

Evaluatie van de kwantificatie van uptake ratio's en beeldkwaliteit beoordeling bij ¹²³I-IBZM-scans voor verschillende (iteratieve) reconstructiemethoden

Inleiding

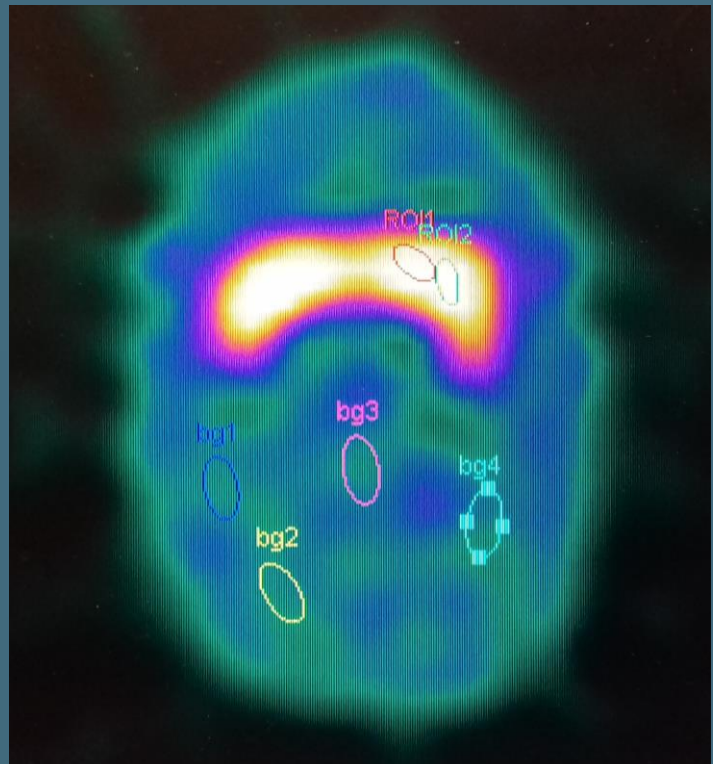
De ¹²³I-IBZM-SPECT* en ¹²³I-FP-CIT-SPECT* zijn bedoeld om de ziekte van Parkinson te kunnen diagnosticeren (1). In de praktijk worden verschillende acquisities (fan beam en LEHR*-collimator) en reconstructiemethoden (filtered backprojection (FBP), flash* en xSPECT) gebruikt. Binnen het Albert Schweitzer ziekenhuis (ASZ) en in de beschikbare literatuur is geen eenduidigheid over het meest geschikte protocol. Daarom is onderzoek naar de beeldkwaliteit van de huidige methode (SPECT-reconstructie) versus SPECT-CT-reconstructies nodig. Voor patiënten is een kwalitatief hoge beeldkwaliteit noodzakelijk om verkeerd gestelde diagnoses te voorkomen.

Onderzoeksvraag

In hoeverre leidt een ¹²³I-IBZM en ¹²³I-FP-CIT-SPECT-CT met een LEHR-collimator in combinatie met een xSPECT-reconstructie of flash-reconstructie, tot een betere beeldkwaliteit dan een SPECT-onderzoek met een fan beam collimator?



Figuur 1. Alderson hersenfantom. Blauwe structuur: nucleus caudate. Rode structuur: putamen (2)

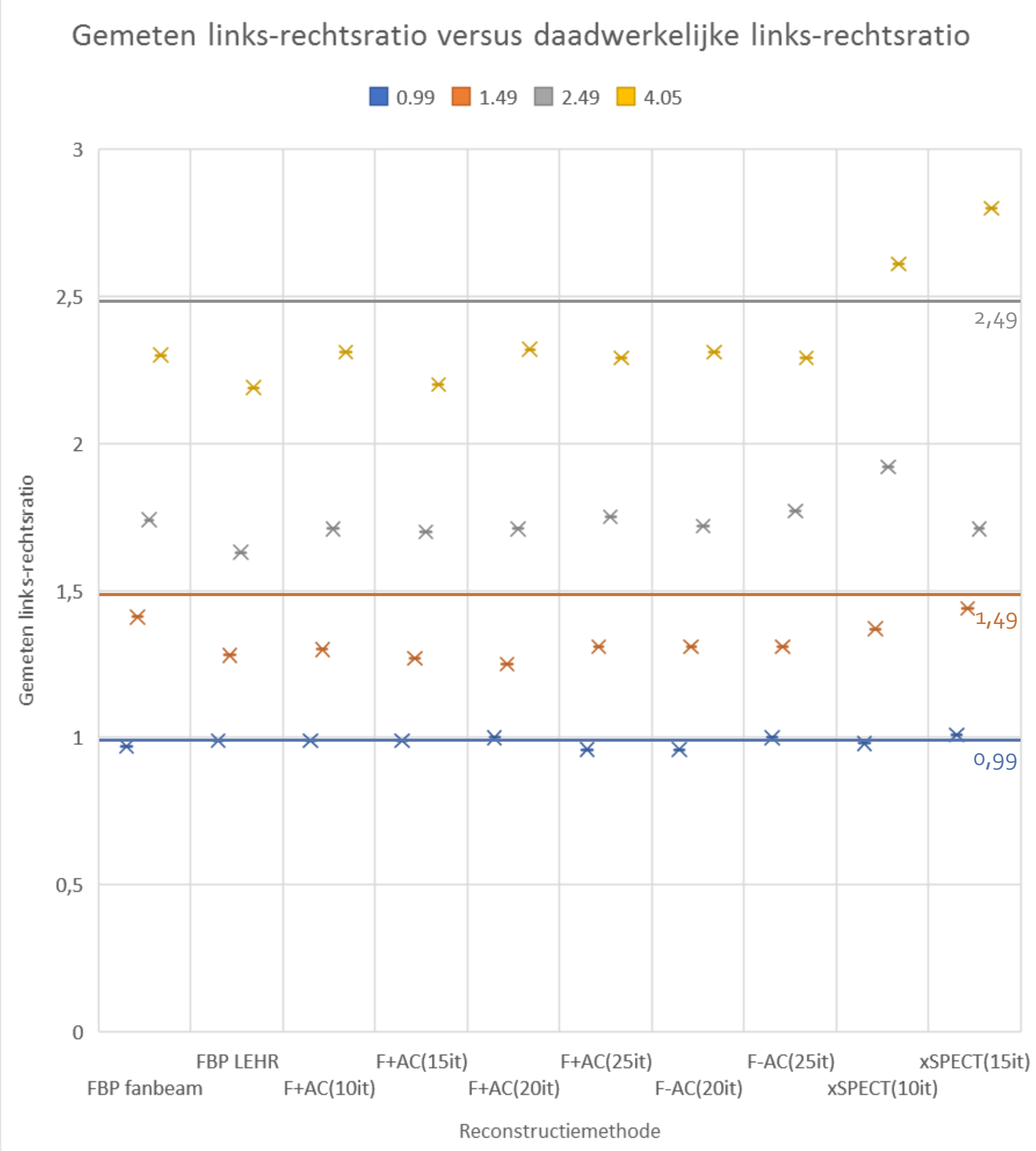


Figuur 2. Plaatsing Regions Of Interests (ROI's) Twee in het linker striatum en vier willekeurig in overige hersenen

Resultaten

Kwantificering links-rechtsratio's

In figuur 3 zijn de gemeten links-rechtsratio's afgezet tegen de daadwerkelijke links-rechtsratio's, weergegeven per reconstructiemethode. Dit figuur toont aan dat naar mate de daadwerkelijke links-rechtsratio toenam, de spreiding van de gemeten links-rechtsratio's groter werd. Daarnaast nam het verschil tussen de daadwerkelijke en gemeten links-rechtsratio toe.



Figuur 3. Berekende links-rechtsratio weergegeven per reconstructiemethode en verdeeld per daadwerkelijke links-rechtsratio

In deze grafiek geven de gekleurde horizontale lijnen de daadwerkelijke links-rechtsratio's weer. De lijn van links-rechtsratio 4.05 is niet weergegeven. De punten geven de berekende links-rechtsratio weer per reconstructiemethode met iteratie-subsets. De corresponderende kleuren laten zien welke punten bij welke daadwerkelijk links-rechtsratio hoort. FBP = Filtered Backprojection, F+AC = Flash reconstructie met attenuatiecorrectie, F-AC = Flash reconstructie zonder attenuatiecorrectie

SNR en CNR

In tabel 1 zijn de SNR en CNR per reconstructiemethode weergegeven, gegroepeerd per acquisitie.

- FBP_{fan beam} gaf de hoogste CNR bij drie acquisities.
- xSPECT-reconstructie gaf de laagste SNR en CNR bij bijna elke acquisitie.
- Steeds gaf een andere reconstructie hoogste SNR waarde.

Tabel 1. De signaal-ruisverhouding (SNR) en contrast-ruisverhouding (CNR) weergegeven per reconstructiemethode *

Links-rechtsratio 0.99	SNR	CNR
FBP _{fan beam}	9,85	29,13
FBP _{LEHR}	12,24	35,56
F+AC	12,98 (15it)	29,30 (20it en 25it)
F-AC	16,16 (10it)	36,72 (10it)
xSPECT	13,13 (10it)	14,35 (10it)

Links-rechtsratio 1.49	SNR	CNR
FBP _{fan beam}	10,52	60,66
FBP _{LEHR}	8,25	29,21
F+AC	24,56 (10it)	43,90 (10it)
F-AC	23,40 (15it)	41,30 (10it)
xSPECT	6,43 (15it)	13,76 (25it)

Links-rechtsratio 2.49	SNR	CNR
FBP _{fan beam}	16,72	64,04
FBP _{LEHR}	27,97	28,96
F+AC	8,92 (10it)	29,77 (10it)
F-AC	10,17 (15it)	50,41 (10it)
xSPECT	7,26 (15it)	17,93 (10it)

Links-rechtsratio 4.05	SNR	CNR
FBP _{fan beam}	13,96	49,43
FBP _{LEHR}	7,35	46,02
F+AC	7,09 (10it)	26,35 (10it)
F-AC	11,52 (15it)	30,01 (15it)
xSPECT	8,87 (10it)	20,76 (10it)

*De groene waarden geven de hoogste waarden aan en de rode waarden de laagste waarden. Voor de F-AC, F+AC en xSPECT reconstructies zijn alleen data van de verschillende reconstructies met andere iteraties-subsets weergegeven die de hoogste SNR en CNR vertoonden. IQR = interkwartielrange, FBP = Filtered Backprojection, F+AC = Flash reconstructie met attenuatiecorrectie, F-AC = Flash reconstructie zonder attenuatiecorrectie

Methode

Dit onderzoek betreft een prospectieve, kwantitatieve fantoomstudie. De metingen zijn uitgevoerd met een Alderson hersenfantom (zie figuur 1). De verschillende compartimenten werden gevuld met een vooraf bepaalde ¹²³I-IBZM concentratie. Achtereenvolgens werden vier acquisities uitgevoerd met verschillende vooraf bepaalde links-rechtsratio's tussen de striata, namelijk 0.99, 1.49, 2.49 en 4.05.

Vergeleken reconstructies

Ecram dubbelkops SPECT-gammacamera met fan beam collimator	Dubbelkops SPECT-CT gammacamera met LEHR collimator
Filtered backprojection (FBP_{fan beam})	- Filtered backprojection (FBP_{LEHR}); - Flash met attenuatiecorrectie (F+AC)**; - Flash zonder attenuatiecorrectie (F-AC)**; - xSPECT**.

** reconstructies werden uitgevoerd met 10, 15, 20 en 25 iteraties in combinatie met 5 subsets

Uitkomstmaten

- Kwantificering links-rechtsratio's;
- Signaal-ruisverhouding (SNR) en contrast-ruisverhouding (CNR). Berekend op basis van het gemiddeld aantal counts van Regions Of Interests (ROI's) in het linker striatum en de occipitaalkwab (zie figuur 2);
- Visuele beoordeling door twee nucleair geneeskundigen en twee Medisch Beeldvormings- en Bestralingsdeskundigen (MBB'ers). Aan de hand van vier stellingen met een vijfpunts Likertschaal. (Een hogere score betekent een betere beeldkwaliteit).

De resultaten werden beschrijvend weergegeven. Toetsende statistiek werd toegepast om de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid van de visuele beoordeling te bepalen door middel van de ICC.

Visuele beoordeling

In tabel 2 zijn de scores weergegeven van de visuele beoordeling per stelling en acquisitie.

- Reconstructies met 10 iteraties werden hoger gescoord dan andere iteratie en subsetscombinaties.
- F+AC 10it behaalde de hoogste score.
- xSPECT kreeg in meeste gevallen de laagste score met als uitzondering de stelling over de spatiële resolutie.

Uit de ICC bleek dat geen overeenkomst werd gevonden tussen de vier beoordelaars voor elke stelling, zie tabel 3. De resultaten bleken niet statistisch significant (p > 0,05).

Tabel 2. De scores van de visuele beoordeling weergegeven per reconstructie en gegroepeerd per acquisitie *

Stelling	Reconstructie methode	Links-rechtsratio 0.99	Links-rechtsratio 4.05
Beeldkwaliteit in het algemeen in mediaan (IQR)	FBP _{fan beam}	4,00 (2,00)	4,00 (2,00)
	FBP _{LEHR}	4,00 (2,00)	4,00 (2,00)
	F+AC 10it	4,50 (1,00)	4,00 (1,00)
	F-AC 10it	4,00 (1,00)	4,00 (1,00)
	xSPECT 10it	3,50 (3,00)	3,50 (3,00)
SNR in mediaan (IQR)	FBP _{fan beam}	4,50 (1,00)	4,00 (1,00)
	FBP _{LEHR}	4,50 (1,00)	4,50 (2,00)
	F+AC 10it	5,00 (0,00)	5,00 (1,00)
	F-AC 10it	4,00 (1,00)	4,00 (1,00)
	xSPECT 10it	3,50 (2,00)	3,00 (2,00)
Spatiële resolute in mediaan (IQR)	FBP _{fan beam}	3,00 (2,00)	3,00 (2,00)
	FBP _{LEHR}	4,00 (0,00)	3,50 (2,00)
	F+AC 10it	4,50 (1,00)	4,00 (2,00)
	F-AC 10it	4,00 (0,00)	4,00 (2,00)
	xSPECT 10it	3,50 (3,00)	4,00 (3,00)
Artefacten in mediaan (IQR)	FBP _{fan beam}	4,50 (1,00)	4,00 (1,00)
	FBP _{LEHR}	4,50 (1,00)	4,50 (3,00)
	F+AC 10it	5,00 (2,00)	4,50 (2,00)
	F-AC 10it	4,00 (2,00)	4,00 (2,00)
	xSPECT 10it	3,50 (3,00)	3,50 (3,00)

* Groende waarden = hoogste mediaan, rode waarden = laagste mediaan. Alleen de reconstructies behorend bij 10 iteraties zijn weergegeven, omdat deze in bijna alle gevallen hoger werden beoordeeld dan de overige iteratie-subsets. IQR = interkwartielrange, FBP = Filtered Backprojection, F+AC = Flash reconstructie met attenuatiecorrectie, F-AC = Flash reconstructie zonder attenuatiecorrectie

Tabel 3 ICC weergegeven per stelling van de visuele beoordeling om de interbeoordelaarsbetrouwbaarheid te meten per acquisitie

Stelling	ICC bij li-re-ratio 0.99	P	ICC bij li-re-ratio 4.05	P
Beeldkwaliteit in het algemeen	-0,18	0,98	-0,06	0,74
SNR	0,08	0,12	-0,01	0,54
Spatiële resolutie	0,03	0,34	0,12	0,12
Artefacten	-0,02	0,62	0,01	0,45

ICC = inter class correlation, li-re-ratio = links-rechtsratio, SNR = signaal-ruisverhouding

Discussie

Vergelijking met literatuur

- De resultaten kwamen deels overeen met de studie van Akamatsu et al.(3). De resultaten verschillen mogelijk door het gebruik van verschillende kwantificatiemethoden en stellingen voor visuele beoordeling.
- De resultaten van de studie van Koch et al. (4) kwamen overeen met de resultaten van het huidige onderzoek wat betreft de visuele beoordeling. Dit maakt de kans dat de huidige resultaten op toeval berusten kleiner.

Sterke punten

- Hoge intrabeoordelaarsbetrouwbaarheid, omdat zowel de acquisities als de reconstructies door de dezelfde persoon (de onderzoeker) zijn uitgevoerd.
- Hoge interne validiteit, omdat (co-)variabelen zo veel mogelijk werden beperkt.

Minder sterke punten

- Beperkte externe validiteit, omdat gekozen is voor een fantoomstudie. De gevonden resultaten dienen met enige voorzichtigheid generaliseerd te worden, doordat het fantoom beperkingen heeft ten opzichte van de menselijke hersenen. Met het fantoom zijn de daadwerkelijke activiteitsverdeling en attenuatiecorrectie lastig na te bootsen.
- ROI's manueel getekend, waardoor de meting van de SNR en CNR mogelijk minder betrouwbaar zijn.

Toepassing voor de beroepspraktijk

- Mogelijk tijdelijk de ¹²³I-IBZM-SPECT en de ¹²³I-FP-CIT-SPECT uitvoeren op de SPECT-CT, waardoor naast de standaard FBP_{LEHR}-reconstructie ook een flash-reconstructie zonder attenuatiecorrectie gemaakt kan worden. Deze reconstructies kunnen gebruikt worden om meer onderzoek te doen naar de beeldkwaliteit op basis van patiëntendata.

Aanbevelingen

- Vervolgonderzoek met meerdere beoordelaars voor de visuele beoordeling. Daarnaast dienen de gebruikte stellingen eenduidig zijn. Hierdoor wordt mogelijk een grotere overeenkomst gevonden tussen de beoordelaars. Dit om met grotere zekerheid vast te kunnen stellen welke reconstructiemethode op basis van visuele beoordeling de hoogste beeldkwaliteit levert.
- Vervolgonderzoek uitvoeren op basis van patiëntendata in plaats van fantoommetingen, waardoor het mogelijk is om resultaten beter te generaliseren.
- Om betrouwbaardere SNR en CNR metingen te kunnen doen, wordt aangeraden om te werken met bestaande ROI's.

Conclusie

Gekeken naar de kwantitatieve uitkomstmaten in dit onderzoek werd geen duidelijk verschil gevonden tussen de SPECT-reconstructie en SPECT-CT-reconstructies. Op basis van de visuele beoordeling lijken de flash-reconstructies (SPECT-CT) een hogere beeldkwaliteit te vertonen dan de filtered backprojection van de SPECT. Echter, vanwege de kleinschalige opzet van dit onderzoek zijn deze resultaten niet voldoende voor een wijziging in het klinische protocol. Vervolgonderzoek dient daarom uitgevoerd te worden voor de visuele observaties.

* ¹²³I-IBZM = ¹²³I 3-iodo-6-methoxy-benzamine, ¹²³I-FP-CIT = ¹²³I N-(ω-fluoropropyl-2-β-carbomethoxy-3-β-(4-iodophenyl) nortropane, LEHR = Low Energy High Resolution, flash = driedimensionaal ordered-subsets expectation-maximization reconstructie gecombineerd met resolution recovery

Referenties:

1. Barneveld PC, van Urk P. Aanbevelingen Nucleaire Geneeskunde 2007; 5 ed. Neer: Kloosterhof acquisities services-uitgeverij; 2007 April. 2. Striatal Phantoms for SPECT/PET: RSD Radiology Support Devices; [Available from: <http://www.radiology-support.com/>]. 3. Akamatsu M, Yamashita Y, Akamatsu G, Tsutsumi Y, Ohya N, Nakamura Y, et al. Influences of reconstruction and attenuation correction in brain SPECT images obtained by the hybrid SPECT/CT device: evaluation with a 3-dimensional brain phantom. Asia Oceania journal of nuclear medicine & biology. 2004;2(1):34-9. 4. Koch W, Suesseair C, Tatsch K, Popperl G. Iterative reconstruction or filtered backprojection for semi-quantitative assessment of dopamine D2 receptor SPECT studies? European journal of nuclear medicine and molecular imaging. 2011;28(9):1095-105

Begeleider: R. van de Kolk
Opdrachtgever: D. Dickerscheid