

PET/MRI: Hybrid-Bildgebung der Zukunft

Felix P. Kuhn

Klinik für Nuklearmedizin, UniversitätsSpital Zürich



Zusammenfassung

Basierend auf der erfolgreichen klinischen Anwendung von PET/CT-Geräten und grossen Fortschritten in der Entwicklung von PET-Detektoren werden seit kurzer Zeit PET/MRI-Systeme an einzelnen grösseren Universitätskliniken evaluiert. Der Bereich «Bildgebende Verfahren» des UniversitätsSpitals Zürich betreibt seit Herbst 2010 ein PET/CT-MRI-System, welches PET/CT und MRI mittels eines speziell entwickelten Transfer-Tisches verbindet. Durch die sequentielle Aufnahme von PET-, CT- und MRI-Daten und anschliessender Bildfusion können PET/MRI-Bilder direkt mit den übereinstimmenden PET/CT-Bildern verglichen werden.

PET/CT: weltweiter Erfolg der Hybrid-Bildgebung

Der Erfolg der Hybrid-Bildgebung seit der Inbetriebnahme des weltweit ersten klinischen PET/CT-Gerätes am UniversitätsSpital Zürich im Jahr 2001 liegt in der Integration von Anatomie und Funktion. Durch die Möglichkeit der guten anatomischen Zuordnung der Radiotracer-Anreicherungen wurde PET/CT zu einem wertvollen Hilfsmittel in vielen Bereichen der Medizin, insbesondere in der Beurteilung des Stadiums und des Therapieansprechens bei Tumorerkrankungen [1]. In technischer Hinsicht ermöglicht die CT eine schnelle und genaue Korrektur der PET-Daten, da die Schwächung der genutzten Gammastrahlung durch Absorption im Patienten aus den CT-Daten berechnet werden kann. Diese Korrektur ist zur quantitativen Beurteilung der Radiotracer-Anreicherungen absolut notwendig [2].



Felix P. Kuhn

PET/MRI: Hybrid-Bildgebung der Zukunft?

Verglichen mit CT-Bildern zeigen MRI-Bilder einen deutlich besseren Weichteilkontrast, was insbesondere in der Beurteilung des Hirns und der Leber hilfreich ist. MRI bietet zudem die Möglichkeit, neben der makroskopischen Anatomie auch Informationen über Prozesse auf molekularer Ebene zu erhalten. So kann beispielsweise das Diffusionsverhalten von Wassermolekülen gemessen werden. Dies ist hilfreich zum Erkennen von Hirninfarkten, Abszessen oder Tumorgewebe. MRI kann durch Nutzung leicht unterschiedlicher Resonanzfrequenzen die Konzentration verschiedener Moleküle messen, um genauere Informationen über die Zusammensetzung von Geweben zu erhalten (MR-Spektroskopie). Beispiels-

weise können bei Hirntumorerkrankungen Informationen über das Ausmass der Zellproliferation (Cholin), über den Energiestoffwechsel (Kreatin), über Hypoxie und Nekrose (Laktat) sowie über die Integrität von Nervenzellen (N-Azetylaspartat) gewonnen werden. Ferner ermöglicht MRI die Darstellung von Blutgefässen und die Analyse des Blutflusses ohne Verwendung von Kontrastmittel.

PET zeichnet sich dadurch aus, dass gewissermassen «intelligente» Kontrastmittel (Radiotracer) spezifische Stoffwechselabläufe oder Rezeptoren auf den Zelloberflächen darstellen. So kann mittels markierter Zucker- oder Aminosäuremoleküle Tumorgewebe visualisiert werden, mittels Fluorid der Knochenumbau, mittels Neurotransmitter Bewegungsstörungen wie Parkinson oder mittels Ammoniak die Herzdurchblutung. PET und MRI sind in vieler Hinsicht komplementär. Einerseits können Strukturalterationen im MRI durch PET besser charakterisiert werden, andererseits können Veränderungen in der PET erkannt werden, bevor sie im MRI zu Veränderungen der Morphologie führen. So ist es zum Beispiel möglich, Ablagerungen, welche zu Alzheimer führen, mittels spezieller PET-Tracer zu erkennen, bevor die Degeneration von Hirngewebe einsetzt. Da Änderungen auf molekularer Ebene vor Änderungen der Morphologie stattfinden, kann die Wirkung von Medikamenten oder Chemotherapeutika oft schon kurze Zeit nach Therapiebeginn evaluiert werden. Somit ist es möglich, ineffektive Therapien frühzeitig zu stoppen und den Patienten einer anderen Behandlung zuzuführen.

Die Kombination von PET und MRI birgt jedoch auch substantielle technische Herausforderungen. Die erwähnte Schwächungskorrektur der PET-Daten ist nicht direkt aus den MRI-Daten möglich. Daher müssen mittels innovativer Transformationen MRI-Bilder in Pseudo-CT-Bilder umgewandelt werden. Konventionelle MRI-Aufnahmetechniken können Knochen nicht darstellen, und auch die Darstellung von Lungengewebe ist im MRI momentan deutlich schlechter als in der CT. Insgesamt ist MRI eine im Vergleich zur CT langsame Methode, und die Bildqualität hängt stark von der Kooperationsfähigkeit des Patienten ab. Eine Ganzkörperaufnahme mittels CT dauert weniger als eine Minute, was diese Methode äusserst robust und für praktisch alle Patienten gut tolerierbar macht.

Abkürzungen

CT: Computertomographie

MRI: Magnetic Resonance Imaging

PET: Positronen-Emissions-Tomographie

Der Autor hat keine finanzielle Unterstützung und keine anderen Interessenskonflikte im Zusammenhang mit diesem Beitrag deklariert.

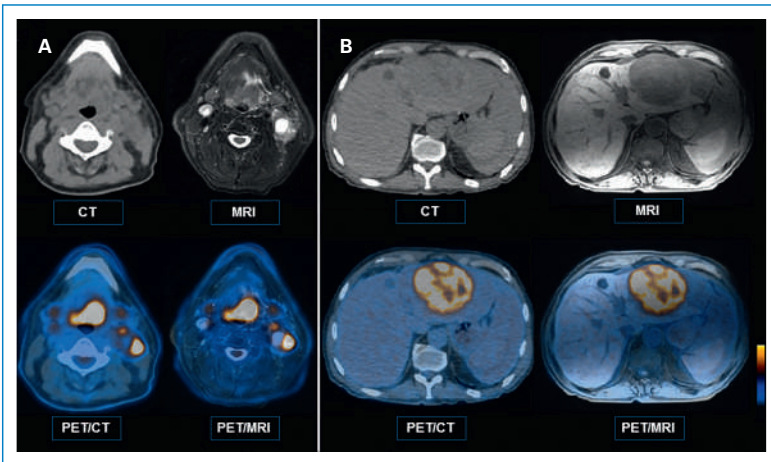


Abbildung 1

Oben: CT- und MRI-Bilder ohne Kontrastmittel. Unten: Fusion mit ^{18}F -Deoxyglucose-PET.

A: Patient mit einem Zungengrundkarzinom und beidseitigen, teilweise nekrotischen Lymphknotenmetastasen. **B:** Patient mit Lebermetastasen eines Pankreaskarzinoms.

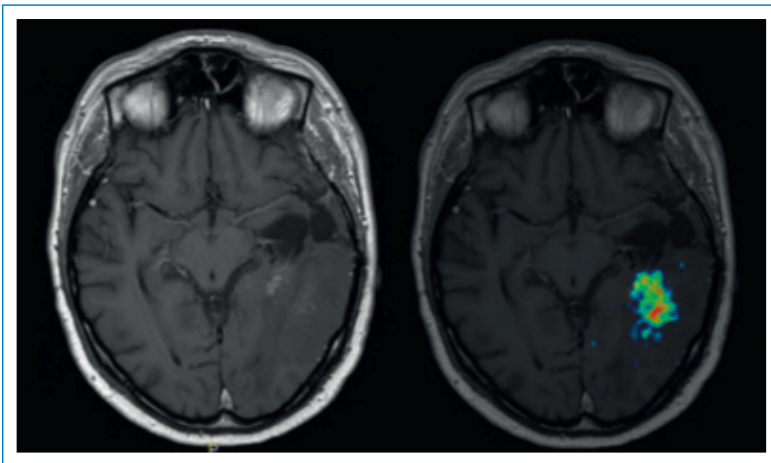


Abbildung 2

Links: MRI mit Gadolinium-Kontrastmittel. **Rechts:** Fusion mit ^{18}F -Ethyltyrosin-PET. ^{18}F -Ethyltyrosin ist ein spezifischer Radiotracer für Hirntumorgewebe.

Erste Resultate des Zürcher PET/CT-MRI-Systems

Während des ersten Betriebsjahres wurden in Zürich über 250 Patienten untersucht. Geräteeinstellungen wurden fortlaufend analysiert und optimiert. Dadurch konnte die Aufnahmezeit für Ganzkörper-MRI-Untersuchungen deutlich gesenkt werden. Mit neuen Messmethoden, welche eine sehr schnelle Signalmessung ermöglichen, konnte Knochen visualisiert werden, jedoch noch in deutlich schlechterer Qualität als in der CT. Im Bereich der Lungenbildgebung wurden verschiedene Konzepte erarbeitet, welche nun getestet und weiterentwickelt werden. Die erhobenen klinischen Befunde werden momentan in verschiedenen Studien wissenschaftlich ausgewertet.

Potentielle Vorteile des PET/MRI gegenüber der PET/CT zeigen sich bisher in der Bildgebung des Hirns, der Kopf-Hals-Region sowie der Leber. Hirnmetastasen sind in der PET/CT oft nicht diagnostizierbar, können aber mittels MRI mit hoher Sensitivität erkannt werden. Im Kopf-Hals-Bereich verunmöglichen durch Zahnimplantate hervorgerufene Artefakte oft eine klare anatomische Zuordnung von PET-Befunden in der CT, was im MRI weitgehend vermieden werden kann. Zudem wird in der CT oft Kontrastmittel benötigt, um nekrotische tumoröse Lymphknoten zu erkennen, was im MRI nicht zwingend notwendig scheint (Abb. 1A). In der Leber können sehr kleine Metastasen erkannt werden, welche sowohl der CT wie auch der PET entgehen (Abb. 1B). Das sequenzielle PET/CT-MRI-System ermöglicht es zudem, Hirnuntersuchungen mit einem für Tumorgewebe spezifischen PET-Tracer innert 40 Minuten durchzuführen, im Gegensatz zu einer Gesamtuntersuchungsdauer von mindestens 70 Minuten für nicht-integrierte MRI- und PET-Aufnahmen (Abb. 2).

Ausblick

Die ersten klinischen Erfahrungen mit PET/MRI deuten auf ein grosses Potential dieser hochtechnischen Bildgebungsmethode zur Verbesserung der nichtinvasiven Diagnostik verschiedener Krankheiten hin. Bis zu einer routinemässigen klinischen Anwendung sind aber noch viele methodische Probleme zu lösen. Insbesondere muss die Aufnahmegeschwindigkeit des MRI gesteigert werden, um auch bei nicht voll kooperationsfähigen Patienten eine gute Bildqualität zu erreichen. Weiter werden viele wissenschaftliche Studien notwendig sein, um die Wertigkeit von PET/MRI im Vergleich zu PET/CT zu definieren.

Neue Erkenntnisse in der molekularen Grundlagenforschung sowie der Radiopharmazie werden die zukünftigen Anwendungsmöglichkeiten bestimmen. Klares Ziel ist, dass mittels PET/MRI Krankheitsdiagnosen nicht-invasiv zuverlässig gestellt und ein Therapieansprechen frühzeitig beurteilt werden können.

Korrespondenz:

Dr. med. Felix Pierre Kuhn
Bildgebende Verfahren
UniversitätsSpital Zürich
CH-8091 Zürich
[felix.kuhn\[at\]jusz.ch](mailto:felix.kuhn[at]jusz.ch)

Literatur

- 1 Von Schulthess GK, Hany TF. Imaging and PET-PET/CT imaging. *J Radiol.* 2008;89(3 Pt 2):438–47.
- 2 Burger C, Goerres G, Schoenes S, Buck A, Lonn AH, Von Schulthess GK. PET attenuation coefficients from CT images: experimental evaluation of the transformation of CT into PET 511-keV attenuation coefficients. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2002;29(7):922–7. Epub 2002 Apr 19.