

# Soliter Pulmoner Lezyonların Değerlendirilmesinde Atenüasyon Düzeltilmiş ve Düzeltilmemiş Pozitron Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinin SUVmax Değerleri ile Karşılaştırılması

Gökhan Şahutoğlu\*, Zehra Yeğinil, Hasan İkbâl Atılğan

DOI: 10.17944/mkutfd.766618

**Gökhan Şahutoğlu:** Uzm. Sađl. Fiz., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Hatay  
Email: gkhan\_sahut@hotmail.com  
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2239-8940>

**Zehra Yeğinil:** Prof. Dr., Çukurova Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Adana  
Email: zehra.yeginil@gmail.com  
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-7408-847X>

**Hasan İkbâl Atılğan:** Doç. Dr., Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, Hatay  
Email: hiatilgan@yahoo.com  
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4086-1596>

## Bildirimler/Acknowledgement

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author

## Çıkar Çatışması/Conflict of Interest

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir çıkar çatışması bildirmemişlerdir.  
The authors declare that they have no conflict of interests regarding content of this article.

## Maddi Destek/Financial Support

Yazarlar bu makale ile ilgili herhangi bir finansal destek bildirmemişlerdir.  
The Authors report no financial support regarding content of this article.

## Etik Beyan/Ethical Declaration

Bu çalışma için Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan 14.02.2020 tarih ve 68 karar numaralı yazı ile izin alınmış olup Helsinki Bildirgesi kriterleri göz önünde bulundurulmuştur.

Ethical approval was obtained from Çukurova University Clinical Research Ethical Committee with date 14.02.2020 and decision number 68, and Helsinki Declaration rules were followed to conduct this study.

**Geliş/Received:** 10.06.2020

**Düzeltilme/Revised:** 19.08.2020

**Kabul/Accepted:** 05.09.2020

e-ISSN: 2149-3103

Web: <http://dergipark.org.tr/mkutfd>

## Öz

*Soliter Pulmoner Lezyonların Değerlendirilmesinde Atenüasyon Düzeltilmiş ve Düzeltilmemiş Pozitron Emisyon Tomografisi/Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinin SUVmax Değerleri ile Karşılaştırılması*

**Amaç:** Soliter pulmoner nodüllerin karakterizasyonunda radyolojik görüntülemenin değerlendirme zorlukları, PET/BT'ye ihtiyaç duyulmasına neden olmuştur. PET/BT'de semikantitatif analizin yanında atenüasyon düzeltmeli ve düzeltilmesiz görüntülerin vizüel değerlendirmesi de yapılabilmektedir. Bu çalışmada soliter pulmoner lezyonların karakterizasyonunda farklı PET/BT değerlendirme yöntemlerinin patolojik tanı ile uyumluluğuna bakmayı amaçladık.

**Gereç ve Yöntem:** Akciğerinde 1 cm ve üstü lezyon saptanan ve metabolik karakterizasyon için PET/BT çekimine gelen hastalar dahil edildi. Akciğer lezyonları atenüasyon düzeltmeli ve atenüasyon düzeltilmesiz görüntülerinde vizüel ve SUVmax değeri ile semikantitatif olarak değerlendirildi. Her görüntü değerlendirme yönteminin sensitivitesini, spesifitesini, doğruluğunu, negatif öngörme değerini ve pozitif öngörme değerini inceledik ve bunların patolojik tanı ile uyumluluğuna baktık.

**Bulgular:** Malign lezyonların SUVmax değeri 13,62±9,03, benign lezyonların SUVmax değeri 3,71±3,07 idi. SUVmax eşik değerini 2,5 aldığımızda, sensitivite %100, spesifite %35,7, doğruluk %83,5, pozitif öngörme değeri %81,8 ve negatif öngörme değeri %100 olarak hesaplandı. Vizüel değerlendirmede 1 ve 2 skoru benign, 3 ve 4 skoru malign olarak kabul edildiğinde, atenüasyon düzeltmeli görüntüleme sensitivite %100, spesifite %53,6, doğruluk %81,7, pozitif öngörme değeri %80,2 ve negatif öngörme değeri %100 olarak bulunup, patolojiyle orta düzeyde uyumluluk saptandı. Negatif öngörme değeri görüntüleme sensitivite %100, spesifite %60,7, doğruluk %89,9, pozitif öngörme değeri %88 ve negatif öngörme değeri %100 olarak bulunup, patolojiyle iyi düzeyde uyumluluk saptandı.

**Sonuç:** Pulmoner lezyonların değerlendirilmesinde SUVmax değerinin yanında atenüasyon düzeltmeli ve atenüasyon düzeltilmesiz görüntüler de incelenmelidir.

**Anahtar Kelimeler:** Soliter Pulmoner Nodül, Pozitron Emisyon Tomografi Bilgisayarlı Tomografi, Atenüasyon Düzeltmesi

## Abstract

*Comparison of Attenuation Corrected and Non-Attenuation Corrected Positron Emission Tomography/Computed Tomography Images with SUVmax Values in The Evaluation of Solitary Pulmonary Lesions*

**Objective:** The difficulties in the evaluation of radiological imaging in the characterization of solitary pulmonary nodules caused the need of PET/CT. In PET/CT, visual analysis of attenuation corrected, and non-attenuation corrected images can be made besides semiquantitative analysis. In this study, we aimed to evaluate the compatibility of different PET/CT evaluation methods with pathological diagnosis in the characterization of solitary pulmonary lesions.

**Material and Method:** Patients with lesions of 1 cm or more in the lung and who admitted to the PET/CT for metabolic characterization were included. Lung lesions were evaluated visually on attenuation corrected and non-attenuation corrected images and semiquantitatively with SUVmax value. We examined the sensitivity, specificity, accuracy, negative predictive value and positive predictive value of each image evaluation method and evaluated their compatibility with pathological diagnosis.

**Results:** The SUVmax of malignant lesions was 13.62 ± 9.03 and the SUVmax of benign lesions was 3.71 ± 3.07. When we got the SUVmax threshold value of 2.5, sensitivity was calculated as 100%, specificity 35.7%, accuracy 83.5%, positive predictive value 81.8% and negative predictive value 100%. In the visual evaluation, when 1 and 2 scores are considered as benign, 3 and 4 scores are considered as malignant, sensitivity in attenuation corrected imaging is 100%, specificity 53.6%, accuracy 81.7%, positive predictive value 80.2% and negative predictive value 100%, and moderate agreement with pathology. In non-attenuation corrected imaging, sensitivity was 100%, specificity 60.7%, accuracy 89.9%, positive predictive value 88% and negative predictive value 100%, and substantial agreement with pathology was found.

**Conclusion:** In the evaluation of pulmonary lesions, besides SUVmax value, attenuation corrected, and non-attenuation corrected images should also be examined.

**Keywords:** Solitary Pulmonary Nodule, Positron Emission Tomography Computed Tomography, Attenuation Correction

## 1. GİRİŞ

Soliter pulmoner nodül (SPN) çevresi normal akciğer dokusuyla net ayrılabilen 3 cm'den küçük, tek, yuvarlak dansite artışı gösteren, beraberinde lenfadenopati veya atelektazi eşlik etmeyen lezyon olarak tanımlanır (1). SPN görülme sıklığının PA akciğer grafilerinde %0,09-0,2 arasında olduğu bildirilmiştir (2). Akciğer kanserlerinin %40-60 oranında bir bulgusu olabileceğinden son derece önem taşımaktadır (1). SPN'li hastalar risk faktörleri ve radyolojik görünümüleriyle değerlendirildiğinde düşük, belirsiz (indetermine) ve yüksek riskli gruba ayrılır (3). Düzgün kenar, kalsifikasyon ve iki yıllık takipte stabil kalma gibi selim radyografik özelliklerin kanseri ekarte etmede her zaman doğru sonuç vermediği, benign ve malign nodüllerin radyolojik özellikler açısından çoğu zaman benzer özellikler taşıyabileceği gösterilmiştir (4). SPN'nin prevalansı direk grafide %2,1 iken, BT'de %17.0 olarak bulunmuştur (5). Sık görülen SPN'lerin benign malign ayrımı önem taşımaktadır.

Radyolojik görüntülemenin benign-malign SPN ayrımındaki değerlendirme zorlukları SPN'li hastalarda radyolojik görüntülemeler yanında PET/BT gibi fonksiyonel görüntüleme metodlarına ihtiyaç duyulmasına neden olmuştur. FDG PET/BT ile yapılan çalışmalar çoğunlukla SPN'ler ile olmakla birlikte, 3 cm'den büyük akciğer lezyonlarının karakterizasyonunda da PET/BT kullanımı ile ilgili çalışmalar vardır (6). Bu çalışmada soliter pulmoner lezyonların değerlendirmesinde PET/BT kullanımını değerlendirdik. PET/BT ile üç görüntü değerlendirme yönteminin (atenüasyon düzeltilmeli ve düzeltilmesiz vizüel değerlendirme ile semikantitatif SUVmax analizi) pulmoner lezyonların değerlendirilmesindeki sensitivitesini, spesifitesini ve doğruluğunu karşılaştırıp, hangi değerlendirme yönteminin üstün olduğunu bulmayı amaçladık.

## 2. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmaya akciğerinde BT'de 1 cm ve üstü lezyon saptanan ve metabolik karakterizasyon için PET/BT çekimine Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi Nükleer Tıp birimine gelen hastalar dahil edildi. Bütün hastaların PET/BT görüntüleri retrospektif olarak incelendi ve görüntüler proseslendi. Proseslenen görüntülerin karşılaştırılmasında altın standart olarak patoloji sonuçları alındı. Patoloji alınmayan hastaların ise en az 18 ay süre ile olan BT takipleri incelenerek boyut büyümesi olmayanlar benign olarak kabul edildi. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Sağlık Araştırma ve Uygulama Hastanesi Nükleer Tıp anabilim dalına akciğerdeki lezyonun metabolik karakterizasyonu endikasyonu ile PET/BT görüntülemesine gönderilen 109 hasta (78 erkek, 31 kadın) çalışmaya dahil edildi. 109 hastanın 81'i malign, 28'i ise benign tanıydı. Malign lezyon tanısı, bütün hastalarda

biyopsi yapılarak patoloji ile konuldu. Benign lezyon tanısı ise 13 hastada patoloji ile konulurken, 15 hastada ise takip BT'lerinde lezyon boyutunun artmaması ile tanı konuldu.

### 2.1. PET Görüntüleme

Akciğerinde BT'de 1 cm ve üstü lezyon saptanan ve metabolik karakterizasyon için PET/BT çekimi için nükleer tıp bölümüne yönlendirilen hastalara öncelikle PET/BT çekimi ve çekim hazırlığı hakkında bilgi verilerek yazılı onamaları alındı. Çekime gelen hastaların en az 6 saat aç kalması sağlandı. F-18 FDG enjeksiyonu öncesi her hastanın açlık kan glukoz düzeyine bakıldı, glukoz düzeyi 180 mg/dl üzerinde olan hastalara enjeksiyon yapılmadı. Hastadan anamnez alınıp vücut ağırlıkları kaydedildi. Hastalara IV damar yolu açılarak 0.15 mCi/kg dozda F-18 FDG enjekte edildi. Hastaların tek kalıp dinlenebileceği radyoaktif hasta bekleme odalarında enjeksiyon yapıldıktan sonra yaklaşık 60 dakika beklenmesinin ardından görüntülemeye alındı.

PET/BT (Biograph mCT 64, Siemens Medical Solutions, Almanya) çekiminde, BT topogramı çekimi sonrasında çekim alanı verteksten uyluk proksimaline kadar olacak şekilde önce BT görüntüsü ve takiben yatak süresi 2 dakika olacak şekilde 5-8 yatak pozisyonu ile PET görüntüleri alındı.

PET/BT görüntülerindeki akciğer lezyonları atenüasyon düzeltilmeli (AC) ve atenüasyon düzeltilmesiz (NAC) görüntülerinde vizüel olarak ve SUVmax değeri ile de kantitatif olarak değerlendirildi. Her görüntü değerlendirme yönteminin sensitivitesini, spesifitesini, doğruluğunu, negatif öngörme değerini (NPV) ve pozitif öngörme değerini (PPV) karşılaştırdık.

Atenüasyon düzeltilmeli görüntülerde, lezyonun FDG tutulum düzeyi mediasten kan havuzu ile vizüel olarak karşılaştırıldı ve 4 üzerinden puanlandı. Puan 1: FDG tutulumunun olmaması, 2: Mediasten kan havuzundan az tutulum olması, 3: Mediasten kan havuzu ile eşit tutulum olması, 4: Mediasten kan havuzundan fazla tutulum olması olarak değerlendirildi. Atenüasyon düzeltilmesiz görüntülerde, lezyonun FDG tutulum düzeyi cilt FDG tutulumu ile vizüel olarak karşılaştırıldı ve 4 üzerinden puanlandı. 1: FDG tutulumunun olmaması, 2: Ciltten az tutulum olması, 3: Cilt ile eşit tutulum olması, 4: Ciltten fazla tutulum olması olarak değerlendirildi. Atenüasyon düzeltilmeli görüntülerden elde edilen SUVmax değeri ise, çekim bilgisayarına hastaya enjekte edilen net doz ve hasta ağırlığı girilince PET/BT işlem bilgisayarı tarafından otomatik olarak elde edildi.  $SUV_{max} = \frac{\text{maksimum doku konsantrasyonu (MBq/g)}}{\text{enjekte edilen doz (MBq) / vücut ağırlığı (gr)}}$  bağıntısı ile işlem bilgisayarı tarafından hesaplandı. Bu değerlerin karşılaştırılacağı altın standart değerimiz daha önceden yapılan çalışmalarda da olduğu gibi, biyopsi yapılan hastalarda patoloji sonuçları, benign düşünülüp biyopsi

yapılmayan hastalarda ise takiplerdeki lezyon boyutunun artmaması olarak kabul edildi (7).

## 2.2. İstatistiksel Değerlendirme

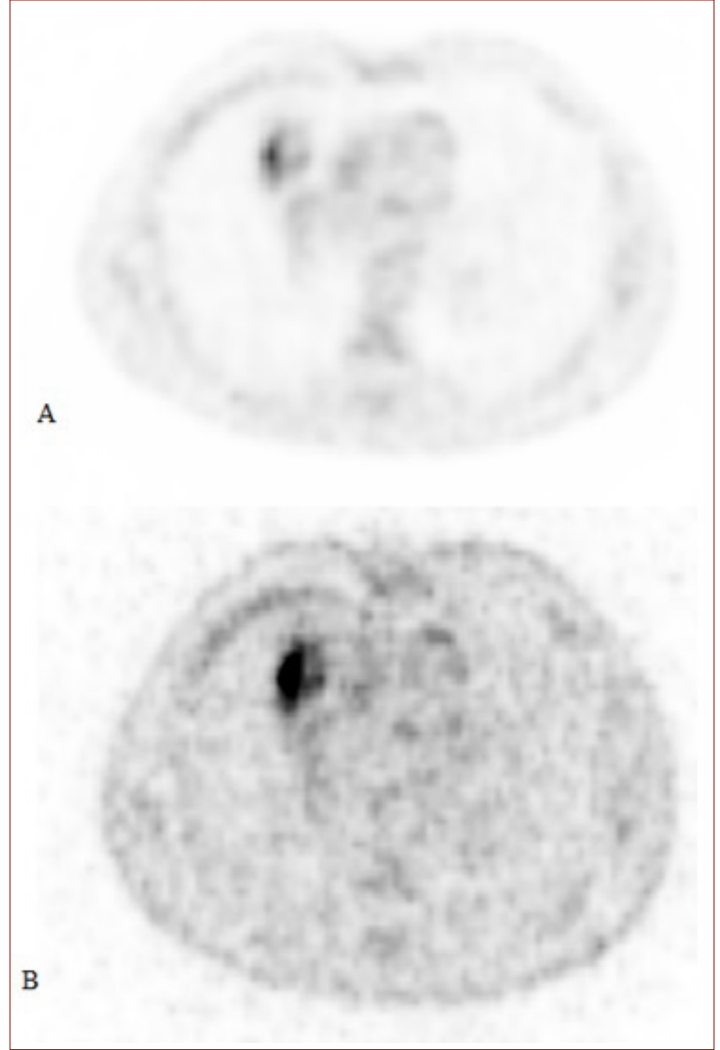
İstatistiksel değerlendirmede SPSS 21.0 programı (SPSS, Inc., Chicago, Illinois, USA) kullanılarak yapıldı. Bu çalışmada SUVmax'ın eşik değeri ve malignite açısından nodül veya lezyon büyüklükleri sırası ile >2,5, >3 ve >3,5 olarak ayrı ayrı sınıflandırılıp, her büyüklük için sensitivite, spesifite, doğruluk, PPV ve NPV değerleri hesaplandı. AC ve NAC görüntülerinde nodül boyutuna göre 1 puan skoru benign, 2, 3 ve 4 puan skoru malign kabul edilen durum için; AC ve NAC görüntülerinde 1, 2 puan skoru benign, 3 ve 4 puan skoru malign kabul edilen durum için ve AC ve NAC görüntülerinde 1,2 ve 3 puan skoru benign, 4 puan skoru malign kabul edilen her görüntüleme için ayrı ayrı sensitivite, spesifite, doğruluk, PPV ve NPV değerlerine bakıldı. Malign ve benign grupların yaş, boyut ve SUVmax değeri gibi sayısal verilerin gruplar arasında farklı olmadığına bakmak için öncelikle normalite testi yapıldı. Normal dağılım gösterenlere student t testi, göstermeyenlere ise Mann-Whitney u testi ile karşılaştırıldı. Analizlerde  $p < 0,05$  anlamlı değer olarak kabul edildi. Gruplar arasında cinsiyet farkının olup olmadığı ki kare testi ile karşılaştırıldı. AC, NAC ve SUVmax eşik değerlerine göre malign-benign ayrımı yapılarak, bu görüntü değerlendirme yöntemlerinin tutarlılığı kappa testi ile yapıldı. Kappa test değerleri 0,01-0,20 arasında ise zayıf uyumlu, 0,21-0,40 arasında ise ortanın altında uyumlu, 0,41-0,60 arasında ise orta düzeyde uyumlu, 0,61-0,80 arasında ise iyi düzeyde uyumlu, 0,81-0,92 arasında ise çok iyi düzeyde uyumlu, 0,93-1 arasında ise mükemmel düzeyde uyumlu olarak yorumlandı.

## Etik Beyan

Bu çalışma için Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan 14.02.2020 tarih ve 68 karar numaralı yazı ile izin alınmış olup Helsinki Bildirgesi kriterleri göz önünde bulundurulmuştur.

## 3. BULGULAR

Çalışmaya dahil edilen 109 hastanın, PET/BT görüntülemesinden sonra yapılan takiplerinde, akciğer lezyonlarının 81'inin malign, 28'inin ise benign olduğu görüldü. Doksan dört hastaya biopsi yapıldı. Biopsi yapılan 94 hastanın 81'i (%86,2) malign iken, 13 (%13,8) hastanın sonucu benign olarak raporlandı. Benign gruptaki diğer 15 hastanın tanısı ise BT takipleri ile konuldu.



**Resim 1.** Benign patoloji tanı 53 yaşındaki erkek hastanın AC görüntüsünde (A) lezyonun mediasten kan havuzundan (4 puan), NAC (B) ciltten daha fazla tutulumu olduğu görülmekte (4 puan) olup SUVmax değeri ise 6,90

Malign lezyonlu hastaların yaş ortalaması  $62.20 \pm 12.27$  yıl (min:21-max:86), benign hastaların yaş ortalaması ise  $59.46 \pm 15.64$  yıl (min:33-max:80) idi. Patoloji sonucuna göre malign ve benign gruplar arasında yaş ( $p=0,347$ ) ve cinsiyet ( $p=0,402$ ) açısından istatistiksel fark yoktu.

Biopsi sonuçlarına göre malign durumda olan 81 hastanın 72'sine küçük hücre dışı akciğer kanseri, 7'sine küçük hücreli akciğer kanseri ve 2'sine ise sarkomatoid tümör tanısı konuldu. Küçük hücre dışı kanserli hastalardan biopsi ile alt sınıflaması yapılabilen 25 hastanın 12'si adenoma, 11'i skuamöz hücreli kanser ve 2'si bronkoalveolar kanser olarak raporlandı.

Malign lezyonların boyutu  $49,63 \pm 25,47$  mm (min:10-max:115) iken benign lezyonların boyutu ise  $23,11 \pm 17,71$  mm (min:10-max:89) olarak bulundu. Malign lezyonların boyutu benign lezyonlardan daha büyüktü ( $p < 0,001$ ).

**Tablo 1.** SUVmax Eşik Değerlerine Göre Hesaplanan Tanısal Performans Değerleri

SUVmax eşik değeri	Sensitivite (%)	Spesifite (%)	Doğruluk (%)	PPV (%)	NPV (%)
SUVmax ≥2,5	100	35,7	83,5	81,8	100
SUVmax ≥3	97,5	50	85,3	84,9	87,5
SUVmax ≥3,5	95,1	64,3	87,2	88,5	81,8

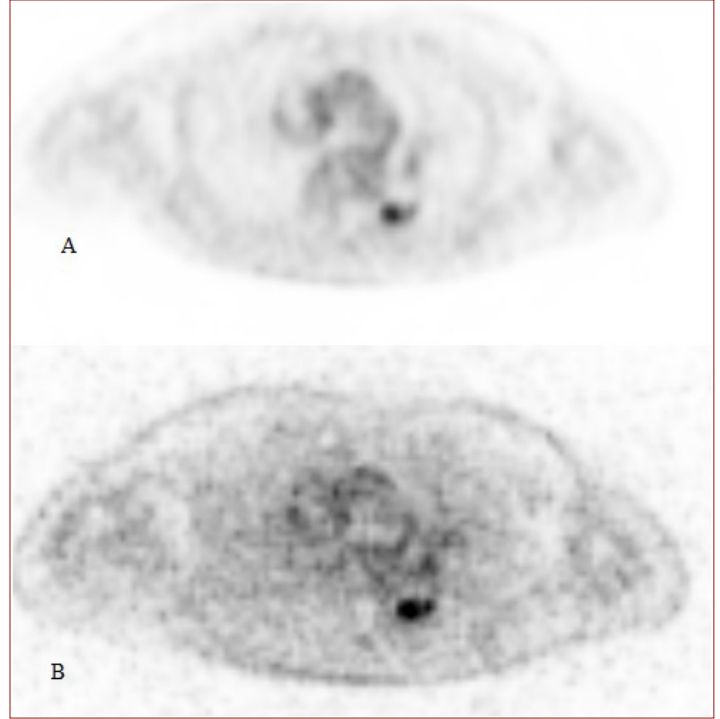
**Tablo 2.** Vizüel Değerlendirmeye Göre AC ve NAC Yöntemlerinin Tanısal Performansı

	P u a n Skoru	Sensitivite (%)	Spesifite (%)	Doğruluk (%)	PPV (%)	NPV (%)
Benign: Puan 1	AC	100	28,6	81,7	80,2	100
	NAC	100	25	81,7	79,4	100
Malign: Puan 2, 3 ve 4	AC	100	53,6	81,7	80,2	100
	NAC	100	60,7	89,9	88	100
Benign: Puan 1 ve 2	AC	97,5	71,4	90,8	90,8	90,9
	NAC	92,6	71,4	87,2	90,4	76,9
Malign: Puan 3 ve 4	AC	97,5	71,4	90,8	90,8	90,9
	NAC	92,6	71,4	87,2	90,4	76,9

Malign lezyonların SUVmax değeri  $13,62 \pm 9,03$  (min:1,53-max:51,65) iken, benign lezyonların SUVmax değeri  $3,71 \pm 3,07$  (min:0,97-max:16,04) idi. Malign lezyonların SUVmax değeri benign lezyonlardan daha büyüktü ( $p < 0,001$ ). Patoloji ile doğrulanmış enfeksiyon, inflamasyon ve granümatöz hastalık lezyonları çıkartıldığında SUVmax değeri  $2,84 \pm 1,62$ 'a düşmekteydi.

Malign-benign ayrımında SUVmax eşik değerini 2,5 kabul ettiğimizde sensitivite %100, spesifite %35,7, doğruluk %83,5, PPV %81,8 ve NPV %100 olarak hesaplandı. SUVmax eşik değeri 2,5 kabul edildiğinde, malign-benign ayrımının yapılmasında patoloji ile orta düzeyde uyumluluk saptandı (kappa: 0,452,  $p < 0,001$ ). Malign-benign ayrımında SUVmax eşik değerini 3,0 kabul ettiğimizde sensitivite %97,5, spesifite %50, doğruluk %85,3, PPV %84,9 ve NPV %87,5 olarak hesaplandı. SUVmax eşik değeri 3 kabul edildiğinde, malign-benign ayrımının yapılmasında patoloji ile orta düzeyde uyumluluk saptandı (kappa: 0,553,  $p < 0,001$ ). Malign-benign ayrımında SUVmax eşik değerini 3,5 kabul ettiğimizde, sensitivite %95,1, spesifite %64,3, doğruluk %87,2, PPV %88,5 ve NPV %81,8 olarak hesaplandı. SUVmax eşik değeri 3,5 kabul edildiğinde, malign-benign ayrımının yapılmasında patoloji ile iyi düzeyde uyumluluk saptandı (kappa: 0,638,  $p < 0,001$ ) (Tablo 1).

Lezyonların AC ve NAC görüntülerine bakılarak yapılan vizüel değerlendirmede, patolojisi malign olan 81 lezyonun AC görüntülerine göre 80'ine 4 puan, 1'ine ise 3 puan verildi. NAC görüntülerine göre ise 76'sına 4 puan, 5'ine



**Resim 2.** Malign patoloji tanı 59 yaşındaki kadın hastanın AC (A) lezyonun mediasten kan havuzundan (4 puan), NAC (B) ciltten daha fazla tutulumu olduğu görülmekte (4 puan) olup SUVmax değeri ise 7,18

ise 3 puan verildi. Patolojisi benign olan 28 lezyonun AC görüntülerine göre 7'sine 4 puan, 5'ine ise 3 puan, 7'sine 2 puan, 9'una ise 1 puan verildi. NAC görüntülerine göre ise 7'sine 4 puan, 3'üne 3 puan, 11'ine 2 puan ve 7'sine 1 puan verildi (Resim 1 ve 2).

Vizüel değerlendirmede skoru 1 puan olan lezyonlar benign, 2, 3 ve 4 puan olanlar ise malign olarak kabul edildiğinde, AC görüntülemesinde sensitivite %100, spesifite %28,6, doğruluk %81,7, PPV %80,2 ve NPV %100 olarak bulundu. Malign-benign ayrımının yapılmasında patoloji ile orta düzeyde uyumluluk saptandı (kappa: 0,373,  $p < 0,001$ ). NAC görüntülemesinde sensitivite %100, spesifite %25, doğruluk %81,7, PPV %79,4 ve NPV %100 olarak bulundu. Malign-benign ayrımının yapılmasında patoloji ile orta düzeyde uyumluluk saptandı (kappa: 0,331,  $p < 0,001$ ).

Vizüel değerlendirmede skoru 1 ve 2 puan olan lezyonlar benign, 3 ve 4 puan olanlar ise malign olarak kabul edildiğinde, AC görüntülemesinde sensitivite %100, spesifite %53,6, doğruluk %81,7, PPV %80,2 ve NPV %100 olarak bulundu. Malign-benign ayrımının yapılmasında patoloji ile orta düzeyde uyumluluk saptandı (kappa: 0,632,  $p < 0,001$ ). NAC görüntülemesinde sensitivite %100, spesifite %60,7, doğruluk %89,9, PPV %88 ve NPV %100 olarak bulundu. Malign-benign ayrımının yapılmasında patoloji ile iyi düzeyde uyumluluk saptandı (kappa: 0,697,  $p < 0,001$ ).

Vizüel değerlendirmede skoru 1, 2 ve 3 puan olan lezyonlar benign, 4 puan olanlar ise malign olarak kabul edildiğinde, AC görüntüleme sensitivite %97,5, spesifite %71,4, doğruluk %90,8, PPV %90,8 ve NPV %90,9 olarak bulundu. Malign-benign ayrımının yapılmasında patoloji ile iyi düzeyde uyumluluk saptandı (kappa: 0,742,  $p < 0,001$ ). NAC görüntüleme sensitivite %92,6, spesifite %71,4, doğruluk %87,2, PPV %90,4 ve NPV %76,9 olarak bulundu. Malign-benign ayrımının yapılmasında patoloji ile iyi düzeyde uyumluluk saptandı (kappa: 0,656,  $p < 0,001$ ) (Tablo 2).

#### 4. TARTIŞMA

Akciğerin malign tümörlerde glukoz metabolizmasının artışına paralel olarak F18-FDG tutulumu artmaktadır (8). Buna karşın FDG tutmayan nodüllerde malignite olasılığı düşüktür. Ancak bronkoalveolar karsinom ve karsinoid tümörler gibi yavaş büyüyen maligniteler ile küçük tümörlerde FDG tutulumu az olabilir (8, 9). Birçok benign pulmoner lezyonlar FDG tutulumu göstermemesine rağmen, aktif granüloamatöz hastalıklar, kronik inflamasyonlar, abseler ve enfeksiyonlar FDG tutulumu gösterebilirler. Yüksek FDG aviditesi gösteren en sık enfeksiyöz sebep ise tüberkülozdur (10, 11).

Nomori ve ark. çalışmalarında 3 cm'den küçük soliter pulmoner nodüle sahip olan 136 hastanın FDG PET/BT taramasını incelemişler. Boyutları 1 cm ile 3 cm arasındaki nodüllerin görüntülenmesinde PET/BT'nin etkili bir görüntüleme tekniği olduğu fakat 1 cm ve daha küçük nodüllerin BT görüntüleme tekniği ile tespit edilmesine rağmen PET tekniğinde algılanamadığı sonucuna varmışlar (12). Li ve ark. çalışmalarında soliter pulmoner nodüle sahip olan 298 hastanın FDG PET/BT taramasını incelemişler ve histopatolojik bulgular ile karşılaştırılmış. Hastaların 248'inde malign, 50'sinde benign lezyon histopatolojik olarak teşhis edilmiş. Malign olan 248 hastanın, 199'unun SUVmax değeri 2,5'tan büyük iken, 49 hastanın SUVmax değeri ise 2,5'tan küçük idi. Benign durumda olan 50 hastanın 31'inin SUVmax değeri 2,5'tan büyük iken 19 hastanın SUVmax değeri ise 2,5'tan küçüktü. Malign lezyonların saptanmasında PET/BT'nin sensitivitesi, spesifitesi, PPV, NPV ve doğruluğu sırası ile %80,2, %38, %86,5, %27,9 ve %73,1 olarak hesaplanmış (8). Kim ve ark. retrospektif çalışmalarında çapı 7-30 mm arası değişen SPN'leri karakterize etmek için patolojik tanısı olan 42 hastanın dual faz PET/BT görüntülerini retrospektif olarak incelemişler. Lezyonların ortalama SUVmax değeri  $3,0 \pm 3,0$  olup 0,5 ile 17,2 arasındaymış. BT ile PET/BT'nin doğrulukları sırasıyla %74 ve %93 bulunmuş. BT 31'i lezyonu doğru karakterize ederken PET/BT ise 39 lezyonu etmiş. BT'nin sensitivitesi ve spesifitesi %93 ve %31 iken PET/BT'ninki %97 ve %85 olarak bulunmuş. Malignite için 2,0 SUVmax eşik değeri

kullanılarak yapılan kantitatif analizde doğruluğun artmadığını bulmuşlar. PET/BT'nin SPN'lerin benign-malign ayrımında mükemmel bir performans gösterdiğini; anatomik ve metabolik görüntüleme kombinasyonunun, BT'nin sensitivitesinden PET'in spesifitesinden faydalanılarak iyi bir doğruluk gösterdiğini vurgulamışlar. Görsel yorumlamanın SPN'lerin karakterizasyonunda yeterli olduğunu, kantitatif analizin doğruluğu arttırmadığı sonucuna varmışlar (13). Dalli ve ark. retrospektif çalışmalarında toraks BT ile SPN tanısı konan ve sonrasında PET/BT çekilen 209 hastayı dahil edilmiş. SPN'lerin benign-malign ayrımında PET/BT'nin etkinliğini değerlendirmeyi amaçlamışlar. SPN lezyonların 129'u (%61,72) benign ve 80'i (%38,27) malign olarak bulunmuş. Benign SPN'ler için ortalama SUVmax değeri  $2,06 \pm 3,29$  iken malign SPN'ler için  $7,39 \pm 5,69$  olarak hesaplanmış. Benign SPN'lerin SUVmax değeri malign SPN'lerden istatistiksel olarak anlamlı olarak daha düşüktü. Nodül çapı ile malignite riski arasında pozitif korelasyon bulundu. SUVmax eşik değeri 4 alındığında en iyi sensitiviteye ve spesifiteye sahip olduğu bulunmuş. PET/BT'nin soliter pulmoner nodüllerin benign-malign ayırıcı tanısında güvenilir bir yöntem olduğunu belirtmişler (14). Bryant ve ark. çalışmalarında 2,5 cm ve altındaki akciğer nodülleri olan 585 hastaya PET/BT çekimi yapmışlar. Değerlendirdikleri hastaların SUVmax değeri 0 ile 36 arasında olup medyan değerini 8,5 olarak bulmuşlar. SUVmax değeri 0 ile 2,5 arasında olan nodülün malign olma ihtimalini %24, 2,6 ile 4 olan nodülün malign olma ihtimalini %80 ve 4,1'den daha fazla SUVmax'ı olan nodülün malign olma ihtimalini %96 olarak bulmuşlar. Nodülün SUVmax değerleri ne kadar büyük olursa nodülün malign olma ihtimalinin arttığı fakat bazı büyük SUVmax değerine sahip nodüllerin enfeksiyon kaynaklı olup, PET/BT görüntüleme tekniğine ek olarak malign-benign ayrımında biopsi işleminin katkı sağlayacağı sonucuna varmışlar (15).

Sathekge ve ark. SPN nedeniyle FDG PET/BT yaptıkları nodülleri histopatolojik incelemişler. Histopatolojik incelemede 14 lezyonun malign, 16 lezyonun ise benign olduğunu, benign lezyonların 12'sinin tüberküloz olduğunu bulmuşlar. Benign ve malign lezyonların SUVmax değerini sırasıyla  $11,02 \pm 6,6$  ve  $10,86 \pm 8,9$  olarak hesaplamışlar. Benign grubundan tüberküloz hastaları analizden çıkarıldığında benign ve malign lezyonlar arasında ortalama SUVmax değerlerinde anlamlı bir fark gözlenmiş. SUVmax eşik değerini 2,5 aldıklarında sensitiviteyi %85,7, spesifiteyi %25 olarak bulmuşlar. Tüberküloz saptanan lezyonlar çıkartıldığında sensitivite aynı iken, spesifitenin artarak %100 olduğu saptanmıştır. FDG PET/BT'nin maligniteyi tüberkülozdan ayırt edemeyeceğini ve bu nedenle gereksiz biyopsi/torakotomiye azaltmak için güvenilir bir şekilde kullanılmayacağı sonucuna varmışlar (16). Bu çalışmada SUVmax eşik değerini 2,5 aldığımızda sensitivite, spesifite ve doğruluk sırasıyla %100, %35,7, %83,5 bulun-

du. Eşik değeri 3 aldığımızda sırasıyla %97,5, %50 ve %85,3 çıkarken; 3,5 aldığımızda ise %95,1, %64,3, %87,2 bulundu. SUVmax eşik değerini 3,5 aldığımızda sensitivite biraz düşerken, spesifite ve doğruluk yükselmekte idi. Biz bunu benign gruptaki hastalarımızın SUVmax değerinin yüksek olmasına bağladık. Benign grupta patoloji ile doğrulanan enfeksiyon, inflamasyon ve granülatöz hastalık gelen lezyon sayısı fazlaydı ve bunların SUVmax değeri de diğer benign lezyonlara göre yüksekti. Benign lezyonların ortalama SUVmax değeri  $3,71 \pm 3,07$  idi. Patoloji ile doğrulanan enfeksiyon, inflamasyon ve granülatöz hastalık lezyonları çıkartıldığında SUVmax değeri  $2,84 \pm 1,62$ 'a düşmekteydi. Bu hastalar bile çıkartıldığında SUVmax değerimiz literatüre göre yüksek olmaktadır. Patolojisi alınmayan ama takiplerinde boyutu stabil olan lezyonların granülatöz hastalığa bağlı olabileceği düşünüldü. Houseni ve ark. çalışmalarında NAC PET/BT görüntülerinin, AC görüntülerine ek olarak, FDG PET/BT'nin yorumlanmasına dahil edilmesi gerekip gerekmediğini belirlemeyi amaçlamış. Çalışmaya lenfoma kanseri tanılı 58 hasta dahil edilip elde edilen görüntüler AC ve NAC görüntüleri için yüzeysel ve derin lenf nodları olarak iki farklı aşamada değerlendirilmiş. Yüzeysel lenf nodlarının tespit hızının NAC PET/BT ile %100 ve AC PET/BT ile %98,4 olduğunu bulmuşlar. FDG tutulumunun derecesi (yoğun, orta ve hafif tutulum), NAC PET/BT görüntüleri için sırasıyla %56,3, %31,3 ve %12,5; AC PET/BT görüntüleri için %23,4, %34,4 ve %40,6 olduğunu göstermişler. Derin lenf nodlarının tespit hızının NAC PET/BT ile %95,3 ve AC PET/BT ile %99,4 olduğunu belirtmişler. FDG alımının derecesi (yoğun, orta ve hafif alım), NAC PET/BT görüntüleri için sırasıyla %42,4, %27,1 ve %25,9; AC PET/BT görüntüleri için %52,4, %43 ve %4,1 olarak hesaplamışlar. NAC PET/BT görüntülerinin yüzeysel lezyonlarının saptanmasında, AC PET/BT görüntülerinden daha üstün bulurken, AC PET/BT görüntülerinin derin yerleşimli lezyonların tespiti açısından NAC PET/BT görüntülerinden üstün olduğunu bulmuşlar. Bu nedenle, AC ve NAC PET/BT görüntülerinin birbirini tamamladığını ve lenfoma hastalarının değerlendirilmesinde birlikte gözden geçirilmeleri gerektiği sonucuna varmışlar (17).

Reinhardt ve ark. çalışmalarında akciğerinde 3 mm ile 60 mm çapında 438 metastatik lezyonu olan 92 hastanın PET/BT görüntülerini incelemişler. 5 mm'den küçük olan lezyonların PET tekniği ile saptanamadığını, artan lezyon boyutlarında ise anlamlı değerde olmasa da saptanabilirliğini arttığını göstermişler. Çapı 11 mm'den küçük lezyonların ise FDG PET/BT ile saptanabilirliğinin düşük olduğu sonucuna varmışlar. FDG PET/BT'nin akciğer metastazlarının değerlendirilmesinde faydalı olduğunu göstermişler. Vizüel skoru kullanarak yaptıkları çalışmada, lezyon saptanabilirlik açısından AC ve NAC PET görüntülerinin değerlendirilmesinin benzer olduğunu belirtmişler. Akciğer metastazlarının %54,6'sında AC ve NAC görüntüleme

benzer vizüel skoru olduğunu göstermişler. %45,4 hasta da ise vizüel skorlar farklı olup, %41,4 oranında daha fazla skora sahip olup daha iyi görünebilirlik sağladığını söylemişler (18).

Huang ve ark. akciğer lezyonları üzerine yaptıkları çalışmalarında NAC görüntü, AC görüntü ve SUVmax hesaplamasına göre yapılan değerlendirmede sensitivite ve spesifisite sırası ile %100/64, %91/59 ve %79/77 olarak bulunmuşlar. NAC değerlendirmenin küçük nodüllerde en sensitif ve doğru yöntem olduğunu göstermişlerdir. NAC PET görüntülerinin tek başına görsel değerlendirmesinin SPN karakterizasyonunda daha doğru sonuç verdiğini göstermişlerdir (6).

Khandani ve ark. 62 malign akciğer nodülü olan hastaya preoperatif PET/BT çekmişler. NAC, AC ve SUVmax temelli değerlendirme yöntemlerini karşılaştırmışlar. NAC görüntülerde normal akciğere göre daha fazla tutulumu, AC görüntülerde mediastene göre daha fazla tutulumu ve SUVmax'ta ise 2,5 üzerini malign kabul etmişler. NAC görüntülerde 61 nodülün, AC görüntülerde 36 nodülün malign olduğu bulunmuş. SUVmax değeri ile yapılan değerlendirmede ise AC görüntüye benzer şekilde 38 lezyonu malign olarak saptamış. Atenüasyon düzeltilmiş görüntülerin AC ve SUVmax temelli yorumlamaya göre daha sensitif olduğu sonucuna varmışlar (19).

Şahin ve ark. çalışmalarında soliter pulmoner nodüllerin karakterizasyonunda NAC görüntüsü, AC görüntüsü ve SUVmax değerlerini incelemişler. NAC görüntülerinde ciltten fazla tutulum olması, AC görüntülerinde medias-tenden fazla tutulum olması malign olarak kabul edilmiş. Bu çalışmada, buna benzer şekilde NAC ve AC görüntülerini değerlendirdik. NAC görüntüsüne göre NAC PET'in diyagnostik performansının, AC PET'e göre daha yüksek olduğunu belirtmişler. NAC görüntüsüne ait sensitivite %95,5, spesifite %73,6, doğruluk %85,3, PPV %80,7 ve NPV %93,3 olarak AC görüntüsüne ait sensitivite %90,9, spesifite %68,4, doğruluk %80,4, PPV %76,9 ve NPV %86,6 olarak hesaplamışlar. SPN'lerin tespitinde ise AC ve NAC PET'in başarısının benzer olduğunu bulmuş. NAC PET'in soliter pulmoner nodüllerin karakterizasyonuna ek katkısı olabileceği sonucuna varmışlar (7). Van Gomez Lopez ve ark. semikantitatif analiz vizüel değerlendirmenin spesifitesini arttırmadığını bulmuşlar. Tüm değerlendirme yönteminde spesifitenin sınırlı olduğunu belirtmişler ve sınırlı spesifitenin kullanılan değerlendirmeden bağımsız olduğunu belirtmişler (20).

Bu çalışmada ise vizüel skor 1 ve 2'yi benign, 3 ve 4'ü malign kabul ettiğimizde AC değerlendirmenin sensitivitesi %100 iken, spesifitesi %53,6'da kalmaktaydı. Ama sadece skor 4'ü malign kabul ettiğimizde sensitivitede çok az azalma olurken (%97,5), spesifite ise %71,4'e çıkmaktaydı. Doğruluk ise %81,7'den %90,8'e yükselmekteydi. Bu verilerimi-

ze göre AC görüntü değerlendirmesinde Şahin ve ark.'nın yaptıkları çalışmanın aksine (7) sadece skor 4'ü malign almak spesifitemizi ve doğruluğumuzu arttırmaktaydı. NAC görüntüleme ise sadece skor 4'ü malign kabul ettiğimizde spesifite %60,7'den %71,4'e çıkarken sensitivite, doğruluk ve NPV'de ise azalma olmaktaydı. NAC görüntülerin değerlendirilmesinde skor 1 ve 2'yi benign, skor 3'ü malign kabul etmek daha doğru sonuçlar vermekteydi. Bunun nedeni bu çalışmada fazla tutulumu olan (yüksek AC, NAC ve SUVmax değerleri) benign hastalarda kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Bu çalışmada benign lezyona sahip hasta sayısı 28 olup, bu sayı düşüktü. Benign lezyonların sayısının az olması çalışmanın kısıtlılıklarında biriydi. Çalışmada benign hasta grubunun SUVmax ortalamasının fazla olması da çalışmanın bir başka kısıtlılığıydı. Benign lezyon grubunda daha fazla sayıda lezyon olması durumunda yüksek SUVmax değerine sahip lezyon sayısının oranı da düşebilirdi.

## 5. SONUÇ

Soliter pulmoner lezyonların karakterizasyonunda genel kabul gören SUVmax 2,5 eşik değeri enfeksiyon, inflamasyon ve granülomatöz hastalığın daha sık görüldüğü bölgelerde sensitiviteyi yükseltmesine rağmen, spesifiteyi ise büyük oranda düşürmektedir. Bu durumlarda soliter pulmoner lezyonların karakterizasyonunda semikantitatif SUVmax 2,5 eşik değerinin kullanılması yerine vizüel AC ve NAC görüntü skorlamasının kullanılması daha iyi sonuçlar vermektedir. Vizüel AC görüntü değerlendirmesinde ise mediasten ile benzer FDG metabolizmasına sahip lezyonların karakterizasyonunda önceki çalışmalar ile farklı sonuçlar bulmamızdan dolayı, yapılacak yeni çalışmalar ile bu durum daha da aydınlatılmalıdır.

## Kaynaklar

1. Tan BB, Flaherty KR, Kazerooni EA, Iannettoni MD; American College of Chest Physicians. The solitary pulmonary nodule. *Chest*. 2003;123(1 Suppl): 89S-96S. [https://doi.org/10.1378/chest.123.1\\_suppl.89s](https://doi.org/10.1378/chest.123.1_suppl.89s)
2. Silvestri GA, Tanoue LT, Margolis ML, Barker J, Detterbeck F; American College of Chest Physicians. The noninvasive staging of non-small cell lung cancer: the guidelines. *Chest*. 2003;123(1 Suppl): 147S-156S. [https://doi.org/10.1378/chest.123.1\\_suppl.147s](https://doi.org/10.1378/chest.123.1_suppl.147s)
3. Ost D, Fein A. Evaluation and management of the solitary pulmonary nodule. *Am J Respir Crit Care Med*. 2000;162(3 Pt 1): 782-787. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.162.3.9812152>
4. Erasmus JJ, Connolly JE, McAdams HP, Roggli VL. Solitary pulmonary nodules: Part I. Morphologic evaluation for differentiation of benign and malignant lesions. *Radiographics*. 2000;20(1): 43-58. <https://doi.org/10.1148/radiographics.20.1.g00ja0343>
5. Gómez-Sáez N, González-Álvarez I, Vilar J, Hernández-Aguado I, Domingo ML, Lorente MF, et al. Prevalence and variables associated with solitary pulmonary nodules in a routine clinic-based population: a cross-sectional study. *Eur Radiol*. 2014;24(9): 2174-2182. <https://doi.org/10.1007/s00330-014-3249-z>
6. Huang YE, Pu YL, Huang YJ, Chen CF, Pu QH, Konda SD, et al. The utility of the nonattenuation corrected 18F-FDG PET images in the characterization of solitary pulmonary lesions. *Nucl Med Commun*. 2010;31(11): 945-951. <https://doi.org/10.1097/MNM.0b013e32833ed57d>
7. Şahin E, Kara A, Elboğa U. Contribution of nonattenuation-corrected images on FDG-PET/CT in the assessment of solitary pulmonary nodules. *Radiol Med*. 2016;121(12): 944-949. <https://doi.org/10.1007/s11547-016-0681-y>
8. Li S, Zhao B, Wang X, Yu J, Yan S, Lv C, et al. Overestimated value of (18)F-FDG PET/CT to diagnose pulmonary nodules: Analysis of 298 patients. *Clin Radiol*. 2014;69(8): e352-e357. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2014.04.007>
9. Duhaylongsod FG, Lowe VJ, Patz EF Jr, Vaughn AL, Coleman RE, Wolfe WG. Lung tumor growth correlates with glucose metabolism measured by fluoride-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography. *Ann Thorac Surg*. 1995;60(5): 1348-1352. [https://doi.org/10.1016/0003-4975\(95\)00754-9](https://doi.org/10.1016/0003-4975(95)00754-9)
10. Yilmazbayhan A, Damadoğlu E, Aybatlı A. Soliter pulmoner nodüle tanısal yaklaşım [Diagnostic approach to solitary pulmonary nodule]. *Tuberk Toraks*. 2005;53(3): 307-318.
11. Chundru S, Wong CY, Wu D, Balon H, Palka J, Chang CY, et al. Granulomatous disease: is it a nuisance or an asset during PET/computed tomography evaluation of lung cancers?. *Nucl Med Commun*. 2008;29(7): 623-627. <https://doi.org/10.1097/MNM.0b013e32822fd979>
12. Nomori H, Watanabe K, Ohtsuka T, Naruke T, Suemasu K, Uno K. Evaluation of F-18 fluorodeoxyglucose (FDG) PET scanning for pulmonary nodules less than 3 cm in diameter, with special reference to the CT images. *Lung Cancer*. 2004;45(1): 19-27. <https://doi.org/10.1016/j.lungcan.2004.01.009>
13. Kim SK, Allen-Auerbach M, Goldin J, Fueger BJ, Dahlbom M, Brown M, et al. Accuracy of PET/CT in characterization of solitary pulmonary lesions. *J Nucl Med*. 2007;48(2): 214-220.
14. Dalli A, Selimoglu Sen H, Coskunsel M, Komek H, Abakay O, Sergi C, et al. Diagnostic value of PET/CT in differentiating benign from malignant solitary pulmonary nodules. *J BUON*. 2013;18(4): 935-941.
15. Bryant AS, Cerfolio RJ. The maximum standardized uptake values on integrated FDG-PET/CT is useful in differentiating benign from malignant pulmonary nodules. *Ann Thorac Surg*. 2006;82(3): 1016-1020. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2006.03.095>
16. Sathegke MM, Maes A, Pottel H, Stoltz A, van de Wiele C. Dual time-point FDG PET-CT for differentiating benign from malignant solitary pulmonary nodules in a TB endemic area. *S Afr Med J*. 2010;100(9): 598-601. Published 2010 Sep 7. <https://doi.org/10.7196/samj.4082>

17. Houseni M, Chamroonrat W, Basu S, Bural G, Mavi A, Kumar R, Alavi A. Usefulness of non attenuation corrected 18F-FDG-PET images for optimal assessment of disease activity in patients with lymphoma. *Hell J Nucl Med.* 2009;12(1): 5-9.
18. Reinhardt MJ, Wiethoelter N, Matthies A, Joe AY, Strunk H, Jaeger U, et al. PET recognition of pulmonary metastases on PET/CT imaging: impact of attenuation-corrected and non-attenuation-corrected PET images. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2006;33(2): 134-139. <https://doi.org/10.1007/s00259-005-1901-1>
19. Khandani A, Alexander R, Bahjat Q, Leonard P, Marija I and William MC. Sensitivity of FDG PET in malignan tlung nodules based on non-attenuation corrected images, attenuation corrected images and SUV. *J Nucl Med.* 2007;48 (2 supplement): 77P.
20. van Gómez López O, García Vicente AM, Honguero Martínez AF, Jiménez Londoño GA, Vega Caicedo CH, León Atance P, et al. (18) F-FDG-PET/CT in the assessment of pulmonary solitary nodules: comparison of different analysis methods and risk variables in the prediction of malignancy. *Transl Lung Cancer Res.* 2015; 4(3): 228-35. <https://doi.org/10.3978/j.issn.2218-6751.2015.05.07>.