

Schlaglicht: Nuklearmedizin

Total-Body-PET/CT: eine klinische Realität

Ganzkörper-PET/CT-Scanner weisen eine deutlich höhere Sensitivität gegenüber den Standardgeräten der neuesten Generation auf und ermöglichen die dynamische Ganzkörper-PET-Bildgebung. Was sind die Vorteile und Einsatzmöglichkeiten der neuen Technik?

PD Dr. med. Thomas Pyka, Prof. Dr. med. Ali Afshar-Oromieh, PD Dr. med. Federico Caobelli, Prof. Dr. med. Axel Rominger:
für die Schweizerische Gesellschaft für Nuklearmedizin (SGNM)

Universitätsklinik für Nuklearmedizin, Inselspital, Bern

1 PET/CT: Positronen-Emissions-Tomographie/Computertomographie

Hintergrund

Die Einführung von digitalen Ganzkörper-PET/CT¹-Systemen stellt eine der revolutionärsten Neuerungen in der Nuklearmedizin seit der PET/CT-Hybridbildgebung dar. Durch die – je nach Hersteller – um den Faktor 4–8 verlängerte axiale Detektorlänge, die entsprechend den Körperstamm oder den gesamten Körper auf einmal abdeckt, lässt sich die Sensitivität gegenüber einem digitalen Standardlängen-PET auf circa das 20-Fache steigern [1, 2]. Die erhöhten Anschaffungskosten stellen derzeit noch ein Hindernis für den grossflächigen Einsatz dar. Bereits im klinischen Betrieb ist ein Gerät in Bern, daneben sind mehrere Installationen in der West- und Ostschweiz ab 2024 geplant. Die erhöhte Sensitivität lässt sich auf verschiedene Arten klinisch nutzen: Herde werden besser erkennbar, die injizierte Aktivität und somit die Strahlenbelastung werden reduziert und die Akquisitionszeit lässt sich zum Teil drastisch verkürzen. Darüber hinaus können dynamische Ganzkörperaufnahmen durchgeführt werden, was die Möglichkeit bietet, das Aufnahmeverhalten des Radiotracers über die Zeit in verschiedenen Organen und Läsionen zu analysieren, die nicht unmittelbar benachbart liegen.

Vorteile und Einsatzmöglichkeiten Verkürzung der Akquisitionszeit

Durch die stark verbesserte Sensitivität lassen sich PET-Aufnahmen mit adäquater, das heisst konventionellen PET-Scannern entsprechender Qualität in einer Zeit von 30 Sekunden bis 2 Minuten erzielen (Standardlängen-PET: 15–25 Minuten) [3] (Abb. 1A), was zur Reduzierung von Bewegungsartefakten führt und bei unruhigen Patientinnen und Patienten oder bei Betroffenen mit Platzangst entscheidend sein kann. Eine verbesserte Bildqualität, wie weiter unten aufgeführt, lässt sich bereits bei Aufnahmezeiten von 4–6 Minuten erreichen, was gegenüber Standardlängen-Scannern immer noch einer Reduktion der Aufnahmezeit um die Hälfte bis ein Drittel entspricht. Die kürzere Untersuchungszeit trägt zum verbesserten Patientenkomfort bei und reduziert die benötigten personellen Ressourcen, wobei bei vorhandener Platzangst die kürzere Liegezeit gegen die längere Untersuchungsrohre abgewogen werden muss.

Reduktion der Aktivitätsmenge und Strahlenbelastung

Bereits in Standardprotokollen ist zusätzlich zu den aufgeführten Verbesserungen bei Akquisi-

tionszeit und Bildqualität eine deutliche Verringerung der injizierten Aktivität mit einer entsprechend reduzierten Strahlenbelastung zu erzielen, was gerade bei Wiederholungsuntersuchungen in der Tumornachsorge ein grosser Vorteil ist. Soll der Hauptfokus auf eine möglichst niedrige Ganzkörperdosis gelegt werden, ist noch eine weitere Reduktion möglich. Als Beispiel sei hier die Bildgebung von Kindern und Jugendlichen aufgeführt, die in unserer Abteilung routinemässig mit Aktivitätsmengen von <1 MBq/kg durchgeführt wird. Die Strahlenbelastung durch ein [18F]-Fluorodesoxyglukose-(FDG-)PET bei einer pädiatrischen Untersuchung lässt sich so auf 1–1,5 mSv reduzieren, bei weiterhin hervorragender Bildqualität und einer Aufnahmezeit von unter zehn Minuten (Abb. 1B).

Verbesserung der Bildqualität

Durch die erhöhte Bildqualität kann die Detailerkennbarkeit von Läsionen substantiell verbessert werden. Mögliche Einsatzgebiete sind zum Beispiel die kontrastreichere Darstellung von arteriellen Gefässwänden in der Vaskulitis-Diagnostik [4, 5] (Abb. 1C), die Untersuchung kleiner Lungenrundherde (Abb. 1D–E) oder die Darstellung feiner Strukturen wie des Mye-

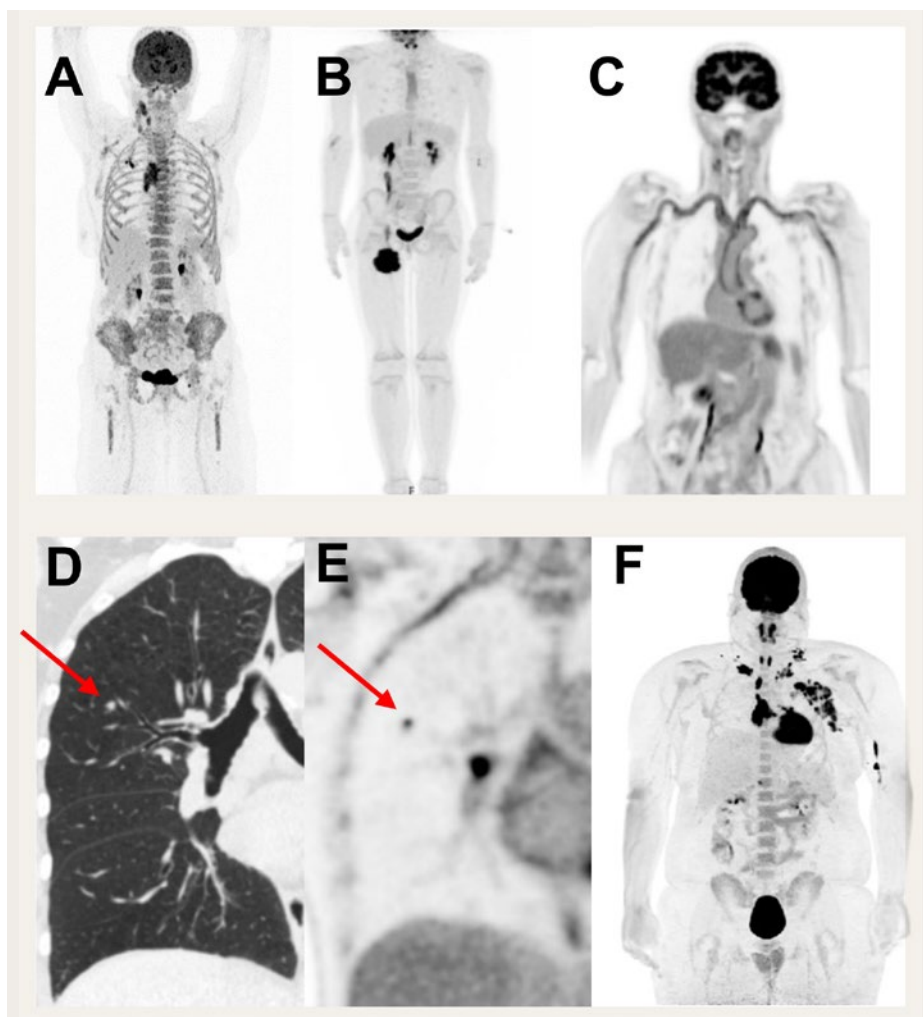


Abbildung 1: Die hohe Sensitivität der Ganzkörper-PET ermöglicht zum einen die Reduktion von Aufnahmezeit und injizierter Radioaktivität, zum anderen eine deutlich verbesserte Bildqualität. **A)** Bei Injektion von Standard Dosen lassen sich ultrakurze Aufnahmezeiten realisieren, im Bild 30 Sekunden Gesamtaufnahmezeit bei einem Patienten mit B-Zell-Lymphom. **B)** Alternativ ist eine deutliche Reduktion der injizierten Dosis zum Beispiel für pädiatrische Fragestellungen möglich, im Beispiel 7-jähriges Mädchen mit Spindelzelltumor am rechten Oberschenkel, 1 MBq [^{18}F]FDG/kg Körpergewicht, 1,4 mSv PET-Dosis. Exzellente Auflösung kleiner Strukturen, im Beispiel Darstellung der Gefäßwände bei Grossgefäßvaskulitis der supraaortalen Arterien (**C**) sowie eines 4 mm grossen metastatischen Lungenrundherdes (**D** und **E**, mitabgebildeter hilärer Lymphknoten) – daneben besteht die Möglichkeit zur dynamischen Ganzkörperbildgebung mit Darstellung der Radiotracer-Kinetik (**F**). Die Glukose-Metabolisierungsrate (MRGluc), berechnet anhand dynamischer Aufnahmen, ermöglicht einen verbesserten Kontrast tumoröser Läsionen gegenüber statischer Akquisition. FDG: Fluorodesoxyglukose; PET: Positronen-Emissions-Tomographie.

lons in der neurologischen Bildgebung. Die bessere Sensitivität bedeutet auf der anderen Seite, dass eine höhere Zahl kleinerer Befunde sichtbar wird, deren Relevanz noch unklar ist. Der Nutzen der besseren Auflösbarkeit von Läsionen bei verschiedenen Indikationen ist deshalb derzeit Gegenstand intensiver klinischer Forschung.

Dynamische Bildgebung

Dadurch, dass sich zu jedem Zeitpunkt der gesamte interessierende Bildbereich innerhalb des PET-Scanners befindet, wird die Analyse der Ganzkörper-Tracerkinetik ermöglicht, die wichtige Zusatzinformationen gegenüber der statischen Einzeitaufnahme vermitteln

kann. Beispiele hierfür sind die Darstellung der Glukose-Metabolisierungsrate (MRGluc) bei [^{18}F]FDG-PET (Abb. 1F) [6] oder die Perfusionsmessung in verschiedenen Organen während der [^{82}Rb]-Myokardperfusions-PET [7]. Bei der Erforschung neuer Tracer, die erstmals im Menschen eingesetzt werden, ist die dynamische Ganzkörper-PET ein einzigartiges und wohl in Zukunft unverzichtbares Hilfsmittel zur Bestimmung der Pharmakokinetik.

Zusammenfassung und Ausblick

Bereits jetzt bieten die neu eingeführten Ganzkörper-PET/CT-Geräte im klinischen Alltag unschätzbare Vorteile in Bezug auf Aufnahme-

qualität, Untersuchungszeit und Strahlendosis, was die erhöhten Anschaffungskosten zumindest teilweise rechtfertigt. Darüber hinaus erscheint für spezielle Zwecke die Möglichkeit zur Ultra-Niedrigdosis-PET mit einer Strahlenbelastung nahe derer für konventionelle Röntgenaufnahmen im Bereich des Möglichen.

Neben dem Haupteinsatzgebiet bei onkologischen Fragestellungen sind weitere Einsatzgebiete der vorgestellten Technologie im neurologischen und kardiovaskulären Bereich naheliegend und in Entwicklung befindlich.

Korrespondenz

PD Dr. med. Thomas Pyka
Universitätsklinik für Nuklearmedizin
Inselspital
Freiburgstrasse 18
CH-3010 Bern
thomas.pyka[at]insel.ch

Conflict of Interest Statement

AR erhielt Sprecherhonorare von Siemens Healthineers. Es besteht eine laufende Forschungskollaboration mit Siemens Healthineers. FC erhielt ein Forschungsstipendium von Siemens Healthineers und Sprecherhonorare der Bracco AG und Pfizer AG. Die anderen Autoren haben deklariert, keine potentiellen Interessenskonflikte zu haben.

Literatur

- 1 Prenosil GA, Hentschel M, Weitzel T, Sari H, Shi K, Afshar-Oromieh A, Rominger A. EARL compliance measurements on the biograph vision Quadra PET/CT system with a long axial field of view. *EJNMMI Phys.* 2022;9(1):26.
- 2 Spencer BA, Berg E, Schmall JP, Omidvari N, Leung EK, Abdelhazef YG, et al. Performance Evaluation of the uEXPLORER Total-Body PET/CT Scanner Based on NEMA NU 2-2018 with Additional Tests to Characterize PET Scanners with a Long Axial Field of View. *J Nucl Med.* 2021;62(6):861–70.
- 3 Mingels C, Weidner S, Sari H, Buessler D, Zeimpekis K, Shi K, et al. Impact of the new ultra-high sensitivity mode in a long axial field-of-view PET/CT. *Ann Nucl Med.* 2023;37(5):310–5.
- 4 Knappe L, Bregenzer C, Gozlugol N, Mingels C, Alberts I, Rominger A, Caobelli F. New thresholds in semi-quantitative [^{18}F]FDG PET/CT are needed to assess large vessel vasculitis with long-axial field-of-view scanners. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2023;50(13):3890–6.
- 5 Derlin T, Spencer BA, Mamach M, Abdelhazef Y, Nardo L, Badawi RD, et al. Exploring Vessel Wall Biology In Vivo by Ultrasensitive Total-Body PET. *J Nucl Med.* 2023;64(3):416–22.
- 6 Sari H, Mingels C, Alberts I, Hu J, Buessler D, Shah V, et al. First results on kinetic modelling and parametric imaging of dynamic (^{18}F)-FDG datasets from a long axial FOV PET scanner in oncological patients. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2022;49(6):1997–2009.
- 7 Caobelli F, Seibel S, Krieger K, Bregenzer C, Viscione M, Silva Mendes AF, Sari H, et al. First-time rest-stress dynamic whole-body (^{82}Rb)-PET imaging using a long axial field-of-view PET/CT scanner. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2023;50(7):2219–21.



PD Dr. med. Thomas Pyka
Universitätsklinik für Nuklearmedizin,
Inselspital, Bern