

Infectie en inflammatie op [¹⁸F]FDG-PET/CT: een beschouwing in beelden

E.H.J.G. Aarntzen¹, MD, PhD en B.F. Bulten^{2,3}, MD, PhD

¹Afdeling Nucleaire Geneeskunde en Moleculaire Beeldvorming, Universitair Medisch Centrum Groningen, Groningen;

²Afdeling Medische Beeldvorming, Streektziekenhuis Koningin Beatrix, Winterswijk en ³Slingeland ziekenhuis, Doetinchem

Hoewel [¹⁸F]FDG-PET/CT de laatste jaren is uitgegroeid tot een belangrijk diagnosticum in de work-up van patiënten met uiteenlopende infecties en inflammatoire beelden, en de standaardisatie vergenvorderd is voor de acquisitie en uitwerking van de beelden (1), blijkt er in de beoordeling een brede variatie te bestaan. Recent is op instigatie van de NVNG de werkgroep 'Infectie en Inflammatie' opgericht. Op de wetenschappelijke bijeenkomst van de NVNG eind 2024 heeft deze werkgroep gepeild welke wensen en verwachtingen er leven bij de leden van de vakvereniging aangaande dit onderwerp. Eén van de wensen die door de leden werd geuit, was een behoefte aan meer gestructureerde beoordeling en verslaglegging van de [¹⁸F]FDG-PET/CT scans met infectie vraagstelling. Hoewel de indicaties, acquisitie, uitwerking en beoordeling onderhevig zijn aan regionale verschillen op basis van historie, patiëntenpopulatie en gebruikte apparatuur, zijn er ook veel overeenkomsten te vinden in de manier van beoordelen, soms gestaafd door wetenschappelijke onderbouwing. Deze 'best practices' willen wij middels een aantal casus in deze pictorial overview belichten.

Endocarditis

Hoewel endocarditis inmiddels een standaardindicatie voor [¹⁸F]FDG-PET/CT is geworden, blijft de beoordeling van de aanwezigheid van een endocarditis een uitdaging, waarbij een second opinion zomaar een andere diagnose kan opleveren. Niet in de laatste plaats doordat

de verschijningsvorm van een endocarditis ambigue kan zijn. In de loop van de afgelopen jaren echter, is er werk verricht om de beoordeling te harmoniseren en de interpretatie te

optimaliseren (2,3) Zie tabel 1.

Cardiale sarcoïdose

Pulmonale sarcoïdose is al sinds de beschikbaarheid van de PET-scanner een belangrijke indicatie

Tabel 1.

[¹⁸ F]FDG-PET/CT endocarditis: aandachtspunten voor beoordeling.	
•	Bepaal de voorafkansen (voor deze specifieke patiënt op dit moment)
○	Welke verwekker is gekweekt? (4-6)
○	Wat is de bacteriële load?
▪	Aantal bloedkweken positief
▪	Duur van deze positieve bloedkweken
▪	Aanwezige risicofactoren
-	Gebruik van immuunsuppressiva
-	Diabetes Mellitus, HIV, orgaanfalen, IC-opname
○	Patiëntfactoren en tijdsbeloop
▪	Welke klachten en symptomen zijn er? Hoe is het beloop?
▪	Hoe hoog is het CRP / bestaat er leukocytose?
▪	Wordt er al antibiotica gebruikt en hoe lang?
•	Optimaliseer de beeldvorming
○	Koolhydraatvrij dieet tenminste 24 uur (maar liever 48 uur)
○	Heparine injectie 50 IE/kg
○	Optimalisatie van de acquisitie (bijvoorbeeld extra lang tellen in het thoraxgebied voor optimale statistiek, ECG-getriggerde opnamen indien beschikbaar)
○	Correlatie met alternatieve beeldvorming (transoesofageale echografie of CT-cardio (7), indien beide positief en correlerend, dan nagenoeg bewijzend)
•	Ken de fysiologische patronen van [¹⁸ F]FDG in het myocard (8)
○	Linkerventrikel laterale wand blijft langst zichtbaar
○	Mitraalklep annulus
○	Papillairspiertjes
•	Ken de patiënt-specifieke patronen in geval van hartklep vervanging
○	Type operatie, gebruik adhesiva (vilt, BioGlue, extra hechtingen)(9)
○	Duur sinds (re-)operatie
○	Veranderingen ten opzichte van voorgaande scans
•	Herken secundaire argumenten
○	Intravasculair focus in arteriële systeem: infectieuze trombo-embolische complicaties cerebraal, milt, lever, spieren, nieren
○	Intravasculair focus in pulmonale systeem (pulmonalis homograft): pulmonale strooihaarden
○	(nieuwe) mediastinale lymfadenopathie
○	Aanwezigheid van strooihaarden elders

voor [¹⁸F]FDG-PET/CT. Steeds meer rijst het besef dat dit onderzoek ook uitstekend gebruikt kan worden voor de beoordeling op cardiale sarcoïdose bij patiënten met onbegrepen ritmestoornissen. Sleutel daarbij is een adequate voorbereiding op het onderzoek, waarbij de meest klinieken een koolhydraatvrij dieet van tenminste 24 uur (maar liever nog 48 uur) en heparinetoediening adviseren. Hoe lager de fysiologische uptake van de linkerventrikel, des te betrouwbaarder de uitspraak over eventuele de betrokkenheid van de linkerventrikel. Echter ook voor de beoordeling op cardiale sarcoïdose zijn, los van de voorbereiding, een aantal handvatten voor een systematische beoordeling van de scan in ogenschouw te nemen: zie tabel 2.

Tuberculose

Tuberculose (TB) is al geruime tijd niet meer endemisch in Nederland, maar wereldwijd is het een blijvend grote bedreiging voor de volksgezondheid (10,11). Het is goed om te realiseren dat in grote delen van Oost-Europa (seizoensarbeiders), Midden-Oosten en Noord-Afrika (eerste generatie gastarbeiders), mensen op jonge leeftijd zijn blootgesteld aan *mycobacterium tuberculosis* (12), welke zich, na jaren van latente aanwezigheid, klinisch kan uiten wanneer de gezondheidstoestand veranderd.

Verhoogde FDG-stapeling in (lymfeklier-)lokalisaties met latente TB, kan het ontwikkelen van klinisch-relevante symptomen voorspellen (13); 40% van de patiënten met sputum-negatieve/Quantiferon-positieve latente TB, met verhoogde FDG-stapeling, ontwikkelde tot symptomatisch TB, versus 0/20 patiënten zonder FDG-stapeling. Daarnaast zijn voor specifieke groepen, bijvoorbeeld asielzoekers uit sub-Sahara Afrika, blootstellingen aan zowel tuberculose als HIV meer

Tabel 2.

[¹⁸ F]FDG-PET/CT voor cardiale sarcoïdose: aandachtspunten voor beoordeling.	
•	Bepaal de voorafkansen
○	Nieuwe ritmestoornissen
○	Activiteit van ziekte (ACE, soluble-IL2 receptor, CRP)
○	Epidemiologie (geslacht, leeftijd eerste presentatie)
•	Optimaliseer de beeldvorming
○	Koolhydraatvrij dieet tenminste 24 uur (maar liever 48 uur)
○	Heparine injectie 50 IE/kg
○	Correlatie met andere beeldvorming (MRI-cardio, myocardscintigrafie)
•	Ken de fysiologische patronen van FDG-stapeling in het myocard
○	Linker ventrikel laterale wand blijft langst zichtbaar
○	Mitraalklep annulus
○	Papillairspiertjes
•	Secundaire argumenten
○	Andere betrokken orgaansystemen (lymfklieren, longen, elders)
○	Lokalisatie afwijkingen [¹⁸ F]FDG-PET/CT en ECG correleren

Tabel 3.

[¹⁸ F]FDG-PET/CT voor tuberculose: aandachtspunten voor beoordeling.	
•	Bepaal de voorafkansen
○	Epidemiologie en herkomst
○	Mogelijke expositie op jonge leeftijd
•	Optimaliseer de beeldvorming
○	Correlatie met andere beeldvorming (CT-thorax). N.B. Nagenoeg alle actieve tuberculoselocalisaties zijn FDG-avide (16), maar goede anatomische beoordeling helpt in de verdere differentiatie.
○	Er is geen meerwaarde aangetoond van dual-time point imaging.
•	Beoordeling primaire presentatie
○	Er zijn grofweg twee patronen op [¹⁸ F]FDG-PET/CT van pulmonale tuberculose beschreven (17,18)
▪	Longpatroon: uptake in consolidaties met/zonder cavitatie en met micronoduli; mediastinale en hilaire lymfeklieren weinig vergroot en gering tot matig FDG-avide.
▪	Lymfatisch patroon: mediastinale en hilaire lymfeklieren meer vergroot en meer FDG-avide dan longparenchym. Tevens extrathoracale betrokkenheid (16,19,20)
•	Beoordeling therapierespons
○	Zes maanden na behandeling met tuberculostatika zijn drie patronen te onderscheiden
▪	(Bijna) complete metabole respons.
▪	Verbetering van alle laesies, maar tenminste nog één FDG-avide granuloom.
▪	Nieuwe of toegenomen FDG-avide granulomen. Deze patronen op de [¹⁸ F]FDG PET correleren niet goed met klinische symptomen, sputumkweek resultaten (conversie) en zijn niet afhankelijk van de gevoeligheid voor tuberculostatika. Het zijn dus onafhankelijke indicatoren voor latente tuberculose en voorspellers voor het optreden van een terugkeer van overte tuberculose.
○	Alleen complete metabole respons correleert met langdurige uitkomst (patroon), in de overige twee patronen is de kans op relaps binnen drie maanden verhoogd (21,22)

frequent voorkomend (14). In deze populatie heeft [¹⁸F]FDG-PET/CT een vergelijkbare accuratesse, ondanks de vermeende immuunsuppressieve conditie (15). Zie tabel 3.♦

Referenties

1. Abikhzer, G., et al., EANM/SNMMI guideline/procedure standard for [(18)F]FDG hybrid PET use in infection and inflammation in adults v2.0. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2025,52(2):510-38
2. Jimenez-Ballve, A., et al., Assessment of the diagnostic accuracy of (18)F-FDG PET/CT in prosthetic infective endocarditis and cardiac implantable electronic device infection: comparison of different interpretation criteria. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2016,43(13):2401-12
3. Gomes, A., et al., Diagnostic value of imaging in infective endocarditis: a systematic review. *Lancet Infect Dis*, 2017,17(1):e1-e14
4. Holland, T.L., et al., Infective endocarditis. *Nat Rev Dis Primers*, 2016,2:16059
5. Lee, A.S., et al., Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Nat Rev Dis Primers*, 2018,4:18033
6. Chambers, H.F. and A.S. Bayer, Native-Valve Infective Endocarditis. *N Engl J Med*, 2020,383(6):567-76
7. Saeedan, M.B., et al., Role of Cardiac CT in Infective Endocarditis: Current Evidence, Opportunities, and Challenges. *Radiol Cardiothorac Imaging*, 2021,3(1):e200378
8. Scholtens, A.M., et al., Additional Heparin Preadministration Improves Cardiac Glucose Metabolism Suppression over Low-Carbohydrate Diet Alone in (1)(8)F-FDG PET Imaging. *J Nucl Med*, 2016,57(4):568-73
9. Roque, A., et al., Morpho-metabolic post-surgical patterns of non-infected prosthetic heart valves by [18F]FDG PET/CTA: "normality" is a possible diagnosis. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2020,21(1):24-33
10. Pai, M., et al., Tuberculosis. *Nat Rev Dis Primers*, 2016,2:16076
11. Dheda, K., et al., Multidrug-resistant tuberculosis. *Nat Rev Dis Primers*, 2024,10(1):22
12. Shah, M. and S.E. Dorman, Latent Tuberculosis Infection. *N Engl J Med*, 2021,385(24):2271-80
13. Esmail, H., et al., Characterization of progressive HIV-associated tuberculosis using 2-deoxy-2-[(18)F]fluoro-D-glucose positron emission and computed tomography. *Nat Med*, 2016,22(10):1090-3
14. Meintjes, G. and G. Maartens, HIV-Associated Tuberculosis. *N Engl J Med*, 2024,391(4):343-55
15. Castaigne, C., et al., Clinical value of FDG-PET/CT for the diagnosis of human immunodeficiency virus-associated fever of unknown origin: a retrospective study. *Nucl Med Commun*, 2009,30(1):41-7
16. Treglia, G., et al., Is there a role for fluorine 18 fluorodeoxyglucose-positron emission tomography and positron emission tomography/computed tomography in evaluating patients with mycobacteriosis? A systematic review. *J Comput Assist Tomogr*, 2011,35(3):387-93
17. Demura, Y., et al., Usefulness of 18F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography for diagnosing disease activity and monitoring therapeutic response in patients with pulmonary mycobacteriosis. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2009,36(4):632-9
18. Hahm, C.R., et al., Solitary pulmonary nodules caused by *Mycobacterium tuberculosis* and *Mycobacterium avium* complex. *Lung*, 2010,188(1):25-31
19. Stelzmueller, I., et al., 18F-FDG PET/CT in the Initial Assessment and for Follow-up in Patients With Tuberculosis. *Clin Nucl Med*, 2016,41(4):e187-94
20. Sathekge, M., et al., Impact of FDG PET on the management of TBC treatment. A pilot study. *Nuklearmedizin*, 2010,49(1):35-40
21. Sathekge, M., et al., Use of 18F-FDG PET to predict response to first-line tuberculostatics in HIV-associated tuberculosis. *J Nucl Med*, 2011,52(6):880-5
22. Lawal, I.O., et al., (18)F-FDG PET/CT as a Noninvasive Biomarker for Assessing Adequacy of Treatment and Predicting Relapse in Patients Treated for Pulmonary Tuberculosis. *J Nucl Med*, 2020,61(3):412-7