



Kolorektal Kanselerde PET/MR

PET/MRI in Colorectal Cancers

© Sait M. Saęer, © Kübra Şahin

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

Öz

Hibrit bir görüntüleme yöntemi olan pozitron emisyon tomografi/manyetik rezonans (PET/MR) görüntüleme, başta rektum kanseri olmak üzere kolorektal kanselerde yaygınlaşarak kullanılmaktadır. PET/MR çekiminde anatomik yöntem olan MR görüntülemesi ile fonksiyonel yöntem olan PET görüntülemesinin avantajlarından aynı anda yararlanılır. Rektal kanser PET/MR protokolleri genel olarak T1 ve T2 ağırlıklı görüntülemeyi kullanan pelvik bölgeden alınan aksial, koronal ve sagittal pozisyonlarını içerir. Primer tümörün evrelemesi için PET/MR, tümörün boyutunun yanı sıra muskularis proprianın ötesindeki tümörün boyutunun daha iyi tanımlanmasına yardımcı olabilir. PET görüntülemesi, MR'da görülen küçük lenf nodlarının karakterizasyonuna yardımcı olabilir ve karaciğerden alınan görüntülemeler ile bilgisayarlı tomografide henüz görülmeyen hepatik metastazların saptanmasını iyileştirebilir. PET/MR'in bir diğer yararlı yönü tedaviye yanıt değerlendirilmesidir. PET/MR'in sınırlamaları arasında küçük akciğer nodüllerinin tespit edilememesi ve atenuasyon düzeltmesiyle ilgili sorunlar yer alır. Sonuç olarak PET/MR kolorektal kanserlerin evrelemesini iyileştirebilmekte ve tedavi yönetimine katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kolorektal kanser, PET/MR, FDG

Abstract

Positron emission tomography/magnetic resonance imaging (PET/MRI), a hybrid imaging method, is increasingly used in colorectal cancers. In PET/MRI, the advantages of MRI, which is an anatomical method, and F-18 fluorodeoxyglucose PET imaging, which is a functional method, are used simultaneously. Rectal cancer PET/MR protocols generally include axial, coronal, and sagittal images taken from the pelvic region using T1- and T2-weighted imaging. For staging of the primary tumor, PET/MRI may help better define the size of the tumor as well as the extent of the tumor beyond the muscularis propria. PET imaging can help characterize small lymph nodes seen on MRI and may improve the detection of hepatic metastases not yet seen on computerized tomography with imaging from the liver. Another useful aspect of PET/MRI is evaluation of response to treatment. Limitations of PET/MRI include the inability to detect small lung nodules and problems with attenuation correction. As a result, PET/MRI can improve the staging of colorectal cancers and contribute to treatment management.

Keywords: Colorectal cancers, PET/MRI, FDG

Giriş

Kolorektal kanserler, kadın ve erkek popülasyonunda kanser ilişkili ölüm sebepleri arasında 3. sırada yer alır. Anal sınırdan itibaren ilk 15 cm'de görülen maligniteler rektum kanseri olarak tanımlanmaktadır. Kolorektal kanserlerin %70'i kolon, %30'u rektum kaynaklıdır (1). Rektum kanseri tanısı alan hastalarda preoperatif evreleme oldukça önemli olup, hastanın tedavi yaklaşımını belirlemektedir. Cerrahiye uygun olan veya

olmayan hastayı ayırarak, her hastada doğru evreleme yapılması ve buna bağlı olarak doğru tedavinin belirlenmesi mortalite ve morbiditeyi en aza indirmeyi sağlamaktadır.

Kolorektal kanser gelişiminde rol oynadığı düşünülen çok sayıda risk faktörü mevcuttur. Yaş aile hikayesi, enflamatuvar barsak hastalıkları, ailesel adenomatöz polipozis ve nonpolipozis kolon kanser sendromları değiştirilemez risk faktörleri arasında iken; obezite, diyet,

Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Sait M. Saęer, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, Nükleer Tıp Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

E-posta: saitsager@yahoo.com **ORCID ID:** orcid.org/0000-0003-2013-5845

Geliş Tarihi/Received: 19.09.2024 **Kabul Tarihi/Accepted:** 14.10.2024



Copyright© 2024 Yazar. Türkiye Nükleer Tıp Derneği adına Galenos Yayınevi tarafından yayımlanmıştır. Creative Commons Atıf-GayriTicari 4.0 Uluslararası (CC BY-NC 4.0) Uluslararası Lisansı ile lisanslanmış, açık erişimli bir makedir.

Copyright© 2024 The Author. Published by Galenos Publishing House on behalf of Turkish Nuclear Medicine Society. This is an open access article under the Creative Commons AttributionNonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) License.

alkol, sigara ve düşük fiziksel aktivite değiştirilebilir risk faktörleri arasında yer alır. Yaş, kolorektal kanserler için önemli bir risk faktörüdür ve insidansı 6. ve 7. dekatta en yüksek seviyeye ulaşır. İnsidansın 50 yaşından sonra belirgin artması nedeniyle ortalama risk grubuna giren asemptomatik kişilerde tarama testlerinin 50 yaşından sonra başlatılması gerekmektedir. Elli yaşından sonra her yıl gaitada gizli kan ve 5 yılda bir kolonoskopi yapılmalıdır. Ailesinde kolorektal kanser öyküsü olan bir kişinin riski daha yüksektir. Ailesel adenomatöz polip veya Lynch sendromu olarak da bilinen polip dışı kalıtsal kolorektal kanser öyküsü olması, kolon kanseri riskini artırır.

Yapılan tümör-lenf nodu-metastaz (TNM) sistemine göre; kolon kanseri yayılımının artışına göre artan sıra ile evre 0 ile 4 arasında 5 ayrı evrede sınıflandırılmıştır. Evre 0'da kanser en erken aşamadır. Bu evredeki hastalık karsinoma *in situ* ya da intramukozal karsinom olarak da tanımlanmaktadır. Kanser dokusu kolon duvarının en iç katmanı olan mukozanın içindedir.

Evre 1'de tümör hücreleri kolon duvarı katmanlarından mukozanın altındaki submukoza katmanına veya daha da ilerleyerek kas tabakasına ulaşmıştır. Fakat herhangi bir lenf bezinde tümör izlenmemiştir. Evre 2'de kanser hücreleri kolon duvarlarının tüm katmanları olan mukoza, submukoza, kas tabakası ve serozayı tutmuş olup çevre dokulara da yayılım gösterebilmektedir. Fakat herhangi bir lenf nodunda metastaz izlenmemiştir. Kolon duvarındaki tutulumun derinliğine ya da çevre dokulara yayılıma göre bu evre kendi içinde alt sınıflandırmalara ayrılmaktadır. Evre 3'de en önemli özellik kanser dokusunun kolon çevresindeki lenf nodlarında ya da lenf nodlarına yakın dokular içerisinde izleniyor olmasıdır. Kolon duvarındaki tutulumun derinliğine ya da tutulan lenf bezi sayısına göre bu evre kendi içinde alt sınıflandırmalara ayrılmaktadır. Evre 4 ise kanser primer tümör lenf nodları dışında uzak organlara yayılmıştır. Kolon kanseri her organa metastaz yapabilir ancak en sık karaciğer ve akciğere metastaz yapmaktadır (2).

Manyetik rezonans (MR) görüntüleme, kolon kanserinden ziyade, rektum kanserinin değerlendirilmesinde daha önemli rol oynamaktadır. Rektal kanserlerde cerrahi olarak çıkarılabilirliğin ya da neoadjuvan tedavi gerekliliğinin belirlenmesinde tümör (T) evrelemesinin kritik rolü vardır. Cerrahi sınırlarda lokal rekürrens, yaşam süresi için önemli bir öngörü faktörüdür. Doğru tedavi seçeneğinin saptanması, cerrahi

eksizyon alanı ve rezeksiyon sınırlarının belirlenmesi açısından mezorektum ve mesane duvarına invazyonun değerlendirilmesi yol göstericidir. Bu yazının diğer kısımlarında pozitron emisyon tomografi (PET)/MR görüntülemesi için kolon kanserinden daha ön planda rektum kanserinin değerlendirilmesi yapılacaktır.

Rektum kanserinin evrelemesinde tTNM sistemi kullanılmaktadır. Yapılan evrelemeye göre seçilecek olan tedavi şekli, lokal eksizyondan radikal rezeksiyonlara kadar uzanan çok geniş spektrumu kapsamaktadır. Bu sistemde evreler, primer tümörün özelliklerine (T) ve bölgesel lenf nodu tutulumunun varlığına (N) ve uzak metastazın (M) olmasına göre atanır (3). Tedavi stratejisinin ve prognozun belirlenmesi açısından evreleme, yeniden evreleme ve metastatik odakların erken tanısı büyük önem taşımaktadır. Rekürren hastalığın erken tanısı sayesinde cerrahi olarak çıkarılma ihtimali olan odaklar belirlenebilir ya da sistemik tedavi seçenekleri gündeme gelebilir.

Klinik pratikte rektum kanserinin preoperatif evrelemesinde pelvik MR, endoanal ultrason, torakoabdominal bilgisayarlı tomografi (BT) ve hastanın kliniğine bağlı olarak diğer görüntüleme yöntemleri kullanılırken, anatomik ve fonksiyonel görüntülemeyi bir arada sağlayan F-18 işaretli florodeoksiglukoz (FDG) PET/BT ve PET/MR ise yaygın olarak kullanılmaktadır. Kombine PET/MR rektum kanseri için önerilen etkili bir görüntüleme yöntemidir. MR'ın rektal kanser evrelemesi ve tedaviye yanıt değerlendirmesindeki merkezi rolü göz önüne alındığında, bu yöntem rektum kanserli hastaların görüntülenmesi için multiparametrik olarak anatomik ve biyolojik bilgiyi bir arada veren çekici bir kombinasyon sunmaktadır. MR, primer rektal tümörlerin evrelenmesinde standart görüntüleme yöntemidir ancak metastatik hastalığı tespit etmede, lenf nodu tutulumunu karakterize etme ve kemoterapi/radyoterapi sonrası tedavi yanıtını değerlendirmede yeteneği sınırlıdır (4). PET/MR'ın rektum kanserindeki rolü konusunda ümit verici olmasına rağmen, PET ve MR'nin eşzamanlı değerlendirilmesinin rolü ve hastalığın karakterizasyonunu iyileştirmek için bilgilerin nasıl kullanılacağı henüz tam olarak netleşmemiştir. Bu yazı ile rektum kanserli hastalarda PET/MR'ın potansiyel rolünün daha iyi tanımlanması amaçlanmıştır.

PET/MR'da Önerilen Çekim Protokolleri

Modern PET/MR cihazlarında her iki modalitenin görüntüleri eş zamanlı elde edilebilmektedir (5). Bu sistemlerde hasta ve organ hareketinden kaynaklanan zorluklarının önüne geçebileceği ve daha iyi ve net anatomik ve metabolik birleştirme sağlanabilmektedir (6).

Rektum kanserlerin PET/MR görüntülemesinde öncelikle pelvisten PET görüntüleme ile birlikte T2 ağırlıklı aksiyal, koronal ve sagittal MR görüntülemeleri yapılmaktadır. Opsiyonel olarak pelvisten difüzyon ağırlıklı görüntüleme (DAG) ve dinamik kontrastlı görüntüleme yapılabilmektedir. Tüm bu protokol yaklaşık 20 dakika sürmektedir. Daha sonra kraniyal verteksten uyluk orta kesimine kadar 5-6 yatak pozisyonunda tamamlanan tüm vücut PET görüntüleme ve buna ilave olarak aynı yatak pozisyonları için eşzamanlı olarak atenuasyon düzeltme ve anatomik lokalizasyon-füzyon için kullanılan 3D-fast spin echo T1 ağırlıklı MR sekansları (LAVA/Dixon) alınmaktadır. Bu da yaklaşık 20 dakikada tamamlanmaktadır. Bunlara abdomene yönelik T2 ağırlıklı sekanslar eklenir. Karaciğer lezyonlarını daha iyi karakterize etmek adına batın MR'ı hepatobilier spesifik bir kontrast ile de yapılabilir (7).

Şekil 1'de rektum kanserinde önerilen çekim protokolü özetlenmiştir.

Özellikle peritoneal karsinomatozis gibi gibi metastatik hastalığın tespitine yardımcı olan DAG görüntüleme ve dinamik kontrastlı görüntüleme de protokole eklenebilir.

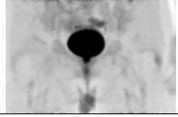
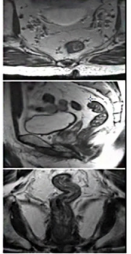
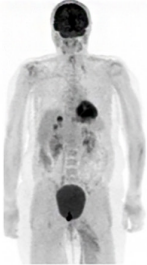
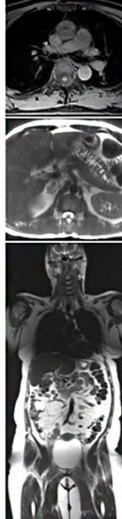

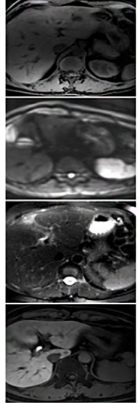
Pelvik görüntülemeyi, tüm vücut görüntüleri ile birleştirmek mümkün olmasına rağmen çoğu merkez her birini ayrı ayrı uygulamaktadır.

PET/MR'dan elde edilen standart uptake değerleri (SUV) ve görünür difüzyon katsayısı (ADC) kantitatif parametrelerinin kullanılmasıyla katı tümörlerde yanıt değerlendirme kriterlerine göre tedavi etkinliğinin daha iyi değerlendirilmesi mümkündür. Bazı merkezlerde bağırsak hareketini en aza indirmek için incelemenin başlamasından hemen önce skopolamin bütülbromid veya glukagon, gibi farmakolojik müdahaleler uygulanmaktadır.

Primer Tümör Evrelemesinde PET/MR

PET/MR görüntülemesi başlangıç evrelemesinde MR'ın sağladığı yüksek yumuşak doku çözünürlüğü ve tümör evresinin uygun cerrahi planlama için gerekli

REKTAL KANSER PET/MR PROTOKOLÜ

PELVİS (20 Dk)		TÜM VÜCUT GÖRÜNTÜLEME (20 Dk)		KARACİĞER (20 Dk) OPSİYONEL	
Pelvis PET	Aksiyal-Koronal-Sagittal T2 MR Görüntüleme	TÜM VÜCUT PET	T1, T2 ve Koronal T2 MR Görüntüleme	BATIN PET	Dinamik, Diffüzyon, T2 ve Hepatobilier Kontrastlı MR Görüntüleme
					
	DWI DCE Opsiyonel Olarak Difüzyon Ağırlıklı Görüntüleme ve Dinamik Kontrastlı MR Görüntüleme				

Şekil 1. Rektum kanserinde PET/MR görüntüleme protokolü özetlenmiş olup, farklı merkezlerde farklı görüntüleme opsiyonları kullanılabilir.

PET/MR: Pozitron emisyon tomografisi/manyetik rezonans

çevresel rezeksiyon sınırının güvenilir bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlar (8). Her ne kadar MR, T evrelemesi için referans standart olsa da F-18 FDG PET görüntülemesi ile kombine edilmesi, hem primer lezyon tespitinde hem de primer tümörün sınırlarının belirlenmesinde tanıya yardımcı olabilmektedir (8). PET ve MR'ın eşzamanlı değerlendirilmesi rapor okuyan hekimin güvenini artırmakta ve bu şekilde tümörün muskularis proprianın ötesine yayılmasını karakterize etmesine yardımcı olabilir. Genel olarak, PET/MR'ın önemli bir avantajı olan primer tümöral lezyonun tespiti ve karakterizasyonuna (T evrelemesi) ek olarak N) ve M evreleme için F-18 FDG PET/MR görüntülemenin kullanılmasının tedavi yönetiminde faydalı olabileceği gösterilmiştir. Şekil 2'de primer rektum kanseri tanısı olan hastanın PET/MR görüntüleme bulguları mevcuttur.

Nodal Hastalık Görüntülemeye PET/MR

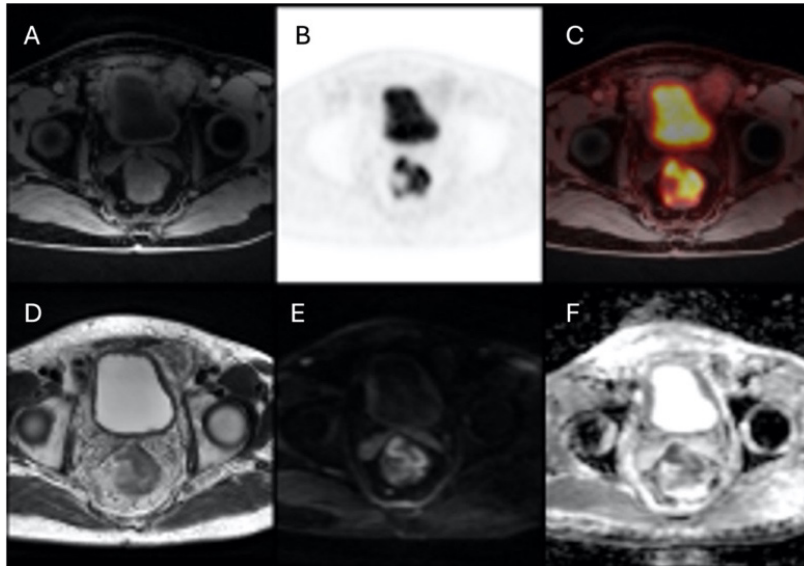
Rektum kanserinin MR görüntülemesinde en önemli konulardan biri küçük lenf nodlarının doğru karakterizasyonudur. 1 cm'den büyük lenf nodları MR'da kolaylıkla malign olarak karakterize edilir, ancak 1 cm'den küçük lenf nodlarının varlığında MR'ın özgüllüğü düşüktür. Nodal karakterizasyon için MR kadar kapsamlı bir şekilde araştırılmış olmasa da PET'teki hipermetabolizma, özellikle küçük lenf nodlarında metastaz açısından MR'dan daha yüksek bir özgüllüğe

sahiptir. Bu nedenle, yapılan çalışmalarda PET'in MR ile kombine edilmesinin, küçük pelvik metastatik lenf nodlarının daha iyi tespit edebileceğini göstermektedir (9). PET/MR'ın tek başına BT veya PET/BT'ye göre, pelvisin MR sekanslarıyla eş zamanlı olan daha uzun PET çekiminin, küçük perirektal lenf nodları için metastaz açısından daha yüksek duyarlılığa sahip olduğu gösterilmiştir (10). 1 cm'den küçük perirektal lenf nodlarında F-18 FDG-PET'te pozitif hastalığı belirlemek için bir SUV eşik değeri olup olmadığı açık değildir. Ancak lenf nodlarının küçük boyutu ve ilişkili kısmi hacim artefaktı göz önüne alındığında, geri plan aktivitesinden daha fazla tutulum genellikle pozitif kabul edilir.

Şekil 3'de rektum kanseri tanısı alan hastada sağ internal iliak lenfatik lojda metastaz ile uyumlu lenf noduna ait tutulum izlenmektedir.

Metastatik Hastalık Görüntülemeye PET/MR

M evrelemesinde PET/MR'ın duyarlılığı ve özgüllüğü sırasıyla 0,97 ve 0,90 olarak bildirilmektedir (11). Akciğer, sünrenal, kemik ve peritoneal yayılım gibi karaciğer dışı metastazlar PET/MR ile tespit edilebilmektedir. En sık metastaz yeri karaciğer olup, sağ kalım için önemli prognostik faktörlerden biridir. On sekiz çalışmanın dahil edildiği bir meta-analizde, PET/MR'ın karaciğer metastazlarını tespit etmede yüksek özgüllük (0,99) ve duyarlılık (0,86) ile son derece etkili bir görüntüleme



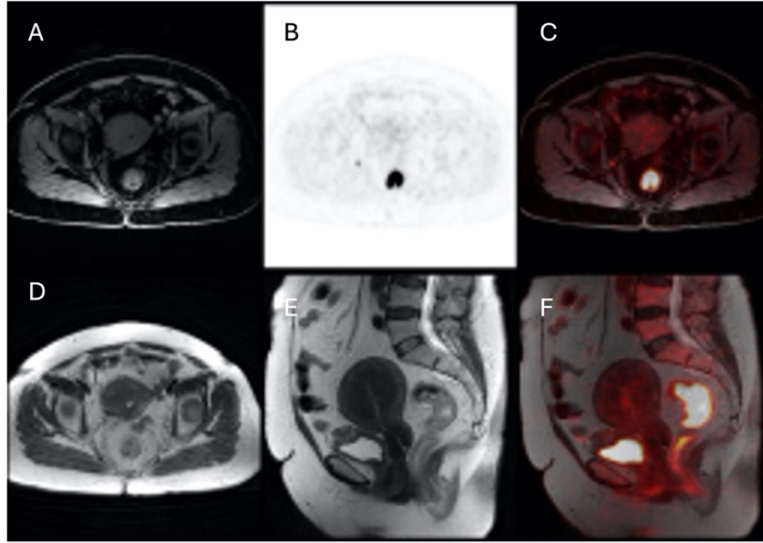
Şekil 2. Rektum kanseri tanılı hastanın F-18 FDG PET/MR görüntüleri. Aksiyel T1A (A), FDG PET (B), PET-T1A füzyon (C) ve T2A (D) görüntülemelerinde rektumda lümeni daraltan, yoğun düzeyde F-18 FDG tutulumu gösteren DAG (b=1000) (E) ve ADC haritasında (F) belirgin difüzyon kısıtlamasının eşlik ettiği primer tümöral lezyon izlenmektedir

FDG: Florodeoksiglukoz, MR: Manyetik rezonans, PET: Pozitron emisyon tomografi, DAG: Difüzyon ağırlıklı görüntüleme, ADC: Görünür difüzyon katsayısı

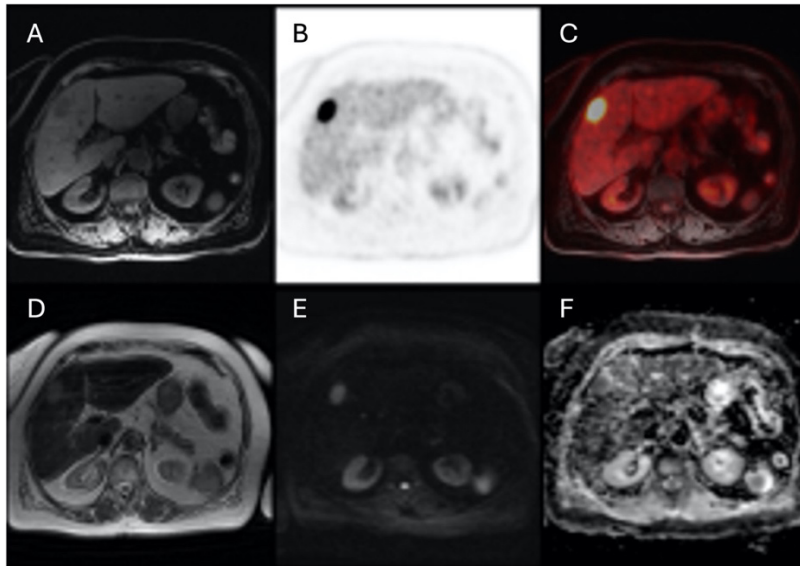
modalitesi olduğu gösterilmektedir (10). Ayrıca, PET/MR protokolüne hepatosit-spesifik kontrast maddeler eklenerek, karaciğer metastazlarını tespit etme yeteneğinin büyük oranda artırılarak daha yüksek bir tanısal performansa ulaşabileceği bildirilmektedir. Buna ek olarak, DAG ve ADC haritaları, peritoneal implantlar

ve uzak nodal metastazların tespitinde MR bileşeninin tanısal doğruluğuna katkı sağlayabilir (11,12).

Şekil 4'de metastatik kolon kanseri tanısı olan ve karaciğerde metastaz tespit edilen hastanın PET/MR görüntüleri mevcuttur.



Şekil 3. Rektum kanseri tanılı hastanın F-18 FDG PET/MR görüntüleri. Aksiyel T1A (A), FDG PET (B), PET-T1A füzyon (C), aksiyel T2A (D), sagittal T2A (E) ve sagittal T2A PET/MR füzyon görüntülemelerinde rektumda lümeni daraltan yoğun düzeyde FDG tutulumu gösteren kitle lezyon ile sağ internal iliak lenfatik alanda metastatik karakterde hipermetabolik, milimetrik boyutlu bir adet lenf nodu izlenmektedir
FDG: Florodeoksiglukoz, PET: Pozitron emisyon tomografi, MR: Manyetik rezonans



Şekil 4. Metastatik kolon kanseri tanılı hastanın F-18 FDG PET/MR görüntüleri. Aksiyel T1A(A), FDG PET (B), PET-T1A füzyon (C) ve T2A (D) görüntülemelerinde karaciğer sağ lobunda artmış FDG tutulumu gösteren, DAG (b:1000) (E) ve ADC haritasında (F) belirgin difüzyon kısıtlamasının izlendiği metastatik lezyon dikkati çekmektedir

FDG: Florodeoksiglukoz, PET: Pozitron emisyon tomografi, MR: Manyetik rezonans, DAG: Difüzyon ağırlıklı görüntüleme, ADC: Görünür difüzyon katsayısı

Tedavi Cevabını Değerlendirmede PET/MR

Lokal ileri ve metastatik hastalarda, tedaviye yanıtın değerlendirilmesinde MR en sık tercih edilen görüntüleme yöntemidir. Konvansiyonel morfolojik T2A imajların yeterli olmaması nedeniyle, DAG ile ADC haritalamasının da değerlendirilmesi önerilmektedir. Bazı çalışmalarda, neoadjuvan kemoradyoterapi (KRT) sonrası ADC değerinin yükselmesi iyi yanıt ile ilişkili bulunmuştur. Yine karaciğer metastazlarına yönelik tedavi yanıtının değerlendirilmesinde, ADC değerindeki değişikliğin kullanılması önerilmektedir. Ancak, aksini bildiren çalışmaların da mevcut olması nedeniyle bu konuda net bir fikir birliği sağlanamamıştır (13,14). Cerrahi veya KRT sonrası oluşan skar dokusu veya desmoplastik reaksiyonlar gibi lokal değişiklikler nedeniyle, rezidü veya lokal nüksü morfolojik olarak tanımlamak zor olabilmektedir. Bununla ilişkili olarak, doğru bir yeniden evrelemede F-18 FDG PET ile elde edilen metabolik bilgiler önemli katkı sağlamaktadır. Lambrecht ve ark. (14) yaptığı bir çalışmada, KRT'nin başlangıcından önceki SUV_{maks} değeri ile karşılaştırıldığında, KRT sırasında ve 5 hafta sonraki SUV_{maks} değişikliklerinin tedaviye patolojik yanıt ile anlamlı derecede korele olduğunu göstermiştir (14). PET/MR, tedaviye yanıtın ve tümör nüksünün değerlendirilmesinde, MR ve PET'in avantajlarını birlikte sunmaktadır. Bu nedenle, nüks veya yeni gelişen metastaz şüphesi olan hastalarda yeniden evrelemede tercih edilebilecek görüntüleme yöntemleri arasında ilk sıralarda yer almaktadır.

PET/MR Görüntülemenin Kısıtlılıkları

PET/MR, diğer görüntüleme yöntemleriyle kıyaslandığında hastalığın değerlendirilmesi ve yönetimine katkı sağlayacak avantajlar sunmasına rağmen, kullanımının yaygınlaşmasını kısıtlayan bazı kısıtlılıklara da sahiptir. Solunum artefaktları ve akciğer parankiminin hava içeriği nedeniyle küçük akciğer nodüllerinde (<1 cm) BT ile karşılaştırıldığında duyarlılık ve özgüllük daha düşüktür (15). Ancak küçük akciğer nodüllerinde, akciğer parankimi ve mediastinal ve plevral infiltrasyonlar için kullanılan ileri MR teknikleri (gated, *ultrashort echo time* ve *zero echo time*, hareket düzeltme) gibi teknikler ile bu kısıtlamaların önüne geçilebileceği belirtilmektedir (16). PET/BT'de atenüasyon haritalaması BT görüntülerine dayandığından daha doğru ve kolaylıkla oluşturulabilirken; PET/MR'da, MR görüntüleri proton yoğunluğunu yansıttığı için doğrudan foton atenüasyonunu göstermez. Bu yüzden doğru atenüasyon

haritaları oluşturmak daha karmaşıktır (17,18). Tüm vücut PET/MR görüntülemenin konvansiyonel MR'a kıyasla daha uzun sürmesi, hastaların konforunu etkileyerek hareket artefaktlarına ve hasta toleransının azalmasına neden olabilmektedir. Ayrıca, PET/MR cihazları oldukça pahalı olmaları nedeniyle kısıtlı sayıda sağlık merkezinde bulunduğundan erişimi sınırlıdır.

PET/MR Görüntülemesinin Potansiyel Klinik Rolü

PET/MR, rektum kanseri için evreleme ve tedavi sonrası rutin görüntüleme yöntemi haline gelme potansiyeline sahip olup, prognostik bilgi sağlama ve hastaları cerrahi ve cerrahi olmayan tedavi için sınıflandırma yeteneğine sahiptir. PET/MR'ın primer hastalığının evrelemedeki rolünü, standart görüntülemeler ile karşılaştırmak için ileriye dönük randomize çalışmalara gereksinim vardır.

Kolorektal kanserlerde F-18 FDG PET/MR ile FDG PET/BT'yi karşılaştıran çeşitli çalışmalarda F-18 FDG PET/MR'ın duyarlılığı F-18 FDG-PET/BT'ye göre daha yüksek bulunmuş olup PET/MR'da duyarlılık %59 ile %94 arasında değişirken PET/BT'de ise yaklaşık %58 ile %88 arasında bulunmuştur. FDG PET/MR'ın özgüllüğü %87 ile %100 arasında değişirken FDG PET/BT %75 ile %100 arasında değiştiği gösterilmiştir (19,20).

Tedavi sonrası yanıt değerlendirmesinde, tümör dokusunun parsiyel veya tam yanıt göstererek fibrotik dokuya dönüşümünde, FDG PET/BT ile küçük kalıntı hastalığın tespit edilememesi nedeniyle yanlış negatif sonuç oluşabilmektedir. Morfolojik, fonksiyonel ve metabolik özellikleri birleştirerek FDG PET/MR bu sorunların üstesinden gelebilir ve neoadjuvan kemoterapi ve radyoterapi sonrasında hastaların yeniden evrelendirilmesi daha doğru şekilde yapılabilir.

Son zamanlarda kullanılmaya başlanan yapay zeka yöntemi olan radyomiks (görüntü özelliklerinden büyük miktarda verinin çıkarılmasını ve bunların klinik veriler ya da genetik profillerle korelasyonu esasına dayanan yöntem) ile F-18 FDG PET/BT ve MR verilerinin incelenmesi rezidü ve nüks doku ayırımında fayda sağlayabileceği öngörülmektedir. Giannini ve ark. (21) lokal ileri evre rektal kanseri olan 52 hastayı karşılaştırdığı bir çalışmada, histopatoloji bulgularının, F-18 FDG PET/BT ve MR görüntülerinden gelen doku özellikleri ile uyumlu olduğunu göstermektedir. Bu bulgulara dayanarak, F-18 FDG PET ile MR radyomiks özelliklerini birleştirerek yalnızca MR özelliklerini içeren modellere göre duyarlılık ve özgüllüğün daha yüksek olduğunu belirtmektedir (21).

Kaynaklar

- Jemal A, Bray F, Center MM, Ferlay J, Ward E, Forman D. Global cancer statistics. *CA Cancer J Clin.* 2011;61:69-90.
- Rao SX, Zeng MS, Xu JM, et al. Assessment of T staging and mesorectal fascia status using high-resolution MRI in rectal cancer with rectal distention. *World J Gastroenterol.* 2007;13:4141-4146.
- NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology: Colon Cancer. National Comprehensive Cancer Network. Available at http://www.nccn.org/professionals/physician_gls/pdf/colon.pdf. Version 1.2024 — January 29, 2024; Accessed: February 13, 2024.
- Cerny M, Dunet V, Prior JO, et al. Initial staging of locally advanced rectal cancer and regional lymph nodes: comparison of diffusion-weighted MRI with 18F-FDG-PET/CT. *Clin Nucl Med.* 2016;41:289-295.
- Boellaard R, Quick HH. Current image acquisition options in PET/MR. *Semin Nucl Med.* 2015;45:192-200.
- Schwenzer NF, Schmidt H, Claussen CD. Whole-body MR/PET: applications in abdominal imaging. *Abdom Imaging.* 2012;37:20-28.
- Horvat N, Carlos Tavares Rocha C, Clemente Oliveira B, Petkowska I, Gollub MJ. MRI of rectal cancer: tumor staging, imaging techniques, and management. *Radiographics.* 2019;39:367-387.
- Jeong JH, Cho IH, Chun KA, Kong EJ, Kwon SD, Kim JH. Correlation between apparent diffusion coefficients and standardized uptake values in hybrid (18)F-FDG PET/MR: preliminary results in rectal cancer. *Nucl Med Mol Imaging.* 2016;50:150-156.
- Buchbender C, Heusner TA, Lauenstein TC, Bockisch A, Antoch G. Oncologic PET/MRI, part 1: tumors of the brain, head and neck, chest, abdomen, and pelvis. *J Nucl Med.* 2012;53:928-938.
- Rosenkrantz AB, Friedman K, Chandarana H, et al. Current status of hybrid pet/MRI in oncologic imaging. *AJR Am J Roentgenol.* 2016;206:162-172.
- Langman G, Patel A, Bowley DM. Size and distribution of lymph nodes in rectal cancer resection specimens. *Dis Colon Rectum.* 2015;58:406-414.
- Mirshahvalad SA, Hinzpeter R, Kohan A, et al. Diagnostic performance of [18F]-FDG PET/MR in evaluating colorectal cancer: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2022;49:4205-4217.
- Catalano OA, Coutinho AM, Sahani DV, et al. Colorectal cancer staging: comparison of whole-body PET/CT and PET/MR. *Abdom Radiol (NY).* 2017;42:1141-1151.
- Lambrecht M, Deroose C, Roels S, et al. The use of FDG-PET/CT and diffusion-weighted magnetic resonance imaging for response prediction before, during and after preoperative chemoradiotherapy for rectal cancer. *Acta Oncol.* 2010;49:956-963.
- Brendle C, Schwenzer NF, Rempp H, et al. Assessment of metastatic colorectal cancer with hybrid imaging: comparison of reading performance using different combinations of anatomical and functional imaging techniques in PET/MRI and PET/CT in a short case series. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2016;43:123-132.
- Mainenti PP, Stanzione A, Guarino S, et al. Colorectal cancer: parametric evaluation of morphological, functional and molecular tomographic imaging. *World J Gastroenterol.* 2019;25:5233-5256.
- Stolzmann P, Veit-Haibach P, Chuck N, et al. Detection rate, location, and size of pulmonary nodules in trimodality PET/CT-MR: comparison of low-dose CT and Dixon-based MR imaging. *Invest Radiol.* 2013;48:241-246.
- Hope TA, Kassam Z, Loening A, McNamara MM, Paspulati R. The use of PET/MRI for imaging rectal cancer. *Abdom Radiol (NY).* 2019;44:3559-3568.
- Plodeck V, Platzek I, Streitig J, et al. Diagnostic performance of 18F-fluorodeoxyglucose-PET/MRI versus MRI alone in the diagnosis of pelvic recurrence of rectal cancer. *Abdominal Radiology.* 2021;46:5086-5094.
- Paspulati RM, Partovi S, Herrmann KA, Krishnamurthi S, Delaney CP, Nguyen NC. Comparison of hybrid FDG PET/MRI compared with PET/CT in colorectal cancer staging and restaging: a pilot study. *Abdom Imaging.* 2015;40:1415-1425.
- Giannini V, Mazzetti S, Bertotto I, et al. Predicting locally advanced rectal cancer response to neoadjuvant therapy with 18F-FDG PET and MRI radiomics features. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2019;46:878-888.