



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

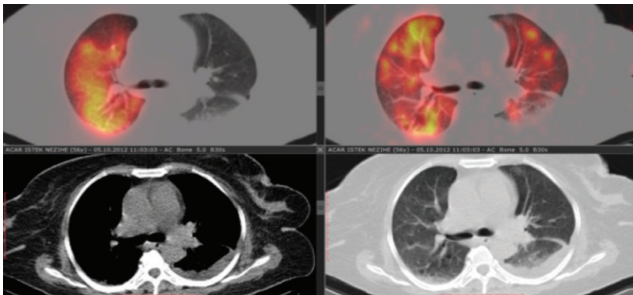
SPECT/BT işleminin SPECT bileşeni kılavuzlarda tanımlanmış protokollere göre gerçekleştirilir (6). BT bileşeninde güncel kullanımda olan sistemlerin çoğunda atenüasyon düzeltmesi ve anatomik lokalizasyon amaçlı BT uygulanmakla birlikte tanısal BT uygulamasına elverişli olan sistemlerde kontrastlı veya 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, özgülülüğünü 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.