve ark. 48 primer HPT, 19 sekonder HPT hastada pinhole kolimatör kullanarak yaptıkları SPECT çalışmasında hem primer (%97,9 pinhole SPECT; %87,7 planar) hem de sekonder (%92,1 pinhole SPECT; %78,4 planar) HPT'de planar çalışmaya göre daha iyi sonuçlar elde etmişlerdir (27). Ancak, teknik dezavantajları nedeni ile pinhole SPECT'in rutin kullanımı önerilmemektedir (27).

Neumann ve ark. 61 primer HPT'li hastada SPECT ile yapılan MIBI/I-123 çıkarma PS'nde %71 gibi düşük duyarlılık oranı elde etmişlerdir (28). Tomografik görüntülerde çıkarma işleminin teknik zorlukları nedeni ile çıkarma işlemini yalnızca planar pinhole görüntülerde yapan ve tomografik görüntüleri vizüel olarak karşılaştırmayı öneren merkezler bulunmaktadır (29).

Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi

Minimal invaziv cerrahinin başarısında en önemli faktörlerden birisi lezyonun lokalizasyonunun preoperatif görüntüleme yöntemleri ile kesin olarak belirlenmesidir. Krausz ve ark. 36 hastada yaptıkları çalışmada, SPECT ile yüksek duyarlılık oranlarına ulaşmakla birlikte, lezyon lokalizasyonunun kesin olarak belirlenemediği için cerraha yeterli yardımın yapılamadığını, bu nedenle SPECT/BT'nin gerekli olduğunu ileri sürmüşlerdir (30). SPECT/BT ilk olarak

2002 yılında bir olgu bildiriminde, ayrı ayrı çekilmiş SPECT ve BT görüntülerinin füzyonu ile ektopik mediastinal paratiroid adenomu görüntülemesinde kullanılmıştır (31). Hibrit SPECT/BT ile yapılan ilk önemli yayınlardan ikisi farklı sonuçlar bildirmiştir (20,31). Lavelly ve ark. daha önce opere olmamış, tek adenomu olan 98 primer HPT'li hastayı dahil ettikleri çalışmada, 15. dakika ve 2. saatte planar ve SPECT/BT çekimleri yapmışlar ve en iyi sonucu erken SPECT/BT ile geç planar, SPECT veya SPECT/BT görüntülerinin birlikte değerlendirilmesi ile elde etmişler ve sonuç olarak erken SPECT/BT'nin çalışmaya dahil edilerek çift fazlı çalışmayı önermişlerdir (20). Gayed ve ark. ise adenom ve hiperplazisi olan 48 primer HPT'li hastada yaptıkları çalışmada, SPECT/BT'nin yalnızca bir hastada teşhiste yardımcı olduğu, ve dört hastada daha iyi lokalizasyon sağladığı, bunların da ikisinin ektopik adenom olması nedeni ile ektopik adenom dışında SPECT/BT'nin klinik olarak bir fayda sağlamadığı sonucuna varmışlardır (32). Ancak çekimlerin ilk jenerasyon SPECT/BT ile yapıldığı ve BT çekiminin 10 dakika sürdüğü dikkate alınmalıdır. 2015 yılında SPECT/BT PS ile ilgili yayınlanan üç metaanalizde de SPECT/BT'nin en iyi metot olduğu sonucuna varılmıştır (33,34,35). Wong ve ark.'nın Ocak 2003-Mart 2014 arası yayınlanan 24 çalışmayı kapsayan metaanalizlerinde, primer ve sekonder HPT'si olan 1,276 hastada, SPECT/BT, SPECT ve planar görüntüleme için sırası ile %86, %74 ve %70 duyarlılık oranları bulmuşlardır (33). Bu oran primer HPT'de %90'a ulaşmış, nodüler tiroid hastalığında ise belirgin fark (%86) saptanmamıştır. Ektopik paratiroid adenomu oranı %4 ile %20 arasında olup, SPECT/BT ektopik lezyonun lokalizasyonunda da diğerlerine göre daha başarılı bulunmuştur (Şekil 2).

Treglia ve ark.'nın, Wong ve ark.'nın yaptıkları metaanalizde bulunmayan, 2012-2014 yıllarında yayınlanan altı farklı araştırmanın da dahil edildiği, yalnızca primer HPT'si olan ve daha önce opere olmamış 1,236 hastayı kapsayan 23 çalışma üzerinde yaptıkları metaanalizlerinde; 20 çalışma (943 hasta) hasta bazında, 19 çalışma (963 lezyon) lezyon bazında değerlendirilmiştir (34). Duyarlılık oranı, hasta ve lezyon bazında %88 olarak bulunmuştur. Cheung ve ark. ise primer HPT'de yaptıkları metaanalizde, US (%76,1) ve MIBI SPECT (%78,9) ile daha düşük duyarlılık oranları bildirmişlerdir (36). Gayed ve ark. da SPECT/BT'nin SPECT'e belirli bir üstünlüğü olmadığı için gereksiz radyasyon ve maliyetten kaçınmak için, SPECT/BT'yi yalnızca belirli hastalarda uygulanmasını önermişlerdir (32). Ancak, Treglia ve ark.'nın yaptıkları metaanalizde, birçok çalışmada

SPECT/BT ile hem lokalizasyonun daha iyi yapıldığı hem de duyarlılığın arttığı gösterilmiştir (34). Harris ve ark. SPECT/BT ile tek bir adenomun intraoperatif lokalizasyonunun %95 güven aralığı ile 19 mm içinde yapıldığını göstermişlerdir (37). Pata ve ark. da SPECT/BT'nin SPECT'e göre lezyonu daha iyi lokalize ettiğini (%86,7 %66,1 duyarlılık), cerrahi süresini kısalttığını (62 dakikadan 36 dakikaya) ve bu sayede maliyeti düşürdüğünü (150 avrodan, 48 avroya) bildirmişlerdir (38).

Wei ve ark.'nın primer HPT'li hastalarda SPECT/BT, SPECT ve planar MIBI PS çalışmalarını dahil ettikleri 18 çalışma üzerindeki metaanalizlerinde; sırası ile %84, %66 ve %63 duyarlılık, %95, %82, %90 pozitif prediktif değerleri bulmuşlardır (35). Sonuç olarak SPECT/BT'nin SPECT ve planar görüntülemeye göre lezyonu çok daha hassas ve duyarlı bir şekilde lokalize etmesi nedeni ile minimal invaziv cerrahide kullanılması gereken teşhis yöntemi olduğunu ileri sürmüşlerdir (Şekil 3).

Sekonder Hiperparatiroidi

Dört bezin hiperplazik olduğu sekonder HPT'de PS'nin duyarlılığının düşük olması nedeniyle yeri tartışmalıdır (11). Sekonder HPT'de kabul edilen iki cerrahi yöntem subtotal paratiroidektomi veya total tiroidektomi ile ototransplantasyon'dur. Ancak, beş yıl içinde nüks oranı %10-30'lara kadar çıkmaktadır (39). Cerrahi başarısızlığın en önemli nedenleri tespit edilemeyen multiglanduler hastalık ve ektojik yerleşimdir. Ektojik yerleşimli lezyonlarda da MIBI PS önerilmektedir. Ancak, Calderella ve ark. 24 çalışmada 471 sekonder HPT'si olan hasta üzerinde yaptıkları metaanalizde, %58 duyarlılık (%35-%90 arasında değişen), %93 özgüllük değerleri bulmuşlar ve bu nedenle preoperatif görüntülemeye ilk tercih olarak seçilmemesi gerektiğini ileri sürmüşlerdir (40). Ancak çalışmalarında baz olarak planar PS'ni almışlar tek başına yapılan SPECT veya SPECT/BT çalışmalarını metaanalize dahil etmemişlerdir. Zhen ve ark. ise 90 hastada, SPECT/BT ve planar MIBI PS'sini karşılaştırdıkları çalışmada cerrahi olarak 310 bezi çıkarmışlar ve planar çalışma için %55,6, SPECT/BT için ise %78,9 duyarlılık oranı bulmuşlardır (41). Taieb ve ark.'nın yayınladıkları derlemede ise pinhole MIBI/I-123 çıkarma PS ile çift faza göre daha iyi sonuçlar elde edildiği ve üç çalışmada %66 ile %90 arasında değişen ve ortalama %75,4'e ulaşan duyarlılık değerleri elde edildiği belirtilmiştir (42). Yeni yayınlanan bir çalışmada ise sekonder HPT'si olan 60 hastada US ile %81, SPECT/BT MIBI PS ile %85, birlikte kullanıldıklarında %93 duyarlılık oranları bulmuşlardır (43).

Sonuç olarak, iyi bir teknik ile preoperatif dönemde ve nüks/persistan HPT durumunda MIBI sintigrafisi cerraha faydalı olabilmekte ve ameliyat öncesi kullanımı önerilmektedir (Şekil 4).

Multinodüler Guatr

PS'nin en önemli yanlış pozitiflik ve ektojik adenom (intratiroidal olduğu durumlarda) varlığında ise yanlış negatiflik nedenlerinden biri tiroid nodülleridir. Bu nedenle PS ile birlikte veya ayrı zamanlarda tiroid sintigrafisi çekmek doğru değerlendirme için önemlidir. Pata ve ark. 34 nodüler guatrlı hastada yaptıkları çalışmada, SPECT/BT ile %93,7, SPECT ile %80 duyarlılık oranları bulmuşlardır (44). Ayrıca, operasyon süresi SPECT/BT ile 56 dakikadan 38 dakikaya düşmüştür. Shafiei ve ark. ise nodüler guatrlı olan 48 hastada yaptıkları çalışmada, SPECT ile %77,5, SPECT/BT ile %67,3 duyarlılık, %96,7 ve %87,1 özgüllük oranları bulmuşlardır (45). Beş tanesi ektojik yerleşimli olmak üzere dokuz hiperplazik bezi SPECT/BT ile daha iyi lokalize etmişlerdir.

Sonuç olarak; HPT hastalarında SPECT/BT ile duyarlılık ve özgüllük, planar ve SPECT'e göre iyileşmekte ve özellikle minimal invaziv cerrahi açısından cerraha yol gösterici olmakta, operasyon süresi ve komplikasyonların azalmasına katkı sağlamaktadır.

Çıkar Çatışması: Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Çalışmamız için hiçbir kurum ya da kişiden finansal destek alınmamıştır.

Kaynaklar

1. Fraser WD. Hyperparathyroidism. *Lancet* 2009;374:145-158.
2. Ruda JM, Hollenbeak CS, Stack BC Jr. A systematic review of the diagnosis and treatment of primary hyperparathyroidism from 1995 to 2003. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2005;132:359-372.
3. Taubman ML, Goldfarb M, Lew JI. Role of SPECT and SPECT/CT in the surgical treatment of primary hyperparathyroidism. *Int J Mol Imaging* 2011;2011:141593.
4. Grant CS, Thompson G, Farley D, van Heerden J. Primary hyperparathyroidism surgical management since the introduction of minimally invasive parathyroidectomy: Mayo Clinic experience. *Arch Surg* 2005;140:472-478.
5. Bagul A, Patel HP, Chadwick D, Harrison BJ, Balasubramanian SP. Primary hyperparathyroidism: An analysis of failure of parathyroidectomy. *World J Surg* 2014;38:534-541.
6. Bergenfelz AO, Wallin G, Jansson S, et al. Results of surgery for sporadic primary hyperparathyroidism in patients with preoperatively negative sestamibi scintigraphy and ultrasound. *Langenbecks Arch Surg* 2011;396:83-90.

7. Eslamy HK, Ziessman HA. Parathyroid scintigraphy in patients with primary hyperparathyroidism: 99mTc sestamibi SPECT and SPECT/CT. *Radiographics* 2008;28:1461-1476.
8. Ahuja AT, Wonga KT, Ching AS, et al. Imaging for primary hyperparathyroidism-what beginners should know. *Clin Radiol* 2004;59:967-976.
9. Agarwal G, Barraclough BH, Reeve TS, Delbridge LW. Minimally invasive parathyroidectomy using the 'focused' lateral approach. II. Surgical technique. *Aust N Z J Surg* 2002;72:147-151.
10. Spanu A, Schillaci O, Piras B, Madeddu G. SPECT/CT in hyperparathyroidism. *Clin Transl Imaging* 2014;2:537-555.
11. Hindie´ E, Ugur O, Fuster D, et al. 2009 EANM parathyroid guidelines. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2009;36:1201-1216.
12. Greenspan BS, Dillehay G, Intenzo C, et al. SNM practice guideline for parathyroid scintigraphy 4.0. *J Nucl Med Technol* 2012;40:111-118.
13. Taillefer R, Boucher Y, Potvin C, Lambert R. Detection and localization of parathyroid adenomas in patients with hyperparathyroidism using a single radionuclide imaging procedure with technetium-99m-sestamibi (double-phase study). *J Nucl Med* 1992;33:1801-1807.
14. Moralidis E. Radionuclide parathyroid imaging: a concise, updated review *Hell J Nucl Med* 2013;16:125-133.
15. Taieb D, Hindie E, Grassetto G, Colletti PM, Rubello D. Parathyroid scintigraphy when, how, and why? A concise systematic review. *Clin Nucl Med* 2012;37:568-574.
16. Arveschoug AK, Bertelsen H, Vammen B. Presurgical localization of abnormal parathyroid glands using a single injection of Tc-99m sestamibi: Comparison of high-resolution parallel-hole and pinhole collimators, and interobserver and intraobserver variation. *Clin Nucl Med* 2002;27:249-254.
17. Klingensmith WC 3rd, Koo PJ, Summerlin A, et al. Parathyroid imaging: the importance of pinhole collimation with both single- and dual-tracer acquisition. *J Nucl Med Technol* 2013;41:99-104.
18. Siegel A, Alvarado M, Barth RJ, Brady M, Lewis J. Parameters in the prediction of the sensitivity of parathyroid scanning. *Clin Nucl Med* 2006;31:679-682.
19. Gotthardt M, Lohmann B, Behr TM, et al. Clinical value of parathyroid scintigraphy with technetium-99m methoxyisobutylisonitrile: Discrepancies in clinical data and a systematic metaanalysis of the literature. *World J Surg* 2004;28:100-107.
20. Lavelly WC, Goetze S, Friedman KP, et al. Comparison of SPECT/CT, SPECT, and planar imaging with single- and dual-phase (99m) Tc-sestamibi parathyroid scintigraphy. *J Nucl Med* 2007;48:1084-1089.
21. Moka D, Voth E, Dietlein M, Larena-Avellaneda A, Schicha H. Technetium 99m-MIBI-SPECT: a highly sensitive diagnostic tool for localization of parathyroid adenomas. *Surgery* 2000;128:29-35.
22. Staudenherz A, Abela C, Niederle B, et al. Comparison and histopathological correlation of three parathyroid imaging methods in a population with a high prevalence of concomitant thyroid diseases. *Eur J Nucl Med* 1997;24:143-149
23. Perez-Monte JE, Brown ML, Shah AN, et al. Parathyroid adenomas: Accurate detection and localization with Tc-99m sestamibi SPECT. *Radiology* 1996;201:85-91.
24. Civelek AC, Ozalp E, Donovan P, Udelsman R. Prospective evaluation of delayed technetium-99m sestamibi SPECT scintigraphy for preoperative localization of primary hyperparathyroidism. *Surgery* 2002;131:149-157.
25. Lorberboym M, Minski I, Macadzib S, Nikolov G, Schachter P. Incremental diagnostic value of preoperative 99mTc-MIBI SPECT in patients with a parathyroid adenoma. *J Nucl Med* 2003;44:904-908.
26. Ho Shon IA, Yan W, Roach PJ, et al. Comparison of pinhole and SPECT 99mTc-MIBI imaging in primary hyperparathyroidism. *Nucl Med Commun* 2008;29:949-955.
27. Spanu A, Falchi A, Manca A, et al. The usefulness of neck pinhole SPECT as a complementary tool to planar scintigraphy in primary and secondary hyperparathyroidism. *J Nucl Med* 2004;45:40-48.
28. Neumann DR, Obuchowski NA, Difilippo FP. Preoperative 123I/99mTc-sestamibi subtraction SPECT and SPECT/CT in primary hyperparathyroidism. *J Nucl Med* 2008;49:2012-2017.
29. Hindie´ E, Zanotti-Fregonara P, Tabarin A, et al. The role of radionuclide imaging in the surgical management of primary hyperparathyroidism. *J Nucl Med* 2015;56:737-744
30. Krausz Y, Bettman L, Guralnik L, et al. Technetium-99m-MIBI SPECT/CT in primary hyperparathyroidism. *World J Surg* 2006;30:76-83.
31. Rubello D, Casara D, Fiore D, Muzzio P, Zonzin G, Shapito B. An ectopic mediastinal parathyroid adenoma accurately located by a single-day imaging protocol of Tc-99m pertechnetate-MIBI subtraction scintigraphy and MIBI-SPECT-computed tomographic image fusion. *Clin Nucl Med* 2002;27:186-190.
32. Gayed IW, Kim EE, Broussard WF, et al. The value of 99mTc-sestamibi SPECT/CT over conventional SPECT in the evaluation of parathyroid adenomas or hyperplasia. *J Nucl Med* 2005;46:248-252.
33. Wong KK, Fig LM, Gross MD, Dwamena BA. Parathyroid adenoma localization with 99mTc-sestamibi SPECT/CT: A meta-analysis. *Nucl Med Commun* 2015;36:363-375.
34. Treglia G, Sadeghi R, Schalin-Jäntti C, et al. Detection rate of 99m Tc-MIBI single photon emission computed tomography (SPECT)/CT in preoperative planning for patients with primary hyperparathyroidism: A meta-analysis. *Head Neck* 2015;doi: 10.1002/hed.24027.
35. Wei WJ, Shen CT, Song HJ, Qiu ZL, Luo QY. Comparison of SPET/CT, SPET and planar imaging using 99mTc-MIBI as independent techniques to support minimally invasive parathyroidectomy in primary hyperparathyroidism: A meta-analysis. *Hell J Nucl Med* 2015;18:127-135.

36. Cheung K, Wang TS, Farrokhyar F, Roman SA, Sosa JA. A meta-analysis of preoperative localization techniques for patients with primary hyperparathyroidism. *Ann Surg Oncol* 2012;19:577-583.
37. Harris L, Yoo J, Driedger A, et al. Accuracy of technetium-99m SPECT-CT hybrid images in predicting the precise intraoperative anatomical location of parathyroid adenomas. *Head Neck* 2008;30:509-517.
38. Pata G, Casella C, Magri GC, et al. Financial and clinical implications of low-energy CT combined with 99m Technetium-sestamibi SPECT for primary hyperparathyroidism. *Ann Surg Oncol* 2011;18:2555-2563.
39. Lai EC, Ching AS, Leong HT. Secondary and tertiary hyperparathyroidism: Role of preoperative localization. *ANZ J Surg* 2007;77:880-882.
40. Caldarella C, Treglia G, Pontecorvi A, Giordano A. Diagnostic performance of planar scintigraphy using 99mTc-MIBI in patients with secondary hyperparathyroidism: a meta-analysis. *Ann Nucl Med* 2012;26:794-803.
41. Zhen L, Li H, Liu X, Ge BH, Yan J, Yang J. The application of SPECT/CT for preoperative planning in patients with secondary hyperparathyroidism. *Nucl Med Commun* 2013;34:439-444.
42. Taieb D, Ureña-Torres P, Zanotti-Fregonara P, et al. Parathyroid scintigraphy in renal hyperparathyroidism: The added diagnostic value of SPECT and SPECT/CT. *Clin Nucl Med* 2013;38:630-635.
43. Yuana LL, Kan Y, Ma DQ, Yanga JG. Combined application of ultrasound and SPECT/CT has incremental value in detecting parathyroid tissue in SHPT patients. *Diagn Interv Imaging* 2016;97:219-225.
44. Pata G, Casella C, Besuzio S, Mittempergher F, Salerni B. Clinical appraisal of 99mtechnetium-sestamibi SPECT/CT compared to conventional SPECT in patients with primary hyperparathyroidism and concomitant nodular goiter. *Thyroid* 2010;20:1121-1127.
45. Shafiei B, Hoseinzadeh S, Fotouhi F, et al. Preoperative ^{99m}Tc-sestamibi scintigraphy in patients with primary hyperparathyroidism and concomitant nodular goiter: comparison of SPECT-CT, SPECT, and planar imaging. *Nucl Med Commun*. 2012;33:1070-1076.



Tek Foton Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi ve Pediyatrik Uygulamalar

Single Photon Emission Computed Tomography/Computed Tomography in Pediatrics

Feyza Şen¹, Fuat Dede², Sabahat İnanır²

¹Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye

²Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Öz

Erişkin hasta grubunda spesifik tanıya ve tedavi yönetimine önemli katkıda bulunan tek foton emisyon tomografisi/bilgisayarlı tomografi (SPECT/BT) hibrit görüntüleme sistemleri pediyatrik klinik uygulamalarda yaygın kullanım alanı bulamamaktadır. En önemli kısıtlayıcı faktör radyasyon dozudur. İyonizan radyasyonun zararlı etkilerine yetişkinlere göre daha duyarlı olan pediyatrik hastalarda SPECT/BT uygulaması için doğru gerekçelendirme yapılarak doz hususunda "ALARA" prensibine olabildiğince bağlı kalınması ve optimum BT parametrelerinin sağlanması gerekmektedir. Bu derlemede başlıca onkolojik ve onkoloji-dışı klinik SPECT/BT uygulamaları literatürde mevcut az sayıda çalışma ve olgu sunumu eşliğinde özetlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Çocuk, ergen, SPECT/BT, pediyatri, nöroblastom

Abstract

Although single-photon emission computed tomography/computed tomography (SPECT/CT) hybrid imaging systems added a significant clinical contribution to patient management regarding specific diagnosis in adults, it has not found widespread use in pediatric clinical applications, yet. The most important limiting factor is the radiation dose. Children are known to be much more sensitive to the harmful effects of ionizing radiation than adults. Thus, for SPECT/CT evaluation, accurate justification, strict adherence to "ALARA" principle, and assurance of optimized CT parameters for pediatric age is required. In this review article, major oncologic and non-oncologic clinical applications are summarized in view of limited number of papers and case reports in the literature.

Keywords: Children, adolescent, SPECT/CT, pediatrics, neuroblastoma

Giriş

Görüntüleme sistemleri ile daha spesifik tanıya gidilebilmesi için artan klinik talep, fonksiyonel ve anatomik bilgiyi eş zamanlı sunabilen tek foton emisyon bilgisayarlı tomografi/bilgisayarlı tomografi (SPECT/BT) gibi hibrit cihazların gelişmesine olanak sağlamıştır. Ülkemizde son yıllarda kullanımı giderek artan bu sistemler sayesinde, konvansiyonel nükleer

tıp çalışmalarının "yumuşak karnı" olarak görülen lezyonun doğru lokalize edilebilmesindeki sorunların da artık aşıldığı söylenebilir. Kardiyovasküler, solunum ve kas-iskelet sistemi rahatsızlıkları, endokrin-nöroendokrin hastalıklar, sentinel lenf nodu görüntüleme, enfeksiyon/enflamasyon gibi onkoloji-dışı ve onkolojik çok çeşitli endikasyonlarda kullanım imkanı olan SPECT/BT sistemleri, klinik pratikte özellikle erişkin hasta yönetimine önemli

Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Feyza Şen, Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye

E-posta: drfeyzasen@yahoo.com

© Nükleer Tıp Seminerleri, Galenos Yayınevi tarafından basılmıştır. / © Nuclear Medicine Seminars, published by Galenos Publishing.

katkıda bulunmaktadır. Buna rağmen pediatrik grupta radyasyon dozu, klinik kullanımdaki en önemli kısıtlayıcı faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Konvansiyonel SPECT görüntüleme için verilen eser miktardaki radyofarmasotüğün yanı sıra BT bileşeninin getirmiş olduğu ek radyasyon dozu maruziyeti klinik uygulamada çekinceli bir yaklaşıma neden olmaktadır. Muhtemelen bu çekince nedeniyedir ki literatürde özel olarak pediatrik gruba yönelik az sayıda ve küçük hasta popülasyonlarının değerlendirildiği çalışmaya rastlanmaktadır ve bunların bir kısmını da olgu sunumları oluşturmaktadır. Pediatrik ve adolesan yaş grubunu seriye dahil eden, ancak sayı azlığı nedeniyle ayrı bir alt grup halinde değerlendiremeyen, SPECT/BT çalışmaları çoğunluktadır. Çocuklarda hızla gelişmekte olan dokuların yetişkinlere göre iyonizan radyasyonun zararlı etkilerine daha hassas olduğu bilinmektedir (1,2). Bu nedenle, "ALARA" (as low as reasonably achievable) prensibine bağlı kalınarak radyasyon maruziyetinin düşürülmesi yoluna gidilmelidir. Ayrıca SPECT/BT uygulaması öncesi endikasyonun iyi belirlenmesi ve doğru gerekçelendirilmesi de çok önemlidir (3). Son yıllarda pediatrik görüntüleme "Image gently" sloganıyla pediatrik olgularda doz konusunda hassas olunmasının önemi vurgulanmakta olup kılavuzlarda bu amaçla pediatrik düşük doz protokolleri belirlenmiştir (4,5,6,7,8).

Görüntüleme Tekniği

Günümüz SPECT/BT sistemlerinde BT bileşeni, çoğunlukla tanısız olmayan amaçla yani anatomik olarak lezyonun yerini tanımlama ve atenuasyon düzeltilmesi yapılmasına yönelik gerçekleştirilmekte ve sıklıkla kontrastsız olarak yapılmaktadır. Cihazların çoğu bu amaca hizmet eder şekilde ve düşük doz olarak tanımlanan sistemlerdir. Tanısız BT uygulamasına olanak tanıyan ve maruz kalınan radyasyon dozunun daha yüksek olduğu SPECT/BT sistemleri de mevcut olup kontrastlı veya kontrastsız görüntüleme yapılabilmektedir (9). Kontrast uygulanacaksa çocukta kontrast alerjisi varlığı sorgulanmalı ve böbrek fonksiyonunu yansıtan veriler önceden değerlendirilmelidir. Pediatrik hastalarda, radyasyon dozunu etkileyen en önemli BT parametreleri; tüp akımı (miliamper, mAs), tüp voltajı (kilovoltaj pik, kVp), gantry rotasyon süresi (saniye, sn) ve pitch (360 derece rotasyon süresince olan masa hareket miktarının nominal kesit kalınlığına oranı) olarak sayılabilir (1). Özellikle tüp akımının radyasyon dozu ve görüntüdeki gürültüye etkisi büyüktür. Tüp akımı arttırılınca radyasyon dozu da artmakta, tüp akımı düşürülürse bu kez de istenmeyen gürültü artmaktadır.

Hedef, görüntü kalitesi için kabul edilebilir gürültü seviyesinde ve minimal radyasyon dozunda tüp akımı sağlanmasıdır. SPECT/BT cihazlarında tanısız olsun veya olmasın BT'deki radyasyon maruziyetini azaltmak için veri işleme esnasında tüp akımı modülasyonu uygulanmalıdır. Modern çokdedektörlü BT cihazlarında vücut geometrisi ve vücut bölgesinin yoğunluğu ile ilişkili olarak "otomatik tüp akım modülasyonu" ayarlaması yapılabilmektedir (10). Kilo, boy, vücut bölgesi gibi özelliklere göre optimize edilmeye çalışılsa da bu konuda universal kabul edilebilir ayarlar henüz oluşmamıştır (11). Tüp voltajı için ≤ 45 kg'ın altındaki çocuklarda 80-100 kVp genellikle yeterli kabul edilmektedir (1). Optimal görüntü rezolüsyonu için 0,5 saniyelik rotasyon süresi önerilmekle birlikte bu süre cihaza göre değişebilmektedir (10,11). Genelde pitch değeri 1-1,5 olarak belirlenmiştir, pitch artarsa doz ve uzaysal çözünürlük azalmaktadır (10). SPECT/BT görüntüleri, endikasyona göre uygun ilgi alanı önceden belirlenerek elde edilebileceği gibi, ilk sintigrafik görüntüler nükleer tıp uzmanı tarafından değerlendirildikten sonra patolojik aktivite tutulumunun saptandığı ilgi alanından çocuğun pozisyonunda değişiklik olmaksızın ek BT görüntüsü alınabilir.

Klinik Uygulamalar

SPECT/BT, planar sintigrafisi ve tek başına yapılan SPECT ve BT ye göre, lezyonun daha iyi ve kolaylıkla lokalize edilmesine katkı sağlamakta, böylelikle tanısız doğruluğu arttırmakta ve pediatrik görüntüleme tanı ya da takipte maruz kalınması muhtemel başka görüntüleme yöntemleri ile sedasyon işlemlerinin sayısını azaltmaktadır (3) (Şekil 1). Andersen JB ve ark. 15 çocukta (2-17 yaş) planar sintigrafisi ile SPECT/BT'yi çeşitli klinik durumlarda karşılaştırarak SPECT/BT'nin tanısız katkısını retrospektif olarak araştırmışlardır (12). Bu çalışmada osteomyelit, kemik tümörü şüphesi, karsinoid tümör, şüpheli renal infarkt ve Langerhans hücreli histiositoz öntanı/tanılarıyla olgular değerlendirilmiştir. Planar sintigrafisi sonucuna göre hastalar pozitif, negatif, ve nonspesifik (tanı koydurucu nitelikte bulgu göstermeyen) olmak üzere 3 kategoride incelenmiştir. SPECT/BT'nin en çok nonspesifik planar sintigrafisi sonucu olan hastalara olmak üzere, her üç gruba da katkı sağladığı saptanmıştır. SPECT/BT negatif planar sintigrafisi sonucunu konfirme ederek, özellikle onkolojik hastaların tedavi sonrası değerlendirmesinde önemli rol oynamıştır. Planar sintigrafisinin pozitif olarak değerlendirildiği olgularda sintigrafisi ek anatomik ve fonksiyonel bilgi sağladığı değerlendirilmiştir.

Nonspesifik grupta ise lezyonların net olarak lokalize edilmesine ve bir kısmında tutulumların fizyolojik tutulum odağı olarak belirlenmesine olanak sağladığı için SPECT/BT sayesinde bulgular spesifik hale gelmiştir. Bazı patolojik aktivite tutulum odakları ise biyopsiye kılavuzluk etmede spesifik bilgi sağlamıştır.

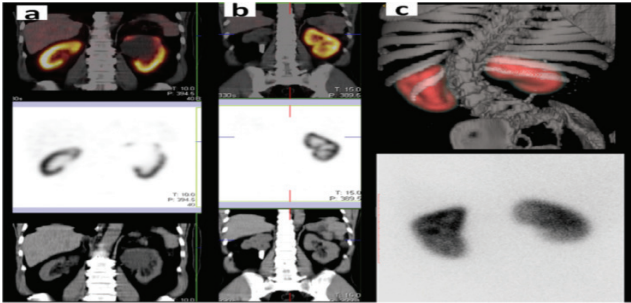
Pediyatrik SPECT/BT endikasyonları temel olarak onkolojik ve onkoloji-dışı şeklinde iki farklı grupta toplanabilir. Onkolojik grupta; sık rastlanan çocukluk çağı tümörlerinden nöroblastomanın I-123 meta-yodobenzilguanidin (MIBG) ile görüntülenmesi ile tiroid kanserli çocuklarda cerrahi sonrası görüntüleme SPECT/BT kullanımı yaygınlaşırken, kemik sintigrafisi diğer bir yaygın kullanım alanıdır. Onkoloji-dışı incelemelerin büyük kısmını kas-iskelet sistemi hastalıkları oluşturmakla birlikte SPECT görüntülemenin kullanıldığı diğer benign hadiselerde fayda/zarar oranı dikkate alınarak SPECT/BT uygulanabilir.

Onkolojik Uygulamalar

Nöroblastoma-MIBG

SPECT/BT

Ekstrakranial solid çocukluk çağı tümörlerinden en sık görüleni ve pediyatrik kanser ölümlerinin



Şekil 1. Üç farklı olguya ait statik böbrek sintigrafisi ve SPECT/BT görüntüleri. İdrar yolu enfeksiyonu hikayesi olan ilk olgunun (a) koronal SPECT/BT kesitlerinde sol böbrek üst polde izlenen geniş kortikal defektin, bu bölgedeki büyük kistik lezyona bağlı geliştiği net olarak ayırt edilmektedir. İkinci olguda (b) hidronefrotik sağ böbreğin nonfonksiyonel durumda olduğu ve buna sağ üreter proksimalindeki lümeni tamamen dolduran büyük kalkülün neden olduğu görülmektedir. Üriner enfeksiyon nedeniyle takip edilen spina bifidalı son olguda (c) posterior statik görüntüde izlenen böbreklerin asimetrik görünümüne SPECT/BT Maksimum Intensite Projeksiyon görüntüde spina bifidaya bağlı gelişmiş ileri derecedeki skolyozun neden olduğu net olarak görülmektedir.

üçüncü en sık nedeni, nöral krest kökenli tümör olan nöroblastomdur (3). Sıklıkla adrenal medulla orijinlidir, ancak sempatik zincir boyunca herhangi bir yerden de kaynaklanabilir. Nöroblastomlu bir çocuk adrenal tümör, paraspinal tümör, Horner sendromu, retroperitoneal kitle, karaciğer infiltrasyonu, kemik iliği ve kortikal kemik metastazları ile prezente olabilir (3). Nöroblastomaların %90'ında MIBG tutulumu vardır (13). Noradrenalin analogu olan MIBG, spesifik olarak sempatoadrenal dokuyu değerlendirmek üzere 1980'li yıllarda geliştirilen ve o dönemde I-131 ile işaretlenen bir radyofarmasotiktir (14). Pediyatrik grupta I-131 MIBG'ye göre I-123 MIBG özellikle tercih nedenidir, çünkü primer görüntüleme fotonu daha düşük enerjilidir, beta partikül emisyonu yoktur, yarı ömrü kısadır (13,2 saat), bu nedenlerle maruz kalınan radyasyon dozu daha düşüktür (15). Üstelik uygun dozimetrik özellikleri nedeniyle daha yüksek aktivitede verilebildiği için SPECT ve SPECT/BT görüntülemeye olanak sağlamaktadır. Görüntüleme protokolü enjeksiyon sonrası 24. saatte tüm vücut tarama görüntüleri ve buna ek olarak alınan SPECT/BT görüntülemeyi içermektedir. Değişik dokularda fizyolojik olarak adrenerjik innervasyon ya da katekolamin ekskresyonuna bağlı tutulum olabilir. En yüksek düzeyde karaciğerde tutulum izlenirken dalak, akciğer, miyokard, iskelet kasları, tükürük bezleri daha düşük oranda izlenebilir. Tüm vücut sintigrafie ek olarak alınan SPECT/BT ile tanısal etkinlik artırılmaktadır (13). Karaciğer veya kalp gibi fizyolojik ve yoğun aktivite tutan organlara komşu olup SPECT ile tanınması güç lezyonları değerlendirmede uygulanabilmektedir (Şekil 2) (16,17). Nadel ve ekibi, altı yıl içerisinde 44 çocuk ve 156 SPECT/BT'den oluşan serilerinde, pediyatrik doza optimize edilmiş SPECT/BT görüntülemeyi, nöroblastomun ilk tanısında ve yeniden evrelendirilmesinde rutin olarak uygulamışlardır. SPECT/BT'nin evrelendirmeye katkısının %29 oranında olduğu bildirilmiştir (3).

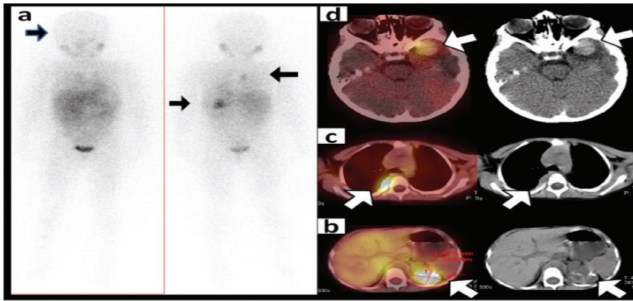
Tiroid Kanseri

Pediyatrik tiroid kanserlerinin insidansının arttığı yaş aralığı 15-18 yaş dönemidir (3). Pediyatrik grupta en sık görülen histolojik tip papiller tiroid kanseridir. Tanı anında lokal lenf nodu yayılımı çoğu çocukta sık rastlanan bir bulgudur. Çocuklarda yetişkinlere göre rekürrens daha siktir, ancak tedavi sonrası prognoz oldukça iyidir. Uzak metastaz, olguların %10-20'sinde görülür ve sıklıkla akciğerdedir. Kim HY ve arkadaşlarının papiller tiroid kanserli yaşları 6 ila 17 arasında değişen 13 çocuğu total tiroidektomi sonrası ilk değerlendirmede, takiplerde ve I-131 tedavisi sonrası

olmak üzere toplam 20 SPECT/BT görüntülemesiyle değerlendirdikleri çalışmalarında SPECT/BT'nin planar sintigrafiye katkısı araştırılmıştır (18). SPECT/BT'nin 7'si I-123, 13 tanesi I-131 ile yapılmıştır ve sadece 7 tanesinde lokalizasyon amaçlı, diğerlerinde tanisal BT uygulanmıştır. Boyunda izlenen aktiviteyi SPECT/BT'nin anatomik olarak net bir şekilde konumlandığı ve tutulum odaklarından bazılarını tiroglossal dukt remnantı veya deri kontaminasyonu gibi benign bulgu olarak tanımlayabildiği saptanmıştır. Ayrıca iki çocukta tedavinin I-131 ile yapılmaması hususunda tedavi yönetimini etkilemiştir. Tiroidektomiler teorik olarak total uygulanmasına rağmen, değişken derecelerde rezidüel doku kalabilmekte ve buna yönelik uygulanan radyoyot ablasyon sonrası tüm vücut tarama görüntülerinde rezidüel dokudaki iyot tutulumu servikal lenf nodu evrelemesini etkilemektedir. SPECT/BT'nin nodal evrelemeye %35 civarında katkı sağladığı bulunan bir başka çalışmada da hastalar 45 yaş altı ve üstü olarak iki gruba ayrılmıştır (19). Bu çalışmada adölesan yaş grubunda hastalar var olmakla birlikte ayrı bir grup olarak değerlendirme yapılmadığı görülmektedir.

Sentinel Lenf Nodu

Yetişkinlerde özellikle meme kanseri ve melanomda sentinel lenf nodu tayininde SPECT/BT'nin kullanıldığı çok sayıda çalışma bildirilmekle birlikte literatürde



Şekil 2. Dört yaşında, nöroblastom tanılı kız çocuğu. Tüm vücut I-123 MIBG tarama görüntülerinde (a), SPECT/BT sol sürrenal gland lojundaki kalsifiye primer kitle (b) ile mid dorsal alandaki sağ paravertebral yumuşak doku kitlesinde (c) kolaylıkla ayırt edilebilen MIBG tutulumları izlenmektedir. Bununla birlikte serebral bölgede sol temporal lobda (d) SPECT/BT'de net olarak izlenen MIBG tutulumu gösteren metastatik odağın tüm vücut görüntülerinde komşu fizyolojik tutulum sahaları nedeniyle kolaylıkla ayırt edilemediği dikkati çekmektedir.

pediyatrik grupta böyle bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak baş boyun bölgesinin melanomlarında adölesan yaşın da hasta grubuna dahil edildiği bir çalışmada SPECT/BT sentinel lenf nodunu doğrulukla değerlendirmiş ve lokalize etmiştir (20).

Onkoloji Dışı Uygulamalar

Kemik sintigrafisi pediyatrik kas iskelet sistemi rahatsızlıklarında sıklıkla kullanılan duyarlılığı yüksek bir görüntüleme yöntemidir. Seçilmiş pediyatrik vakalarda SPECT/BT'nin kullanımı ek olarak verdiği anatomik bilgi nedeniyle daha spesifik ve daha doğru tanıya gidilmesine katkı sağlamaktadır. Potansiyel uygulamalar, adölesanlarda spor yaralanmaları ve açıklanamayan sırt ağrılarının değerlendirilmesi, konjenital vertebra füzyon anomalileri, spondilolizis şüphesinin değerlendirilmesi olarak sayılabilir (21,22,23,24,25). Hasta anamnezi ve klinik ön tanı nedeniyle direkt olarak el, ayak, vertebra gibi bir bölgenin değerlendirilmesi için SPECT/BT istemi yapılabileceği gibi nükleer tıp uzmanının kemik sintigrafisindeki anormal bir bulguyu aydınlatma isteğine bağlı ilgi alanı seçilerek ek BT uygulanabilir. Gelişimsel nöroanomalisi olan ve çekim süresince hareket etme potansiyeli fazla olan çocuklarda çekim öncesi sedasyon gerekebilir. Femur başı osteonekrozunda, yaşları 13 ila 22 arasındaki 9 adölesanda serbest vaskülarize fibuler greft sonrası femur başı canlılığını değerlendiren prospektif bir çalışmada, cerrahi sonrası 2. hafta ve 6. ayda kemik sintigrafisi ve SPECT/BT uygulanmıştır (26). Tüm hastalarda femur başında canlılık lehine progressif uptake artışı izlenmiş olup takiplerde hiçbir hastada femur başında deformasyon saptanmamıştır.

Literatürde SPECT/BT'nin; hepatik hemanjiomların değerlendirilmesinde, gastrointestinal sistem kaynaklı kanamanın yerinin tam olarak lokalize edilmesi ve cerrahi yönetiminde, şilotoraksta lenfatik kaçağı değerlendirmede ve Meckel sintigrafisinde tanisal doğruluğu arttırdığına dair olgu sunumları bildirilmiştir (27,28,29,30). Ayrıca pediyatrik renal displazili bir olguda küçük ektopik böbreğin SPECT/BT ile tam olarak lokalize edildiğine ve bu bilgi ışığında laparoskopik gama prob kılavuzluğunda cerrahi olarak çıkarıldığına dair bir vaka da tanımlanmıştır (31).

Sonuç

Pediyatrik yaş grubu özel bir hasta grubu olup,

hızla gelişmekte olan dokuların iyonizan radyasyonun zararlı etkilerine oldukça hassas olduğu bilinmektedir. Görüntüleme radyasyon dozu en önemli kısıtlayıcı faktördür. Bu açıdan SPECT/BT ancak doğru gereçlendirme ve düşük doz BT protokolü ile radyasyon dozu optimize edildiği takdirde, seçilmiş pediyatrik olgularda güvenli şekilde uygulanabilecek bir görüntüleme yöntemidir. Hibrit görüntüleme teknolojisi sayesinde SPECT görüntülerinden elde edilen fonksiyonel bilgiye BT'nin entegrasyonu, lezyonun anatomik olarak net konumlandırılmasını, tek seansta daha spesifik tanıya gidilmesini ve seçilmiş olgularda cerrahi girişime kılavuzluk ederek hasta yönetimine katkı sağlamaktadır.

Çıkar Çatışması: Yazarlar bu makale ile ilgili olarak herhangi bir çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Çalışmamız için hiçbir kurum ya da kişiden finansal destek alınmamıştır.

Kaynaklar

- McCarville MB. Imaging techniques used in the diagnosis of pediatric tumors. In: Parham DM, Khoury JD, McCarville MB, editors. Pediatric malignancies: Pathology and imaging. 2nd. New York: SpringerScience; 2015; s. 7-18.
- Hall EJ. Lessons we have learned from our children: cancer risks from diagnostic radiology. *Pediatr Radiol* 2002;32:700-706.
- Nadel HR. SPECT/CT in pediatric patient management. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2014;41(Suppl 1):104-114.
- Goske MJ, Applegate KE, Boylan J, et al. The 'Image Gently' campaign: Increasing CT radiation dose awareness through a national education and awareness program. *Pediatr Radiol* 2008;38:265-269.
- Jafari ME, Daus AM. Applying Image Gently SM and Image Wisely SM in nuclear medicine. *Health Phys* 2013;104(Suppl 1):31-36.
- Gelfand MJ. Dose reduction in pediatric hybrid and planar imaging. *Q J Nucl Med Mol Imaging* 2010;54:379-388.
- Gelfand MJ, Parisi MT, Treves ST; Pediatric Nuclear Medicine Dose Reduction Workgroup. Pediatric radiopharmaceutical administered doses: 2010 North American consensus guidelines. *J Nucl Med* 2011;52:318-322.
- Lassmann M, Treves ST; EANM/SNMMI Paediatric Dosage Harmonization Working Group. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2014;41:1036-1041.
- Bozkurt MF, Demir H, Şanlı Y, ve ark. TNTD, tümör görüntüleme SPECT/BT hibrit görüntüleme uygulama kılavuzu. *Nucl Med Semin* 2015;1:57-61.
- Granata C, Magnano G. Computerized tomography in pediatric oncology. *Eur J Radiol* 2013;82:1098-1107.
- Nievelstein RA, van Dam IM, van der Molen AJ. Multidetector CT in children: current concepts and dose reduction strategies. *Pediatr Radiol* 2010;40:1324-1344.
- Andersen JB, Mortensen J, Bech BH, Højgaard L, Borgwardt L. First experiences from Copenhagen with paediatric single photon emission computed tomography/computed tomography. *Nucl Med Commun* 2011;32:356-362.
- Sharp SE, Trout AT, Weiss BD, Gelfand MJ. MIBG in Neuroblastoma diagnostic imaging and therapy. *Radiographics* 2016;36:258-278.
- Nakajo M, Shapiro B, Copp J, et al. The normal and abnormal distribution of the adrenomedullary imaging agent m-[I-131] iodobenzylguanidine (I-131 MIBG) in man: evaluation by scintigraphy. *J Nucl Med* 1983;24:672-682.
- Gedik GK, Aksoy T, Aydın F, ve ark. TNTD, çocuklarda radioiyodin MIBG sintigrafisi uygulama kılavuzu 2.0. *Nucl Med Semin* 2015;1:50-56.
- Krausz Y, Israel O. Single-photon emission computed tomography/computed tomography in endocrinology. *Semin Nucl Med* 2006;36:267-274.
- Mariani G, Bruselli L, Kuwert T, et al. A review on the clinical uses of SPECT/CT. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2010;37:1959-1985.
- Kim HY, Gelfand MJ, Sharp SE. SPECT/CT imaging in children with papillary thyroid carcinoma. *Pediatr Radiol* 2011;41:1008-1012.
- Schmidt D, Szikszai A, Linke R, Bautz W, Kuwert T. Impact of 131I SPECT/spiral CT on nodal staging of differentiated thyroid carcinoma at the first radioablation. *J Nucl Med* 2009;50:18-23.
- Klode J, Poeppel T, Boy C, et al. Advantages of preoperative hybrid SPECT/CT in detection of sentinel lymph nodes in cutaneous head and neck malignancies. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 2011;25:1213-1221.
- Shammas A. Nuclear medicine imaging of the pediatric musculoskeletal system. *Semin Musculoskelet Radiol* 2009;13:159-180.
- Horger M, Bares R. The role of single-photon emission computed tomography/computed tomography in benign and malignant bone disease. *Semin Nucl Med* 2006;36:286-294.
- Nadel HR. Pediatric bone scintigraphy update. *Semin Nucl Med* 2010;40:31-40.
- Trout AT, Sharp SE, Anton CG, Gelfand MJ, Mehlman CT. Spondylolysis and beyond: Value of SPECT/CT in evaluation of low back pain in children and young adults. *Radiographics* 2015;35:819-834.
- Yang J, Servaes S, Edwards K, Zhuang H. Prevalence of stress reaction in the pars interarticularis in pediatric patients with new-onset lower back pain. *Clin Nucl Med* 2013;38:110-114.
- Fontecha CG, Roca I, Barber I, et al. Femoral head bone viability after free vascularized fibular grafting for osteonecrosis: SPECT/CT study. *Microsurgery* 2015. Doi: 10.1002/micr.22452.

27. Roy SG, Karunanithi S, Agarwal KK, Bal C, Kumar R. Importance of SPECT/CT in detecting multiple hemangiomas on 99mTc-labeled RBC blood pool scintigraphy. *Clin Nucl Med* 2015;40:345-346.
28. Haghigatafshar M, Gheisari F, Ghaedian T. Importance of heparin provocation and SPECT/CT in detecting obscure gastrointestinal bleeding on 99mTc-RBC scintigraphy: a case report. *Medicine (Baltimore)* 2015;94:1325.
29. Yang J, Codreanu I, Zhuang H. Minimal lymphatic leakage in an infant with chylothorax detected by lymphoscintigraphy SPECT/CT. *Pediatrics* 2014;134:606-610.
30. Papathanassiou D, Liehn JC, Men eroux B, et al. SPECT-CT of Meckel diverticulum. *Clin Nucl Med* 2007;32:218-220.
31. Familiari D, Di Franco D, Cacciaguerra S, Ruggeri A, Russo S, Fornito MC. Potential usefulness of 99mTc-DMSA for radio-guided surgery in pediatric renal dysplasia. *Clin Nucl Med* 2016;41:107-110.