

# CÁC TIẾN BỘ CÔNG NGHỆ VÀ ỨNG DỤNG PET/MRI TRONG LÂM SÀNG

*PGS, TS, BS Lê Ngọc Hà – Khoa Y Học Hạt Nhân, Bệnh viện TWQĐ 108*

*Email address: lengocha108@yahoo.com*

Trong y học hạt nhân, hình ảnh lai ghép PET/CT, SPECT/CT đã được sử dụng thường quy trong lâm sàng khoảng 2 thập kỷ qua. Tuy nhiên, gần đây, các hệ thống PET/MRI thương mại mới được ra đời từ năm 2011 và là một phương tiện chẩn đoán mới không chỉ trong nghiên cứu mà còn bước đầu ứng dụng thực hành lâm sàng. Bài tổng quan giới thiệu những tiến bộ hiện nay của PET/MRI trong lâm sàng nhấn mạnh đến các ứng dụng của PET/MRI trong ung thư. Mặc dù PET/MRI không thay thế được PET/CT và không có những ưu thế nổi bật nếu chỉ sử dụng MRI chỉ để đánh giá đơn thuần về mặt hình thể khi so sánh với CT trong PET/CT, PET/MRI có nhiều ưu điểm bao gồm độ phân giải, tương phản cao khi phân tích hình ảnh tổn thương mô mềm, cung cấp nhiều thông tin chức năng dựa trên các kỹ thuật của MRI và giảm liều bức xạ kết hợp với các dữ liệu phân tử của PET. Khả năng phát hiện của MRI được cải thiện hơn so với CT đối với các tổn thương ở não, vú, gan, thận, tiền liệt tuyến và xương dẫn tạo ra những ưu điểm nổi bật của PET/MRI so với PET/CT. Tuy nhiên, một số thách thức đối với PET/MRI vẫn còn tồn tại như giá thành cao, thời gian chụp kéo dài, quy trình phức tạp cao và giá trị chẩn đoán không khác biệt rõ rệt so với PET/CT hoặc kết hợp hình ảnh PET và MRI trong một số bệnh lý. Cùng với sự phát triển của công nghệ, PET/MRI sẽ tiếp tục là một công cụ nghiên cứu hiện đại và sẽ trở nên một kỹ thuật chẩn đoán trong thực hành đối với một số bệnh lý trong ung thư, thần kinh và tim mạch.

***Từ khoá:*** hình ảnh lai ghép, PET/CT, PET/MRI

## **TECHNICAL ADVANCES AND APPLICATIONS OF PET/MRI IN CLINICAL PRACTICE**

In diagnostic nuclear medicine, hybrid imaging using PET/CT or SPECT/CT is routinely used to evaluate many cancers for 2 decades. However, the onset hybrid PET/MRI systems are commercially available since 2011 and offer additional diagnostic possibilities not only mainly used as a researches but also in clinical practices. This review explores recent advancements of PET/MRI for clinical practice uses with a focus on clinical oncology applications.

Although PET/MRI could not replace PET/CT and there was no advantage of using PET/MR imaging if merely using MRI for imaging morphology instead of CT when compared with PET/CT, many advantages of PET/MRI include a superior soft tissue contrast resolution, the capability to provide functional and multiparametric imaging data based on advanced MRI techniques (diffusion-weighted imaging, dynamic perfusion imaging, magnetic resonance spectroscopy...) and reduced exposure to ionizing radiation, that are complementary with the molecular data provided by PET. The improved lesion detection within the brain, breast, liver, kidneys, prostate and bone of MRI compared with that of CT is expected to achieve an overall

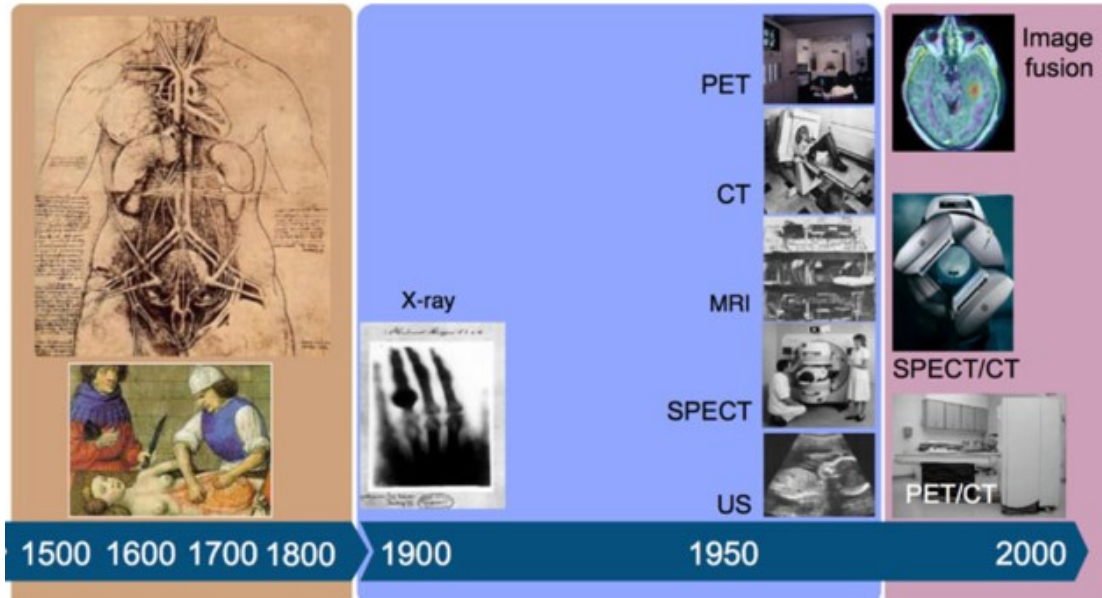
diagnostic advantage for PET/MRI over PET/CT. Despite many potential advantages, a number of challenges to clinical adoption of PET/MRI remain such as the higher costs, the slower scanning times with associated lower patient throughputs, the increased complexity, and the relative lack of diagnostic benefit of PET/MRI in some clinical applications compared to either PET/CT or independently acquired PET and MRI.

Together with technology development and its availability, at present time PET/MR imaging will continue to be used as a research tool and will become the diagnostic technique on routine clinical basis in selected disease entities not only for oncological and neurologic imaging applications but also for cardiac imaging application

*Keywords: hybrid imaging, PET/CT, PET/MRI*

## **MỞ ĐẦU**

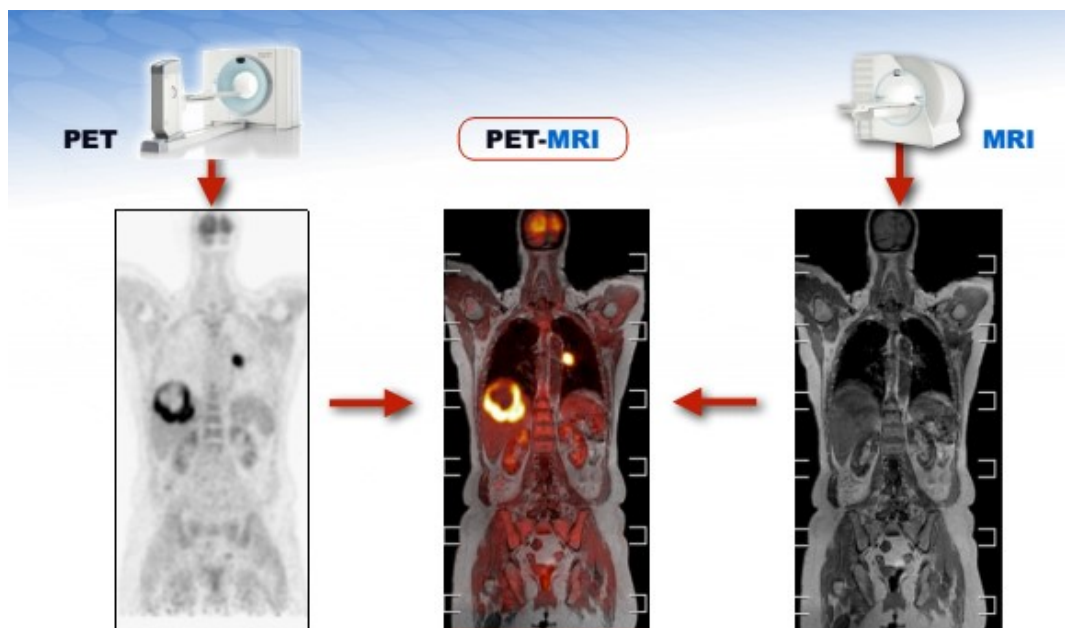
Trước đây, để chẩn đoán bệnh, các phương pháp xâm nhập thường được áp dụng và gây đau đớn cho bệnh nhân nhưng cũng chỉ chẩn đoán bệnh khi đã ở vào giai đoạn muộn. Trong những thập niên cuối của thế kỷ 20, sự phát triển của khoa học công nghệ đã đem lại những lợi ích rõ rệt trong Y học. Đầu tiên, sự phát minh ra tia X, sau đó là sự xuất hiện máy CT đầu tiên vào những năm 1970 và MRI vào những năm 1980 đã đem lại những đột phá trong Y học hiện đại. Hình ảnh giải phẫu trên CT và MRI giúp chẩn đoán, đánh giá giai đoạn, và theo dõi đáp ứng điều trị bệnh. Tuy nhiên, hình ảnh giải phẫu trên CT và MRI không phải lúc nào cũng phản ánh được hết quá trình sinh lý của bệnh. Chẩn đoán chức năng hay còn gọi là hình ảnh chuyển hóa đã làm thay đổi tích cực trong chẩn đoán và điều trị bệnh mặc dù chưa được kết hợp với hình ảnh giải phẫu trên CT hoặc MRI. Đến năm 1963, hình ảnh lai ghép đầu tiên giữa SPECT và CT đã ra đời, sau đó đến 1973 máy PET được phát minh và đến năm 2000 máy PET lai ghép CT đã xuất hiện trong thực hành lâm sàng (hình 1). Từ đó đến nay, các hình ảnh lai ghép SPECT/CT và PET/CT mang các thông tin cả về giải phẫu và chuyển hóa đã ngày càng trở nên hoàn thiện hơn vai trò của mình. PET kết hợp với MRI vẫn đang trên đường được đưa vào ứng dụng lâm sàng từ một vài năm trở lại đây.



Hình ảnh giải phẫu xâm nhập 1500- 1800    Hình ảnh giải phẫu chẩn đoán không xâm nhập 1900- 1950    Hình ảnh lai ghép Từ 2000- nay

**Hình 1.** *Quá trình phát triển của chẩn đoán hình ảnh từ thế kỷ 16 đến nay (nguồn: Thomas Beyer Insights Imaging (2011) 2:161–169)*

Các ý tưởng về công nghệ về ghi hình ảnh lai ghép giữa PET và MRI đã có lâu. Cũng giống như SPECT/CT hay PET/CT, sự phát triển về công nghệ trong chẩn đoán hình ảnh và y học hạt nhân hiện nay cho phép tạo ra một phương pháp chuyên hoá (PET) kết hợp với hình ảnh về cấu trúc, giải phẫu với độ tương phản và phân giải cao (MRI) trên một hệ thống ghi hình và tái tạo hình ảnh (hình 2). Hệ thống PET/MRI đầu tiên trên thế giới bắt đầu được đưa vào thử nghiệm trên người lần đầu tiên vào tháng 2 năm 2010 tại Trung tâm y tế Mount Sinai ở New York và Bệnh viện trường Geneva. Các hệ thống PET/MRI thương mại mới được ra đời từ năm 2011 và là một phương tiện chẩn đoán mới không chỉ trong nghiên cứu mà còn bước đầu ứng dụng thực hành lâm sàng.

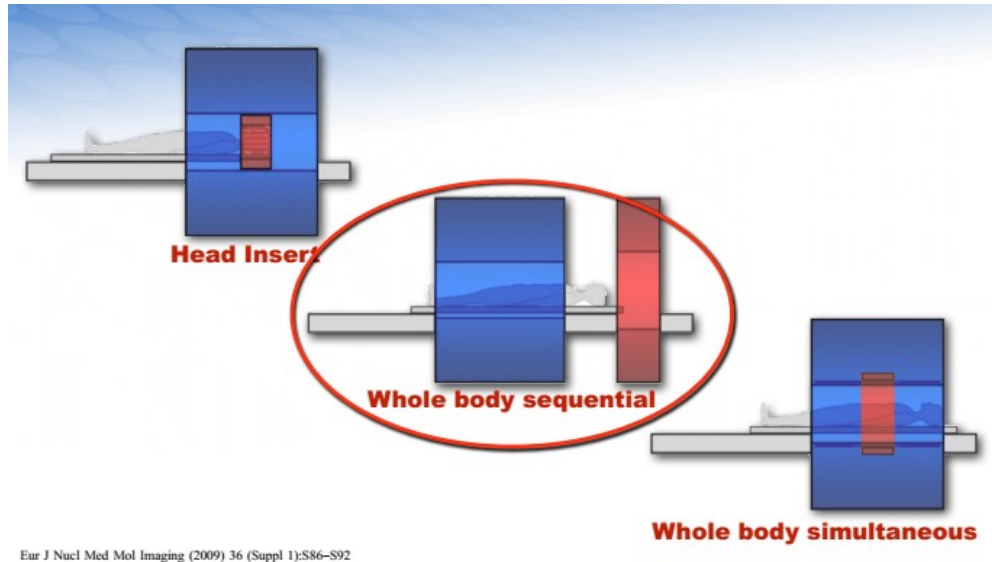


**Hình 2.** Sự kết hợp ghi hình chuyển hoá PET (hình trái), kết hợp với MRI (hình phải) tạo nên hình ảnh kết hợp PET/MRI (hình giữa).

## CÁC TIẾN BỘ VỀ CÔNG NGHỆ PET/MRI

Các hệ thống máy PET/MRI có sự phát triển về phương pháp ghi hình trong những năm gần đây. Ban đầu, việc ghi hình riêng rẽ được thực hiện bởi hệ thống PET/CT và MRI tách biệt nhưng trên cùng một bàn. Hình ảnh phân mềm sẽ xử lý, tái tạo hình ảnh tạo nên hình ảnh kết hợp PET và MRI. Ưu điểm chính của hệ thống này là dựa trên các nền tảng của PET/CT, MRI sẵn có và sử dụng CT để hiệu chỉnh suy giảm. Tuy nhiên, thời gian ghi hình tăng lên (thu nhận PET/CT và cộng hưởng từ riêng biệt), nhiều khả năng hình ảnh bị sai lệch vị trí do thời gian, do vận động của bệnh nhân giữa các thời điểm thu nhận hình ảnh. Tiếp theo, hệ thống PET/MRI được phát triển với việc ghi hình PET và cộng hưởng từ được thực hiện lần lượt bằng gantry PET và MRI tách biệt trong cùng một phòng. Hệ thống PET/MRI này cho phép cải thiện sự kết hợp hình ảnh so với sử dụng PET và MRI tách biệt với sử dụng bàn xoay. Tuy nhiên, việc hiệu chỉnh suy giảm gặp vấn đề khi không sử dụng CT. Một số nhà sản xuất đã chế tạo hệ thống tích hợp PET/MRI với việc sử dụng đầu thu PET được đặt trong gantry MRI với ống nhân quang silicon. Đặc biệt, sử dụng đầu thu PET dạng đặc (solid-state detector) tương thích với từ trường bên ngoài, loại đầu thu này nhỏ hơn đầu thu truyền thống, phù hợp với các thiết kế tích hợp. Việc thu nhận đồng thời PET và cộng hưởng từ giúp giảm thời gian thu nhận, cải thiện chất lượng hình ảnh, tránh được sự thu nhận sai lệch

vị trí giữa PET và MRI (misregistration). Hơn nữa, hệ thống còn có thể đồng thời ghi hình động các quá trình sinh bệnh lý trên cả PET và MRI.



**Hình 3.** Thiết kế hệ thống gantry PET/MRI thu nhận hình ảnh toàn thân PET và cộng hưởng từ kế tiếp (hình giữa) và thu nhận đồng thời (hình bên phải).  
 Nguồn: Eur J Nucl Med Mol Imaging (2009); 36 Suppl 36: S88-92.

Sự kết hợp PET và MRI trên cùng một hệ thống cũng gặp nhiều thách thức về mặt kỹ thuật cần giải quyết. Sử dụng thuật toán Dixon để tối ưu hiệu chỉnh suy giảm dựa trên MRI Dixon giúp cho bán định lượng các giá trị hấp thu chuẩn (SUV). Các hệ thống PET/CT hiện đại trong tương lai cần hiệu chỉnh để cải thiện sự đồng nhất về từ trường tránh hiện tượng tạo ra các khuyết hồng từ trường các chi trong thu nhận hình ảnh toàn thân (truncation correction), hiệu chỉnh sự chuyển động của bệnh nhân (motion correction), hiệu chỉnh các nhiễu tạp và giảm liều chiếu bệnh nhân ...

Một số nghiên cứu về hệ thống PET/MRI thế hệ mới có những ưu điểm nhất định so với PET/CT như sau (bảng 1).

**Bảng 1.** So sánh các ưu điểm của PET/MRI và PET/CT trong ung thư

	Ưu điểm của PET/MRI	Ưu điểm của PET/CT
Phát hiện tổn thương	Có ưu điểm với tổn thương não, vú, gan, thận và xương	
Đánh giá bờ của tổn thương	Có ưu điểm trong chẩn đoán giai đoạn T ở các ung thư	Có ưu điểm hơn PET/MRI trong đánh giá

	không phải của phổi và xương	ung thư phổi
Kết hợp hình ảnh chức năng và giải phẫu	Hình ảnh có độ phân giải cao hơn PET/CT, tuy nhiên có thể gặp nhiều ảnh do bệnh nhân di động	Ít gặp các nhiễu ảnh do bệnh nhân di động hơn so với PET/MRI
Mức độ chính xác của đánh giá định lượng	Có ưu điểm hơn PET/CT	
Thời gian chụp hình		PET/CT được ghi hình nhanh hơn
Bức xạ	Giảm 50% liều bức xạ so với PET/CT	
Tiện lợi cho bệnh nhân	Chụp cả PET và MRI trong 01 lần	Vẫn cần chụp thêm MRI trong một số trường hợp
Sự đa dạng của đánh giá các thông số định lượng	Cho phép đánh giá thêm chuỗi xung khuếch tán, tưới máu và phổ trên MRI bên cạnh SUV	
Tính thực tế	Chưa được sử dụng nhiều trong thực tế	Máy PET/CT được ứng dụng rộng rãi ở rất nhiều nơi.

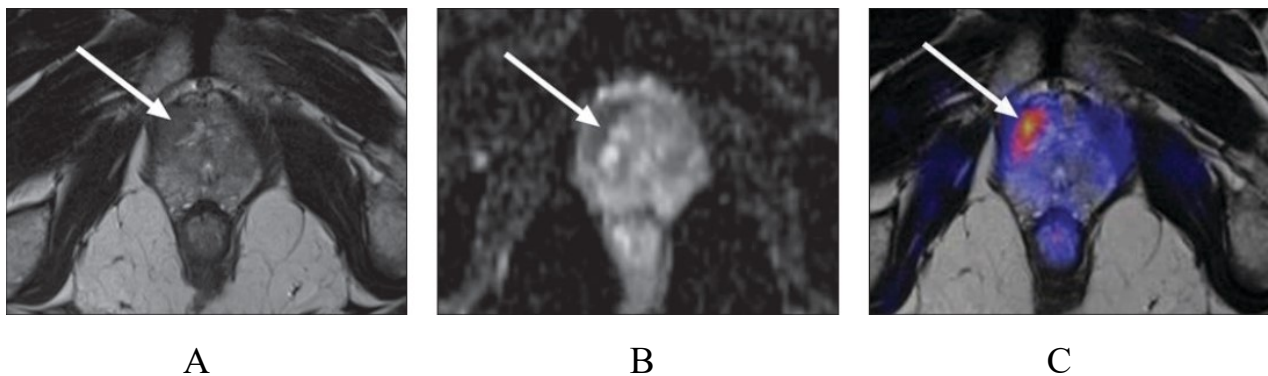
## CÁC ỨNG DỤNG LÂM SÀNG CỦA PET/MRI

Các dược chất phóng xạ thường được sử dụng hiện nay để chụp PET/MRI trong ung thư là đánh giá chuyển hoá đường bằng F-18 FDG hay đánh giá quá trình vận chuyển axit amine và tổng hợp protein bằng các dược chất phóng xạ như C-11 methionine, F-18 fluoroethyl-L-tyrosin: FET, <sup>18</sup>F-fluoro-L-3, 4-dihydroxyphenylalanine: DOPA, tổng hợp DNA (18F-fluorothymidine) và giảm oxy (18F-Fluoromisonidazole). Bên cạnh việc ghi hình bằng các dược chất phóng xạ kể trên, một ưu điểm của PET/MRI là có thể đánh giá các chuỗi xung khác nhau của MRI như T1, T2, DWI, đánh giá tưới máu (PWI: perfusion-weighted imaging), cộng hưởng từ phổ (MR spectroscopy) ...

Các ưu điểm về mặt lâm sàng chủ yếu của PET/MRI là có sự tương phản hình ảnh vượt trội so với PET/CT trong chẩn đoán các loại u ác tính nguyên phát ở xương, đầu-cổ và mô mềm, phát hiện di căn ở não và gan ... Đặc biệt, PET/MRI cho phép phân tích hình ảnh gồm nhiều thông số (multiparametric imaging) trong

một số u ác tính ở não, ung thư tiền liệt tuyến và ung thư gan. PET/MRI giảm liều chiếu đối với bệnh nhân nhi và các bệnh nhân phải chụp nhiều lần.

Hiện nay, vai trò của PET/MRI trong ứng dụng lâm sàng vẫn còn đang được tiếp tục nghiên cứu. Một số ứng dụng của PET/CT đang được tiến hành trong chẩn đoán u não, ung thư vú, ung thư tiền liệt tuyến, ung thư bàng quang, ung thư buồng trứng, cổ tử cung, sarcoma phần mềm và u lympho ác tính. Trong bệnh lý u não, MRI đã khẳng định được vai trò nổi bật trong chẩn đoán. Ngoài ra, kết hợp PET và MRI sẽ có thể giúp định hướng chính xác hơn trong sinh thiết nhờ phân biệt được các đặc điểm tổn thương u não. Đối với bệnh lý ung thư vú, PET/MRI có thể phát hiện rất tốt các tổn thương tại vú và các vị trí khác. PET/MRI thậm chí còn có ưu điểm hơn PET/CT trong phát hiện các tổn thương di căn xa ở gan và não. Trong tất cả các bệnh ung thư, PET/MRI được ứng dụng nhiều nhất đối với ung thư tiền liệt tuyến để chẩn đoán bệnh, đánh giá giai đoạn bệnh, đánh giá các mức độ ác tính (hình 4).



**Hình 4.**  $^{11}\text{C}$ -Choline PET/MRI phát hiện tổn thương giảm tín hiệu trên T2 (A), giảm tín hiệu ADC trên chuỗi xung khuếch tán (B) và tăng chuyển hóa FDG trên hình ảnh kết hợp giữa MRI và PET (C); (nguồn: Eiber M, TU Muenchen, Munich, Germany)

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Knaapen, P., de Haan, S., Hoekstra, O. S., Halbmeijer, R., Appelman, Y. E., Groothuis, J. G. J. van Rossum, A. C. (2010). Cardiac PET-CT: advanced hybrid imaging for the detection of coronary artery disease. *Netherlands Heart Journal*, 18(2), 90–98.
2. Andrew B. Rosenkrantz (2016), “Current Status of Hybrid PET/MRI in Oncologic Imaging”, *AJR* 2016; 206:162–172

3. Thomas Beyer (2011), The future of hybrid imaging, *Insights Imaging (2011)*, 2:235–246.
4. Spick C, Herrmann K, Czernin J. 18F-FDG PET/CT and PET/MRI perform equally well in cancer: evidence from studies on more than 2,300 patients. *J Nucl Med*2016; 57:420–430.
5. Bailey DL, Pichler BJ, Guckel B, et al. Combined PET/MRI: global warming—summary report of the 6th International Workshop on PET/MRI, March 27-29, 2017, Tubingen, Germany. *Mol Imaging Biol*2018; 20:4–20.
6. Delso G, Furst S, Jakoby B, et al. Performance measurements of the Siemens mMR integrated whole-body PET/MR scanner. *J Nucl Med*2011; 52:1914–1922.
7. Levin CS, Maramraju SH, Khalighi MM, Deller TW, Delso G, Jansen F. Design features and mutual compatibility studies of the time-of-flight PET capable GE SIGNA PET/MR system. *IEEE Trans Med Imaging* 2016; 35:1907–1914.
8. Keller SH, Holm S, Hansen AE, et al. Image artifacts from MR-based attenuation correction in clinical, whole-body PET/MRI. *MAGMA*2013; 26:173–181.