

Akciğer Kanseri Olan Hastalarda PET-BT Görüntüleme ile Belirlenen Beyin Metastazlarının Özellikleri

Characteristics of Brain Metastases Identified by PET-CT Imaging in Patients with Lung Cancer

Çetin YAKIŞIK¹, Celal SATICI¹, Sinem Nedime SÖKÜCÜ¹, Ayşegül ERİNÇ¹, Reşit AKYEL², Şenay AYDIN³

¹Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Yedikule Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göğüs Hastalıkları Kliniği, İstanbul, Türkiye

²Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Yedikule Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Nükleer Tıp Kliniği, İstanbul, Türkiye

³Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Yedikule Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Nöroloji Kliniği, İstanbul, Türkiye

ÖZ

Giriş ve Amaç: Kontrastlı manyetik rezonans (MR), bazı kontrendikasyonlar nedeniyle tüm hastalara uygulanamamaktadır. Bu çalışmada, akciğer kanseri olan hastalarda PET-BT ile tanı konulabilen beyin metastazlarının özelliklerini göstermeyi amaçladık.

Yöntem: 2019–2023 yılları arasında akciğer kanseri ve beyin metastazı tanısı konulan 439 hasta değerlendirildi. Toplamda 642 beyin metastaz lezyonu tanımlandı ve bunların 286'sı PET-BT ile tespit edilebildi. PET-BT pozitifliğinin bağımsız öngörücülerini belirlemek için tek değişkenli ve çok değişkenli lojistik regresyon analizleri kullanıldı.

Bulgular : Tüm hastaların %86,6'sı erkekti ve ortalama \pm SD yaş 64,8 \pm 9,3 idi. Hastaların %46,7'sinde (205 hasta) komorbiditeler mevcuttu ve en yaygın hastalık kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) idi (%27,1). Metastazların çoğunluğu frontal lobda (%37,2), ardından parietal lobda (%26,6) yerleşmişti. Dikkat çekici bir şekilde, PET-BT negatif lezyonların,

PET-BT pozitif lezyonlara göre peritümoral ödem olma olasılığı daha yüksekti (%67'ye karşı %56, $p=0,004$). PET-BT pozitif lezyonların ortalama tümör çapı, PET-BT negatif lezyonlardan daha büyüktü (18 mm'ye karşı 10 mm, $p<0,001$). Tümör çapının PET-BT pozitifliğini öngörmedeki ayırt edici doğruluğu yüksek bulundu ve eğri altındaki alan (AUC) 0,70 idi (%95 CI: 0,65 ila 0,73). On dört milimetre için optimal bir kesim değeri kullanıldığında, tümör çapının duyarlılığı %71,68 ve özgüllüğü %58,71 idi.

Sonuç: Akciğer kanseri hastalarında 14 mm'den büyük ve peritümoral ödem bulunmayan beyin metastazları PET-BT ile daha yüksek bir tespit edilebilirlik oranına sahiptir. Çalışma tasarımı nedeniyle PET-BT'nin tanılabilir rolü tam olarak analiz edilemediğinden, beyin metastazı olmayan hastaları da içeren daha ileri araştırmalar önerilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Akciğer kanseri, beyin metastazları, manyetik rezonans görüntüleme, pozitron emisyon tomografi - bilgisayarlı tomografi

ABSTRACT

Introduction: Contrast enhanced magnetic resonance imaging (MRI) could not be performed in all patients due to some contraindications. We aimed to demonstrate the characteristics of brain metastases that could be diagnosed with positron emission tomography - computed tomography (PET-CT) among patients with lung cancer.

Methods: Four hundred thirty nine patients diagnosed with lung cancer and brain metastasis between 2019 and 2023 were evaluated. A total of 642 brain metastasis lesions were identified, of which 286 were detectable on PET-CT. Univariate and multivariate logistic regression analyses were used to identify independent predictors of PET-CT positivity.

Results: Out of all patients, 86.6% were male and the mean \pm SD age was 64.8 \pm 9.3. Comorbidities were present in 205 patients (46.7%), with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) being the most prevalent (27.1%). The majority of metastases were located in the frontal lobe (37.2%) followed by the parietal lobe (26.6%). Notably, PET-CT negative

lesions were more likely to have peritumoral edema than PET-CT positive lesions had (67% vs. 56%, $p=0.004$). The median tumor diameter for PET-CT positive lesions was larger than PET-CT negative lesions (18 vs 10 mm, $p<0.001$). The discriminative accuracy of tumor diameter in predicting PET-CT positivity was found to be high, with an area under the curve (AUC) of 0.70 (95% CI: 0.65 to 0.73). For an optimal cut-off value of 14 mm, sensitivity of tumor diameter was 71.68% and specificity was 58.71%.

Conclusion: Brain metastases larger than 14 mm and those without peritumoral edema tend to have increased detectability with PET-CT in a large group of lung cancer patients. Since the diagnostic role of PET-CT could not be fully analyzed due to the study design, further research including patients without brain metastases is recommended.

Keywords: Brain metastasis, lung cancer, magnetic resonance imaging, positron emission tomography - computed tomography

Cite this article as: Yakışık Ç, Satıcı C, Sökücü SN, Erinç A, Akyel R, Aydın Ş. Characteristics of Brain Metastases Identified by PET-CT Imaging in Patients with Lung Cancer. Arch Neuropsychiatry 2026;63:158–162. doi: 10.29399/npa.28938

GİRİŞ

Akciğer kanseri hastalarında beyin metastazları, kanser yönetimi ve prognozu açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu durum, tedavi stratejilerini ve takip protokollerini önemli ölçüde etkileyerek, hastaların tedavi kararlarının yönlendirilmesinde ve sonuçlarının iyileştirilmesinde belirleyici rol oynar (1). Beyin metastazlarının tespiti ve doğru değerlendirilmesi, hastaların yaşam süresini uzatabilecek ve yaşam kalitesini artırabilecek spesifik müdahalelerin gerekli olduğu durumlarda hayati önem taşır.

Beyin metastazlarının tespitinin bu kadar önemli olmasına rağmen, mevcut tanısal yaklaşımlarda bazı önemli kısıtlamalar bulunmaktadır. Manyetik rezonans (MR) görüntüleme, beyin metastazlarını tespit etmede altın standart olarak kabul edilmesine rağmen, her hasta için her zaman uygulanabilir değildir. Kontrast madde alerjisi, metal implantlar ve klostrofobi gibi faktörler MR kullanımını sınırlayabilir (2). Bu zorluklar göz önüne alındığında, özellikle MR'nin uygulanmadığı durumlarda beyin metastazlarını güvenilir bir şekilde belirleyebilecek alternatif tanı yöntemlerine ihtiyaç vardır (3).

Pozitron emisyon tomografi - bilgisayarlı tomografi (PET-BT), MR uygulanamayan hastalarda beyin metastazlarını tespit etmede değerli bir araç olabilir. Çalışmalar, florodeoksiglukoz (FDG) PET-BT'nin, akciğer kanseri hastalarında beyin metastazlarını yaklaşık %21 duyarlılık ve %100 özgüllük ile tespit edebildiğini göstermektedir, ancak bu oranlar lezyon boyutu ve metabolik aktivite gibi faktörlere bağlı olarak değişebilir (4). Ayrıca, PET-BT görüntülemeye yeni radyonüklidlerin geliştirilmesi gibi son ilerlemelerin, beyin metastazlarının tespitinde duyarlılık ve özgüllüğü daha da artırabileceği düşünülmektedir (5). PET-BT, anatomik ayrıntıların yanı sıra metabolik bilgiler sunarak MR'den elde edilen verileri tamamlayan kapsamlı bir değerlendirme sağlayabilir (6).

Mevcut literatür, PET-BT'nin tedavi yanıtını izleme ve nüks tespitinde önemli bilgiler sunduğunu ve bunun tedavi stratejilerinin kişiselleştirilmesinde kritik role sahip olabileceğini göstermektedir (7). Bununla birlikte, PET-BT'nin takipte kullanılabileceği spesifik lezyonlar hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır (8).

Bu çalışmada, akciğer kanseri hastalarında PET-BT ile tanısı konulabilen beyin metastazlarının özelliklerini ortaya koymayı amaçladık.

YÖNTEM

Çalışma Tasarımı ve Merkezi

Çalışmamız, Türkiye, İstanbul, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Yedikule Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde kesitsel bir çalışma olarak gerçekleştirildi ve Helsinki Deklarasyonu'na uygun olarak yürütüldü. Yerel kurumsal etik kurul, çalışma protokolünü onayladı (etik onay numarası: 23/400) ve yazılı bilgilendirilmiş onam gerekliliğini kaldırdı.

Çalışma Popülasyonu

Bu çalışmada, beyin metastazı bulunan 439 akciğer kanseri hastası ardışık olarak dâhil edildi. Toplamda 642 beyin metastazı lezyonu tanımlandı ve bunlardan 286'sı 2019-2023 yılları arasında PET-BT ile tespit edildi (hastanemizde PET-BT kullanımına başlanan tarih). Akciğer kanseri tanısı histopatolojik olarak doğrulandı ve beyin metastazları kontrastlı kraniyal MR ile tespit edildi.

Veri Toplama

Demografik özellikler, ek hastalıklar, mortalite verileri ve sağkalım süresi elektronik tıbbi kayıtlar üzerinden toplandı. Görüntüleme verileri olarak peritümöral ödem varlığı, lezyonların yerleşimi, tümör çapı, beyin shifti ve beyin metastazlarının maksimum standartlaştırılmış alım değeri (SUVmax) kaydedildi.

Öne Çıkan Noktalar

- 14 mm'den büyük beyin metastazları PET-BT ile daha kolay tespit edilebilir.
- PET-BT, peritümöral ödem içeren beyin metastazlarında daha az etkilidir.
- Akciğer kanseri hastalarında metastazların en yaygın olduğu bölge frontal lobdur.
- PET-BT'nin beyin metastazlarındaki tanısal rolü daha fazla araştırma gerektirir.

Tanımlar ve Ölçümler

Tüm hastalara GE-Discovery IQ PET-BT taraması yapıldı. Hastalar, taramadan en az altı saat önce aç kalmaları konusunda bilgilendirildi. İntravenöz olarak 3-5 MBq/kg dozunda ¹⁸F - Florodeoksiglukoz (FDG) uygulandı ve FDG enjeksiyonundan yaklaşık 60 dakika sonra görüntüleme yapıldı.

Bilgisayarlı tomografi taramaları, atenüasyon düzeltmesi ve anatomik lokalizasyon için alındı, ardından PET taramaları yapıldı. Pozitron emisyon tomografi görüntüleri, sıralı-alt küme beklenti maksimizasyonu algoritması kullanılarak yeniden yapılandırıldı.

Peritümöral beyin ödemi, T2-ağırlıklı MR sekanslarında metastatik lezyon etrafında hiperintens sinyallerin varlığı olarak tanımlandı ve bitişik beyin dokusunda sıvı birikimi ile ilişkili enflamatuvar yanıtı gösterdi (9). Kraniyal metastazın çapı, kontrastlı T1-ağırlıklı MR sekanslarında metastatik lezyonun en büyük aksiyal boyutu olarak ölçüldü ve tümör sınırlarının doğru bir şekilde belirlenmesi sağlandı.

Pozitron emisyon tomografi pozitifliği, SUVmax ile ölçülen FDG tutulumu kullanılarak değerlendirildi. Ancak, bu çalışmada PET pozitifliği yalnızca SUVmax değerine dayanmadı. Bunun yerine, nükleer tıp uzmanı tarafından FDG tutulum paternleri ve BT'den elde edilen anatomik görüntüler birlikte yorumlanarak klinik değerlendirme de yapıldı. Bu kapsamlı yaklaşım, hem kantitatif SUV ölçümlerini hem de nitel klinik uzmanlığı birleştirerek, potansiyel metastatik lezyonların doğru bir şekilde yansıtılmasını sağladı (10).

Akciğer kanseri evrelemesinde TNM sınıflamasının 9. baskısına göre: Tümör çapı ≤ 3 cm ise T1, 3 cm ve ≤ 5 cm ise T2, 5 cm ve ≤ 7 cm ise T3, 7 cm ise T4 olarak sınıflandırıldı. Lenf nodu tutulumu: Lenf nodu tutulumu yoksa N0, İpsilateral peribronşiyal ve/veya hiler lenf nodları ile intrapulmoner lenf nodları tutulumu varsa N1, İpsilateral mediastinal ve/veya subkarinal lenf nodları tutulumu varsa N2, Kontralateral mediastinal ve/veya hiler lenf nodları, ipsilateral/kontralateral skalen veya supraklaviküler lenf nodları tutulumu varsa N3 olarak tanımlandı. M evrelemesi: Kontralateral akciğerde tümör varlığı, plevral veya perikardiyal nodüller ya da malign effüzyon varsa M1a, Tek bir organ sisteminde tek bir ekstratorasik metastaz varsa M1b, Tek bir organ sisteminde çok sayıda ekstratorasik metastaz varsa M1c1, Birden fazla organ sisteminde çok sayıda ekstratorasik metastaz varsa M1c2 olarak değerlendirildi (11).

Veri Analizi ve İstatistiksel Yöntemler

Değişkenleri tanımlamak için tanımlayıcı istatistikler kullanıldı. Kategorik veriler sayı ve oranlar olarak, sürekli veriler ise normal dağılım göstermeyenlerde medyan ve çeyrekler arası aralık (IQR) olarak sunuldu. Kategorik değişkenler ki-kare testi ile karşılaştırıldı, sürekli değişkenler ise student t-testi ile analiz edildi.

Pozitron emisyon tomografi - bilgisayarlı tomografi (PET-BT) pozitifliğinin bağımsız prediktörlerini belirlemek için tek değişkenli ve çok değişkenli

lojistik regresyon analizleri yapıldı. Sürekli bağımsız değişkenlerin tanınal rolünü ve optimal kestirim değerini belirlemek için ROC (receiver operating characteristic -alıcı operatör karakteristiği) analizi gerçekleştirildi. Tümör çapının duyarlılığı, özgüllüğü, pozitif prediktif değeri (PPV) ve negatif prediktif değeri (NPV) standart ikiye iki tablolar kullanılarak hesaplandı. $p < 0,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Analizler, IBM Sosyal Bilimlerde İstatistik Paket Programı (SPSS) sürüm 25 ile yapıldı.

BULGULAR

Bu çalışmada, kraniyal metastazı olan 439 akciğer kanseri hastası değerlendirildi; hastaların %86,6'sı erkekti. Yaş ortalaması $64,8 \pm 9,3$ olarak bulundu. Tüm hastalarda kontrastlı kraniyal MR ile beyin metastazı doğrulandı. Ek hastalıklar kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) (%27,1), hipertansiyon (HT) (%16,4), iskemik kalp hastalığı (İKH) (%10,5) ve diyabet mellitus (DM) (%10) olarak saptandı.

Tümör evrelemesinde 186 hasta (%42,4) T4, 222 hasta (%50,6) N3 olarak sınıflandırıldı. Ayrıca 68 hasta (%15,5) M1b, 70 hasta (%15,9) M1c1 ve 301 hasta (%68,6) M1c2 hastalığa sahipti. Akciğer kanseri evreleme sisteminin 9. baskısına göre 371 hasta (%84,5) evre 4B, 67 hasta (%15,3) evre 4A olarak değerlendirildi.

Tümör histolojisine göre hastaların 175'inde (%39,9) adenokarsinom, 100'ünde (%22,8) tanımlanamayan akciğer kanseri (NOS), 82'sinde (%18,7) küçük hücreli akciğer kanseri, 77'sinde (%17,5) skuamöz hücreli akciğer kanseri ve 2'sinde (%0,5) büyük hücreli akciğer kanseri vardı. Çalışmaya katılan hastalardan 400'ü (%91,1) hayatını kaybetti ve median sağkalım süresi 294 gün olarak bulundu (Tablo 1).

Toplamda 642 beyin metastazı lezyonu saptandı ve bunlardan 286'sı PET-BT ile tespit edilebildi. PET-BT ile görüntülenen lezyonların 124'ü (%43) adenokarsinom, 73'ü (%26) NOS, 50'si (%17) küçük hücreli karsinom, 37'si

Tablo 1. Tüm hastaların demografik ve klinik özellikleri

Değişken	Değer
Erkek cinsiyet, n (%)	380 (86,6)
Yaş (yıl) (ortalama \pm SD)	64,8 \pm 9,3
Komorbiditeler, n (%)	
DM	44 (10)
HT	72 (16,4)
KKY	24 (5,5)
İKH	46 (10,5)
KBY	9 (2,1)
KOAH	119 (27,1)
SVO	4 (0,9)
T Evresi, n (%)	
T1	47 (10,7)
T2	81 (18,5)
T3	123 (28)
T4	186 (42,4)
N Evresi, n (%)	
N0	54 (12,3)
N1	22 (5)
N2	140 (31,9)
N3	222 (50,6)
M Evresi, n (%)	
M1b	68 (15,5)
M1c1	70 (15,9)
M1c2	301 (68,6)
Evre, n (%)	
Evre 4A	67 (15,3)
Evre 4B	371 (84,5)
Şift, n (%)	5 (1,1)
Tümör subtip, n (%)	
NOS	100 (22,8)
Adenokarsinoma	175 (39,9)
Squamöz hücreli karsinoma	77 (17,5)
Büyük hücreli karsinoma	2 (0,5)
Küçük hücreli karsinoma	82 (18,7)
Lezyon, n (%)	
PET (+)	286 (44,5)
PET (-)	356 (55,5)
Mortalite, n (%)	400 (91,1)
Sağkalım (gün), medyan (IQR)	294 (90-505)

DM: diabetes mellitus; HT: hipertansiyon; İKH: iskemik kalp hastalığı; KBY: kronik böbrek yetmezliği; KKY: konjestif kalp yetmezliği; KOAH: kronik obstrüktif akciğer hastalığı; NOS: belirlenemeyen tip; SVO: serebrovasküler olay.

Tablo 2. Grupların lezyon bazlı karşılaştırması

Değişken	PET (+) (n=286)	PET (-) (n=356)	p değeri
Erkek cinsiyet, n (%)	246 (86)	311 (87)	0,64
Yaş (yıl) (ortalama \pm SD)	65 \pm 9,4	65,1 \pm 9,6	0,76
Eşlik eden hastalıklar, n (%)			
DM	33 (11)	27 (10)	0,10
HT	51 (17)	53 (15)	0,33
KKY	12 (6)	20 (4)	0,46
İKH	27 (9)	35 (10)	0,89
KBY	2 (1)	11 (3)	0,03
KOAH	81 (28)	90 (25)	0,41
Tümör çapı (mm), ortanca (IQR)	18 (12-26)	10 (7-17)	<0,001
Peritümoral ödem, n (%)	159 (56)	238 (67)	0,004
Tümör alt tipi, n (%)			0,71
NOS	73 (26)	69 (19)	
Adenokarsinoma	124 (43)	138 (39)	
Yassı hücreli karsinoma	37 (13)	69 (19)	
Büyük hücreli karsinoma	1 (0,003)	1 (0,002)	
Küçük hücreli karsinoma	50 (17)	77 (21)	
Tümör lokalizasyonu, n (%)			0,15
Supratentorial	227 (79,4)	265 (74,4)	
Frontal	84 (29,4)	96 (27)	0,38
Parietal	76 (26,6)	91 (25,6)	0,38
Oksipital	34 (11,9)	44 (12,4)	0,38
Temporal	33 (11,5)	34 (9,6)	0,38
İnfratentorial	59 (20,6)	91 (25,6)	
Serebellum	55 (19,2)	82 (23)	0,38
Mesensefalon	0 (0)	6 (1,7)	0,38
Pons	3 (1)	2 (0,6)	0,38
Bulbus	1 (0,3)	1 (0,3)	0,38
Sağkalım (gün), ortanca (IQR)	240,5 (83-415)	278 (112-470)	0,96
Mortalite, n (%)	261 (91)	337 (95)	0,11

DM: diabetes mellitus; HT: hipertansiyon; İKH: iskemik kalp hastalığı; KBY: kronik böbrek yetmezliği; KKO: konjestif kalp yetmezliği; KOAH: kronik obstrüktif akciğer hastalığı; NOS: belirlenememiş tip; SVO: serebrovasküler olay.

(%13) skuamöz hücreli karsinom ve 1'i (%0,003) büyük hücreli karsinom olarak sınıflandırıldı.

Metastazların çoğu frontal lobda (%37,2) ve parietal lobda (%26,6) yer aldı. PET-BT negatif lezyonlarda peritümöral ödem PET-BT pozitif lezyonlara göre daha sık gözlemlendi (%67'ye karşı %56, p=0,004). PET-BT pozitif lezyonların medyan tümör çapı, PET-BT negatif lezyonlara göre daha büyüktü (18 mm'ye karşı 10 mm, p<0,001). Yaş, cinsiyet, ek hastalıklar, tümör alt tipi, metastazların lokalizasyonu, sağkalım ve ölüm oranları açısından anlamlı fark bulunmadı (p>0,05) (Tablo 2).

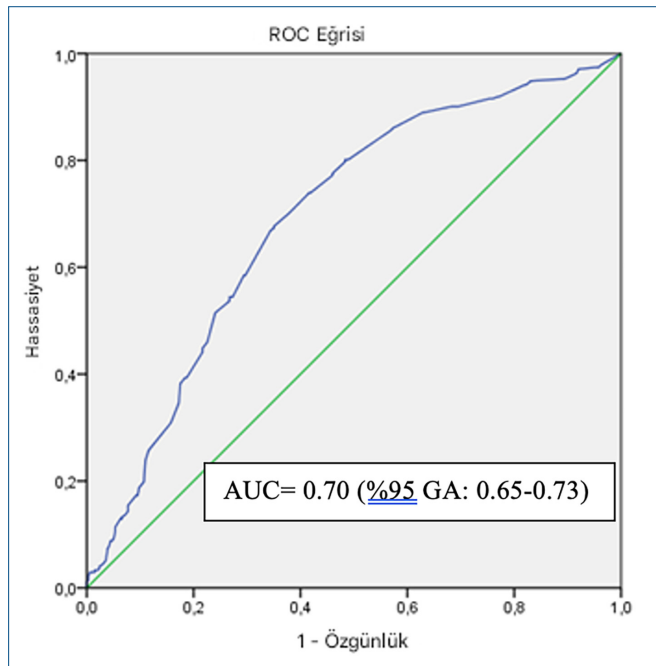
Pozitron emisyon tomografi - bilgisayarlı tomografi pozitifliğinin bağımsız belirleyicilerini saptamak için çok değişkenli lojistik regresyon analizi yapıldı. Tümör çapı (OR: 1,05, %95 GA: 1,03-1,06; p<0,001) ve peritümöral ödem varlığı (OR: 0,50, %95 GA: 0,35-0,72; p<0,001), kranial metastazlarda PET-BT pozitifliğinin bağımsız prediktörleri olarak belirlendi (Tablo 3).

Tablo 3. PET pozitif kranial metastaz için bağımsız belirleyicilere yönelik çok değişkenli lojistik regresyon analizleri

Değişken	OR	GA (%95)	p değeri
Peritümöral ödem	0,50	0,35-0,72	<0,001
Tümör çapı	1,05	1,03-1,06	<0,001

GA: güven aralığı; OR: odds oranı.

Tümör çapının PET-BT pozitifliğini öngörmedeki ayırt edici doğruluğu yüksek bulundu ve eğri altındaki alan (AUC) 0,70 (%95 GA: 0,65-0,73) olarak hesaplandı (Şekil 1). Optimal kestirim değeri 14 olarak belirlendi. Bu kestirim değerine göre yapılan ikiye iki tablo analizinde, tümör çapının duyarlılığı %71,68 (%95 GA: %65,08 - %76,83) ve özgülüğü %58,71 (%95 GA: %53,40 - %63,87) olarak bulundu (Tablo 4).



Şekil 1. Tümör çapının PET-CT pozitifliğini öngörmedeki ROC eğrisi: ROC eğrisi, akciğer kanserli hastalarda beyin metastazlarının PET-CT pozitifliğini öngörmek için tümör çapının tahmin edici doğruluğunu göstermektedir. Eğri altında kalan alan (AUC) 0,70 (%95 CI: 0,65-0,73) olup, orta düzeyde ayırt edici güce işaret etmektedir. Tümör çapı için en uygun eşik değeri 14 mm olarak belirlenmiş olup, bu değerle duyarlılık %71,68 ve özgülük %58,71 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4. Tümör çapının PET pozitifliğini öngörmedeki ayırt edici doğruluğu

Parametre*	Değer	%95 GA
Duyarlılık (%)	71,68	65,08-76,83
Özgülük (%)	58,71	53,40-63,87
Pozitif olabilirlik oranı	1,74	1,50-2,00
Negatif olabilirlik oranı	0,48	0,39-0,59
Hastalık prevalansı (%)	44,55	40,66-48,49
Pozitif öngörü değeri (%)	58,24	54,71-61,69
Negatif öngörü değeri (%)	72,07	67,79-75,98
Doğruluk (%)	64,49	60,65-68,19
AUC (%)	0,70	0,65-0,73

* Tümör çapı ≥14 mm vs <14 mm; AUC: eğri altında kalan alan; GA: güven aralığı.

TARTIŞMA

Bu çalışmada, akciğer kanseri olan hastalarda beyin metastazlarını tespit etmede PET-BT'nin kullanımını değerlendirmeyi amaçladık. Bulgularımız, kontrastlı MR çekilemeyen hastalarda PET-BT'nin beyin metastazlarını tespit etmede faydalı olabileceğini göstermektedir. Özellikle 14 mm ve üzerindeki daha büyük metastazların PET-BT ile tespit edilebildiğini, ancak peritümöral ödem varlığının bu lezyonların tespitini azalttığını belirledik.

Pozitron emisyon tomografi - bilgisayarlı tomografi, 6 mm'den büyük malign lezyonları tespit etmede etkilidir; ancak 6 mm'den küçük lezyonlar yanlış negatif sonuçlara yol açabilir (12). Beyin metastazları söz konusu olduğunda, PET-BT ile tespit edilebilen boyut eşliği genellikle daha yüksektir (13). Beyin metastazlarının boyutu arttıkça PET-BT ile tespit edilebilirlik de artmaktadır (14). Bununla birlikte, beyin metastazlarının PET-BT ile güvenilir bir şekilde tespit edilebildiği kesin boyut sınırı belirsizliğini korumaktadır. Çalışmamız, akciğer kanserli hastalarda 14 mm'den büyük beyin metastazlarının PET-BT ile daha olası tespit edildiğini göstererek lezyon boyutunun tanısal doğruluğadaki önemli rolünü vurgulamaktadır. Bu bulgu, 10 mm üzerindeki lezyonlar için PET-BT'nin etkinliğinin önemli ölçüde arttığını gösteren önceki araştırmalarla uyumludur (15). Ancak, farklı tümör tipleri beyin metastazlarında farklı FDG tutulum seviyeleri gösterebilir. Çeşitli primer tümörlerden kaynaklanan beyin metastazlarını içeren çalışmalardan farklı olarak, araştırmamız yalnızca akciğer kanserli hastaları içererek PET-BT'nin bu hasta grubundaki performansına daha hedefe yönelik bilgiler sağlamaktadır.

Peritümöral ödem varlığının PET-BT ile beyin metastazlarının tespitini azalttığını bulduk ve bu durum literatürde benzer şekilde desteklenmektedir (16). Peritümöral ödemin PET-BT üzerindeki etkisi, ödemin boyutuna ve tümörün özelliklerine bağlıdır (17). Beyin metastazlarını tespit ederken, peritümöral ödem genellikle FDG alımını azaltarak PET-BT'nin metastazları tespit etme yeteneğini olumsuz etkileyebilir (18). Peritümöral ödem, genellikle derin yerleşimli tümörlerde daha sık görülmekte olup, daha fazla ödemle ilişkilidir (19). Bu nedenle, derin yerleşimli lezyonlarda ödem olasılığının daha yüksek olduğunu ve bu hastalarda PET-BT bulgularının yorumlanmasına daha fazla dikkat edilmesi gerektiğini kabul etmek önemlidir. Buna karşılık, peritümöral ödemin bulunmadığı durumlarda PET-BT, tümörleri doğru şekilde tespit etmede daha etkili olduğunu göstererek, beyin metastazlarının tanı ve yönetiminde değerli bir araç haline gelmektedir.

Bulgularımız, akciğer kanseri alt tipinin veya beyin metastazlarının tümör lokalizasyonunun PET-BT alımı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığını

göstermektedir. Bu çalışma, FDG alımının primer tümör alt tipinden ve beyin belirli bir bölgesinden büyük ölçüde bağımsız olduğunu bulan diğer çalışmalarla tutarlıdır (20). Aksine, bazı araştırmalar küçük hücreli akciğer kanseri gibi belirli histolojik alt tiplerin, küçük hücreli olmayan akciğer kanserine kıyasla PET-BT'de biraz daha yüksek tutulum gösterebileceğini öne sürse de, bu farklılıklar tespit oranları açısından klinik olarak anlamlı değildir (21,22).

Çalışmamızın bazı sınırlamaları vardır. Tek merkezli ve retrospektif doğası, değerlendirmelerin yalnızca bir nükleer tıp uzmanı tarafından yapılması nedeniyle subjektiviteyi artırabilir. Ayrıca, çalışmaya yalnızca kontrastlı MR ile beyin metastazı doğrulanmış hastalar dâhil edilmiştir ve metastazı olmayan hastalar dışlanmıştır. Bu nedenle, PET-BT'nin beyin metastazlarını tespit etmedeki duyarlılık ve özgüllük gibi tanısal parametreleri değerlendiremedik. Çalışmamız, PET-BT'nin tespit edebileceği metastaz türleri hakkında temel veriler sağlasa da PET-BT'nin tanısal gücünü daha kapsamlı bir şekilde değerlendirmek için ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

Sonuç olarak, 14 mm'den büyük ve peritümöral ödemi olmayan beyin metastazlarının, geniş bir akciğer kanseri hasta grubunda PET-BT ile daha yüksek tespit edilebilirliğe sahip olduğunu belirledik. Çalışma tasarımı nedeniyle PET-BT'nin tanısal rolü tam olarak analiz edilememiştir. Beyin metastazı olmayan hastaları da içeren ileri çalışmalar önerilmektedir.

Etik Komite Onayı: Çalışma, Sağlık Bilimleri Üniversitesi Yedikule Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde kesitsel bir çalışma olarak gerçekleştirildi ve Helsinki Deklarasyonu'na uygun olarak yürütüldü. Yerel kurumsal etik kurul, çalışma protokolünü onayladı (etik onay numarası: 23/400).

Bilgilendirilmiş Onam: Yazılı bilgilendirilmiş onam gerekmemektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış Bağımsız.

Yazar Katkıları: Fikir- CS, SNS; Tasarım- CS, ÇY; Denetleme- CS, ÇY; Kaynaklar- ÇY, AE; Malzemeler- ÇY; Veri Toplanması ve/veya İşlemesi- ÇY, AE; Analiz ve/veya Yorum- CS, ŞA; Literatür Taraması- CS, AE; Yazıyı Yazan- CS, ÇY; Eleştirel İnceleme- CS, RA, SNS.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

Finansal Destek: Yok.

KAYNAKLAR

- Suh JH, Kotecha R, Chao ST, Ahluwalia MS, Sahgal A, Chang EL. Current approaches to the management of brain metastases. *Nat Rev Clin Oncol*. 2020;17:279-299. [Crossref]
- Delmaire C, Savatovsky J, Boulanger T, Dhermain F, Le Rhun E, Métellus P, et al. Imagerie des métastases cérébrales [brain metastases imaging]. *Cancer Radiother*. 2015;19:16-19. [Crossref]
- Terakawa Y, Tsuyuguchi N, Iwai Y, Yamanaka K, Higashiyama S, Takami T, et al. Diagnostic accuracy of 11C-methionine PET for differentiation of recurrent brain tumors from radiation necrosis after radiotherapy. *J Nucl Med*. 2008;49:694-699. [Crossref]
- Li Y, Jin G, Su D. Comparison of gadolinium-enhanced MRI and 18FDG PET/PET-CT for the diagnosis of brain metastases in lung cancer patients: a meta-analysis of 5 prospective studies. *Oncotarget*. 2017;8:35743-35749. [Crossref]
- von Schulthes GK, Steinert HC, Hany TF. Integrated PET/CT. Current applications and future directions. *Radiology*. 2006;238:405-422. [Crossref]

- Silva Santana L, Borges Camargo Diniz J, Mothé Glioche Gasparri L, Buccaran Canto A, Batista Dos Reis S, Santana Neville Ribeiro I, et al. Application of machine learning for classification of brain tumors: a systematic review and meta-analysis. *World Neurosurg*. 2024;186:204-218.e2. [Crossref]
- Eude F, Guisier F, Salaün M, Thiberville L, Pressat-Laffouilhère T, Vera P, et al. Prognostic value of total tumour volume, adding necrosis to metabolic tumour volume, in advanced or metastatic non-small cell lung cancer treated with first-line pembrolizumab. *Ann Nucl Med*. 2022;36:224-234. [Crossref]
- Damle NA, Bal C, Bandopadhyaya GP, Kumar L, Kumar P, Malhotra A, et al. The role of 18F-fluoride PET-CT in the detection of bone metastases in patients with breast, lung and prostate carcinoma: a comparison with FDG PET/CT and 99mTc-MDP bone scan. *Jpn J Radiol*. 2013;31:262-269. [Crossref]
- Laajava J, Korja M. Peritumoral T2/FLAIR hyperintense MRI findings of meningiomas are not necessarily edema and may persist permanently: a systematic review. *Neurosurg Rev*. 2023;46:193. [Crossref]
- Joseph S, Singh E. Nuclear medicine PET/CT breast cancer assessment, protocols, and interpretation. *StatPearls* [Internet]. 2023 Apr 3. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024.
- Li HY, Wang YY, Liu H, Liu HX, Jiang LY, Han YC, et al. The ninth edition of TNM staging for lung cancer: precise staging for precise diagnosis and treatment. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*. 2024;62:537-542. [Crossref]
- Boellaard R, O'Doherty MJ, Weber WA, Mottaghy FM, Lonsdale MN, Stroobants SG, et al. FDG PET and PET/CT. EANM procedure guidelines for tumour PET imaging, version 1.0. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2010;37:181-200. [Crossref]
- Wu Y, Li P, Zhang H, Shi Y, Wu H, Zhang J, et al. Diagnostic value of fluorine 18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography/computed tomography for the detection of metastases in non-small-cell lung cancer patients. *Int J Cancer*. 2013;132:E37-E47. [Crossref]
- Xu T, Zhang X, Zhang S, Liu C, Fu W, Zeng C, et al. Imaging features and prognostic value of 18F-FDG PET/CT detection of soft-tissue metastasis from lung cancer: a retrospective study. *BMC Cancer*. 2020;20:596. [Crossref]
- Kitajima K, Nakamoto Y, Okizuka H, Onishi Y, Senda M, Suganuma N, et al. Accuracy of whole-body FDG-PET/CT for detecting brain metastases from non-central nervous system tumors. *Ann Nucl Med*. 2008;22:595-602. [Crossref]
- Ling X, Xu H. PET/CT of metastatic tumors. In: Yao Z, Li S, editors. *Atlas of PET/CT in Oncology*, Vol. 1: Brain, Head and Neck Cancers. Singapore: Springer; 2023. [Crossref]
- Fрати A, Armocida D, Arcidiacono UA, Pesce A, D'Andrea G, Cofano F, et al. Peritumoral brain edema in relation to tumor size is a variable that influences the risk of recurrence in intracranial meningiomas. *Tomography*. 2022;8:1987-1996. [Crossref]
- Li D, Zhang J, Ji N, Zhao X, Zheng K, Qiao Z, et al. Combined 68Ga-NOTA-PRGD2 and 18F-FDG PET/CT can discriminate uncommon meningioma mimicking high-grade glioma. *Clin Nucl Med*. 2018;43:648-654. [Crossref]
- Zidan MA, Hassan RS, El-Noueam KI, Zakaria YM. Brain metastases assessment by FDG-PET/CT. Can it eliminate the necessity for dedicated brain imaging? *Egypt J Radiol Nucl Med*. 2020;51:223. [Crossref]
- Özütemiz C, Neil EC, Tanwar M, Rubin NT, Ozturk K, Cayci Z. The role of dual-phase FDG PET/CT in the diagnosis and follow-up of brain tumors. *AJR Am J Roentgenol*. 2020;215:985-996. [Crossref]
- Fletcher JW, Djulbegovic B, Soares HP, Siegel BA, Lowe VJ, Lyman GH, et al. Recommendations on the use of 18F-FDG PET in oncology. *J Nucl Med*. 2008;49:480-508. [Crossref]
- Fletcher JW, Kymes SM, Gould M, Alazraki N, Coleman RE, Lowe VJ, et al. A comparison of the diagnostic accuracy of 18F-FDG PET and CT in the characterization of solitary pulmonary nodules. *J Nucl Med*. 2008;49:179-185. [Crossref]