Journal of RADIATION INDUSTRY
Vol. 19, No. 1, pp. 63-67, 2025
https://doi.org/10.23042/radin.2025.19.1.63

Original article

^{18}F-FBB 검사에서 카테터를 이용한 잔류 방사능 개선 효과

김명준[1] · 이다인[2] · 박선우[2] · 박주미[2] · 한소영[2] · 문채영[2] · 권대철[2,*]

[1]건국대학교병원 핵의학과, [2]신한대학교 방사선학과

Improvement Effect of Residual Radioactivity using Catheter in ^{18}F-FBB Examination

Myeong Jun Kim[1], Dain Lee[2], Sun Woo Park[2], Ju Mi Park[2], So Young Han[2], Chae Young Moon[2], and Dae Cheol Kweon[2,*]

[1]Department of Nuclear Medicine, Kunkuk University Hospital, 120-1 Neungdong-ro, Gwangjin-gu, Seoul 05030, Republic of Korea
[2]Department of Radiological Science, Shinhan University, 95 Hoam-ro, Uijeongbu-si, Gyeonggi-do 11644, Republic of Korea

ABSTRACT In order to improve the residual radioactivity in the examination using ^{18}F-Florbetaben (FBB) in the nuclear medicine department, a catheter was used. The residual radioactivity from the FBB injection and the radioactivity actually administered to the patients were measured using a dose detector in 100 patients who visited the hospital. In 50 patients, the radioactivity was measured and compared after FBB injection using the butterfly needle and 3-way method, and in the remaining 50 patients, the catheter and 3-way method. The radioactivity remaining in the syringe, butterfly needle, and catheter and the radioactivity of the actual dose administered to the patient were measured. The average radioactivity in the butterfly needle was 33.36 MBq, and the average dose administered to the actual patient was 303.28 MBq. In addition, the radioactivity of the catheter was measured to be 14.07 MBq on average, and the actual dose administered to the patient was measured to be 305.51 MBq on average. In conclusion, the residual radioactivity was measured to be approximately 57.8% lower when injected using a catheter than when injected using a butterfly needle. Therefore, if a catheter is used instead of a butterfly needle when injecting FBB, the residual amount of radiopharmaceutical is less, which can prevent unnecessary exposure of patients and radiological technologists.

Key words: ^{18}F-Florbetaben, butterfly needle, catheter, dose calibrator, radioactivity

1. 서 론

최근 급속한 고령화로 인해 치매 노인의 수가 빠르게 증가하고 있다. 국립중앙의료원 중앙치매센터의 대한민국 치매현황에 따르면 2022년 65세 이상 치매 환자의 수는 923,003명으로, 65세 이상 노인 인구의 10.2%를 차지하고 있다[1]. 전국치매역학조사에 따르면 가장 대표적인 치매의 유형은 알츠하이머병(Alzheimer's disease)으로 전체 치매의 약 70%를 차지하고 있다[2].

알츠하이머병은 베타 아밀로이드(β-amyloid)라는 단백질이 뇌혈관에 쌓여 plaque를 형성해 뇌로 공급되는 혈관을 막아 뇌세포에 영양분의 원활한 공급을 제한하며, 그로 인해 뇌세포가 사멸하게 되는 것으로 알려져있다[3]. 그 결과 뇌의 신경 전달물질인 아세틸콜린(acetylcholine)의 결핍이 일어나게 되는데, 아세틸콜린은 기억 및 학습 작용에 중요하게 사용되는 물질로 이것이 부족하면 인지기능 장애가 발생할 수 있다[4].

최근 알츠하이머병의 생물학적 표지자를 찾아내는 방법으로는 뇌척수액 검사, 구조적 자기공명영상(magnetic resonance image, MRI), 양전자방출 단층촬영술 (positron emission tomography, PET)을 이용한 검사가 시행되고 있다[5,6]. 핵의학 검사법 중 하나인 PET/CT (positron emission tomography/computed tomography) 검사는 신진대사의 이상을 찾아내기 위해 실시하는 검사이다[7]. PET/CT 검사에서 사용하는 방사성의약품 중 하나인 ^{18}F-Florbetaben (FBB)은 뇌에 축적된 베타 아밀로이드 신경반(β-amyloid neuritic plaque)을 시각화하기 위한 양전자방출 단층촬영(PET)의 추적자 역할을 한다[8]. 높은 베타 아밀로이드 신경반 밀도(β-amyloid neuritic plaque density)를

ISSN 1976-2402 http://www.ksri.kr/

Copyright© 2025 by Korean Society of Radiation Industry

*Corresponding author: Dae Cheol Kweon
Tel: +82-31-870-3411, E-mail: dckweon@shinhan.ac.kr

Received 14 February 2025 Revised 4 March 2025 Accepted 4 March 2025

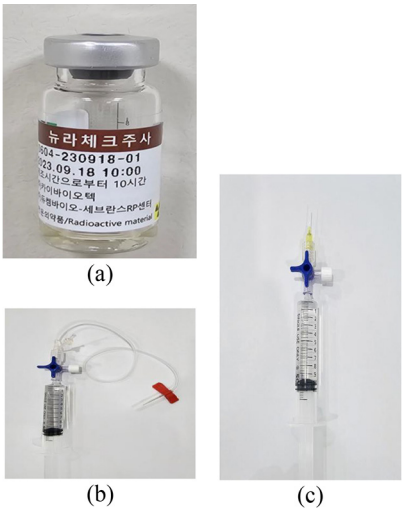

Fig. 1. ^{18}F-Florbetaben (a) 10 cc syringe, butterfly needle with 3-way (b) and 10 cc syringe, 22G IV catheter with 3-way (c)

가지고 있는 환자는 FBB에 높은 민감성과 특이성을 가진다. 따라서, FBB는 알츠하이머병을 조기에 진단하는 데 매우 유용한 의약품이다[5].

알츠하이머 진단을 위해 시행하는 검사로는 자기공명영상(MRI)가 있으며 이러한 MRI 검사는 비침습적이고 피폭이 발생하지 않아 환자의 건강상에 잠재적인 위험성을 주지 않기 때문에 PET 검사보다 광범위하게 검사를 하고 있다. 2D PET와 MRI는 각각 85.48와 86.74%의 정확도를 보였고, 3D 영상에서는 83.68와 80.47%의 정확도를 보고하였다[9].

뇌 질환의 조기 진단을 위한 PET/CT 검사에서 사용하는 대표적인 방사성의약품은 ^{18}F-Fluorodeoxyglucose (FDG)와 FBB가 있다[10].

FBB는 베타 아밀로이드의 축적을 확인하는 약물로, 알츠하이머 의심 환자에게 보조적 진단으로 사용되고 있다. Lee의 연구에 따르면, FBB 검사에서는 뇌에 전반적으로 베타 아밀로이드가 집적되어 있으나, FDG는 parietal, temporal을 포함한 부위에 다소 포도당 대사가 감소한 비정상적인 뇌 섭취를 보여주고 있다는 결과가 있다[5,11].

약품의 안전성 면에서도 Barthel의 연구에 따르면 FBB는 방사선 관련 과민반응과의 인과성이 없었으며[12], Villemagne의 연구에서는 약물과 관련된 심각한 부작용이 관찰되거나 보고되지 않았고 혈액검사에서도 유의미한 변동이 없었다[13].

PET/CT 검사에서 방사성의약품을 투여할 때 나비바늘(butterfly needle)을 사용하여 주입하게 되는데, 이 과정에서 나비바늘에 방사성의약품 잔량이 많이 남게 된다. 따라서 연구의 목적은 ^{18}F-FBB 검사에서 카테터(catheter)를 이용해 잔류 방사능을 개선하고, 이에 따른 개선 효과를 확인하고자 하였다.

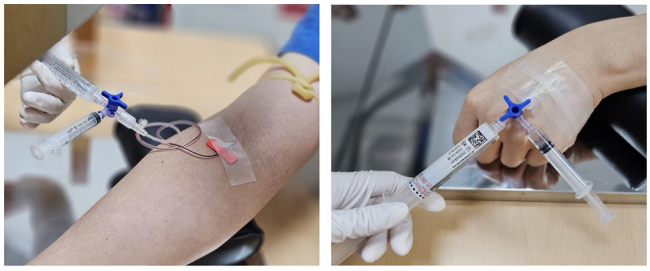

Fig. 2. Graph showing of butterfly needle method (a) and IV catheter method (b)

2. 재료 및 방법

2.1. 재료

실험재료로 사용한 것으로 Fig. 1a는 ^{18}F-Florbetaben (Kaibiotech, Jeonju, Korea), Fig. 1b는 10 cc syringe로 40 cm의 나비바늘 (JMS, Seoul, Korea)과 3-way (Hyupsung Medical, YangJu, Korea)이고 Fig. 1c는 10 cc syringe, 22G 정맥내 카테터(Duckwoo Medical, Hwaseong, Korea), 3-way (Hyupsung Medical, YangJu, Korea)를 사용하였다. 방사능의 측정은 선량계측기(dose calibrator) (CRC-55tPET, Mirion Technologies, TC, USA)를 이용하여 측정하였다.

2.2. 방법

본 연구는 기억력 저하로 알츠하이머가 의심되어 2022년 10월 3일부터 2023년 07월 24일까지 건국대학교병원 핵의학과에 내원한 100명의 환자를 대상으로 연구윤리를 참고하여 실험하였다. FBB를 100명 중 50명의 환자에게 나비바늘을 사용하여 주입한 뒤 3회 역류(regurge) 후 잔량을 측정하였다. 그리고 나머지 50명의 환자에게는 카테터를 사용하여 주입한 뒤 3회 역류 후 방사능의 잔량을 측정하였다. Fig. 2a는 나비바늘을 이용하여 ^{18}F-Florbetaben를 주입하였고, 또한 방사능의 잔량을 비교하기 위해 카테터를 이용하여 주입하였다(Fig. 2b).

2.3. 통계분석

카테터 사용의 선량에 대한 유의성 평가를 위해 SPSS18 (IBM SPSS Statistics for Windows, IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하여 Levene의 등분산 검정에서 p-value가 0.05 이하인 경우를 유의수준으로 통계분석을 하였다.

3. 결 과

내원한 환자 100명 중 50명에게 나비바늘을 사용하여 FBB를 투여했을 때 방사능을 측정한 결과, 투여 전 용량의 평균

Table 1. The result of radioactivity of FBB according to the use of butterfly needle and catheter in the radioactivity (μCi)

	Butterfly Needle					Catheter				
	Total dose*	Injection dose**	Syringe***	Butterfly Needle +3-Way	Total residual dose	Total dose	Injection dose	Syringe	Catheter +3-Way	Total residual dose
1	8500	7561	198	741	939	8500	8070	150	280	430
2	8520	7493	129	898	1027	8700	7923	181	596	777
3	8980	8059	95	826	921	8700	8385	95	220	315
4	9240	8371	142	727	869	8800	8379	165	256	421
5	8880	8108	110	662	772	8600	8231	90	279	369
7	8900	8020	110	770	880	8700	8271	84	345	429
8	8620	7652	118	850	968	8160	7818	117	225	342
9	8900	7880	110	910	1020	8560	8182	89	289	378
10	9200	8090	175	935	1110	8610	8166	123	321	444
11	9200	8417	85	698	783	8600	8047	185	368	553
12	8900	7890	110	900	1010	8500	8072	150	278	428
13	8620	7733	114	773	887	8380	8001	125	254	379
14	9200	8290	70	840	910	8700	8360	130	210	340
15	9200	8415	105	680	785	8580	8227	115	238	353
16	8900	8130	110	660	770	8900	8534	132	234	366
17	9400	8350	350	700	1050	8820	8471	128	221	349
18	8900	7745	245	910	1155	8700	8325	127	248	375
19	9400	7750	350	1300	1650	8600	8152	107	341	448
20	9400	8220	350	830	1180	8760	8366	113	281	394
21	9480	8662	114	704	818	8520	8119	120	281	401
22	9500	8400	440	660	1100	8800	8444	118	238	356
23	9020	8205	132	683	815	8630	8212	113	305	418
24	9200	8260	132	808	940	8720	8383	120	217	337
25	9100	8218	112	770	882	8520	8213	90	217	307
26	9200	8285	108	807	915	8600	8240	121	239	360
27	8950	8135	140	675	815	8620	8269	130	221	351
28	9100	8194	198	708	906	8700	8284	142	274	416
29	9100	8232	88	780	868	8650	8221	165	264	429
30	9130	8342	114	674	788	8700	8392	95	213	308
31	9280	8472	126	682	808	8700	8321	112	267	379
32	9800	8815	114	871	985	8500	8179	98	223	321
33	9600	8804	99	697	796	8630	8289	103	238	341
34	8900	8000	400	500	900	8420	8012	151	257	408
35	8560	7759	86	715	801	8310	7965	124	221	345
36	9000	8325	151	524	675	8520	8208	88	224	312
37	9000	8240	200	560	760	8710	8352	112	246	358
38	9010	8311	115	584	699	8970	8596	105	269	374
39	9800	8600	300	900	1200	9010	8661	131	218	349
40	8920	8382	80	458	538	8450	8083	125	242	367
41	8820	8165	55	600	655	8500	8080	122	298	420
42	9500	8072	214	1214	1428	8600	8268	108	224	332
43	9100	8477	86	537	623	8300	7921	123	256	379
44	9400	8706	68	626	694	8550	8165	113	272	385
45	8900	8184	58	658	716	8800	8473	110	217	327
46	9000	8284	56	660	716	8740	8412	109	219	328
47	9270	8440	128	702	830	8780	8425	127	228	355
48	9120	8116	200	804	1004	8600	8265	112	223	335
49	9400	8620	125	655	780	8750	8416	104	230	334
50	9200	8140	350	710	1060	8800	8451	127	222	349

*Total Dose: Pre-injection radioactivity of FBB
**Injection Dose: Injection radioactivity of patient FBB
***Syringe: Residual syringe of injection in patient with FBB

Table 2. The mean and standard deviation of radioactivity

		Using of Butterfly Needle				Not using of Butterfly Needle			
		Total Dose	Injection Dose	Syringe	Butterfly Needle +3-Way	Total Dose	Injection Dose	Syringe	Catheter +3-Way
Average	MBq	336.65	303.28	5.75	27.61	319.58	305.51	4.47	9.59
	μCi	9098.8	8196.94	155.54	746.32	8637.4	8257.08	120.88	259.44
Standard Deviation	MBq	10.98	11.18	3.47	5.64	6.12	6.75	0.81	2.23
	μCi	297	302.34	94.04	152.67	165.5	182.49	22.12	60.52

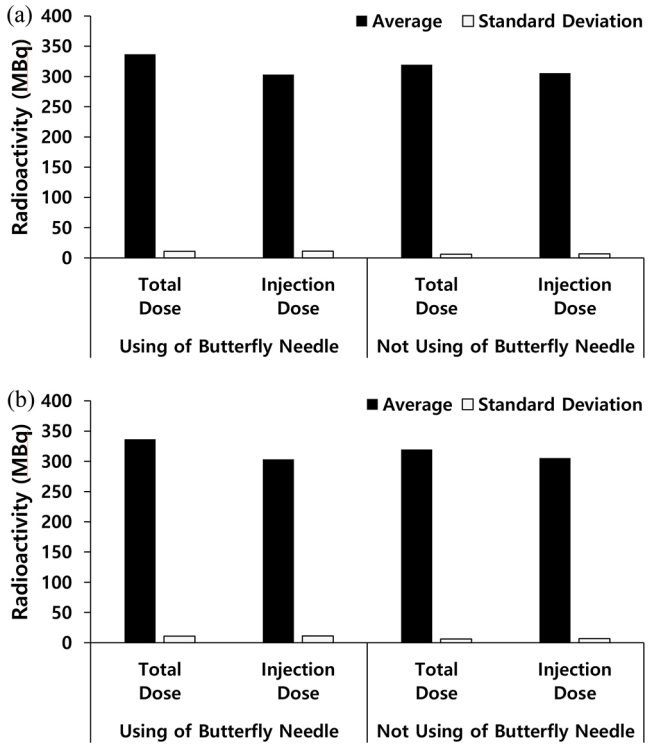

Fig. 3. Total dose and injection dose (a) and residual radioactivity after injection (b)

은 336.65 MBq이고, 환자에게 실제로 투여된 용량의 평균은 303.28 MBq이었다. 주사기에 남아 있는 용량의 평균은 5.75 MBq이며, 나비바늘과 3-way에 남은 용량의 평균은 27.61 MBq 이었다. 남은 50명의 환자에게는 나비바늘을 사용하지 않고 카테터를 사용하여 투여했을 때 방사능을 측정한 결과, 투여 전 용량의 평균은 319.58 MBq이고, 환자에게 실제로 투여된 용량의 평균은 305.51 MBq이었다. 주사기에 남아 있는 용량의 평균은 4.47 MBq이며, 카테터와 3-way에 남은 용량의 평균은 9.59 MBq이었다(Table 1). Table 1의 결과값을 통계적 방법으로 처리하여 평균 및 표준편차로 Table 2와 같이 나타내었다. 방사능의 총 주입량과 평균을 비교하기 위해 Fig. 3a와 같이 그림으로 표시하였고, Fig. 3b는 핵종을 주입 후에 나비바늘과 카테터의 남아 있는 방사능을 나타내었다.

나비바늘을 사용한 경우와 카테터를 사용한 경우 각각의 주사 방식에 따른 FBB 잔여량의 방사능 간에 차이가 있는지 비교하기 위해 다음과 같이 검정하였다. Levene의 등분산 검정에서 *p*-value가 0.05 미만이므로 '등분산이 가정되지 않음'의 수치를 보면, t=20.753, *p*-value= .000으로 통계적으로 유의한 결과를 얻었다.

4. 고 찰

FBB를 투여할 때의 방사성의약품 잔량 차이를 비교한 결과, 나비바늘을 사용한 경우는 총 잔량의 평균이 33.36 MBq으로 실제 환자에게 투여한 용량에서 약 9.9%가 남았으며, 카테터를 사용한 경우는 총 잔량의 평균이 14.07 MBq로 실제 환자에게 투여한 용량에서 약 4.4%가 남아 있었다. 나비바늘을 사용한 경우와 카테터를 사용한 경우 각각의 총 잔량의 방사능을 비교한 결과, 카테터를 사용한 경우가 잔류 방사능이 약 57.8% 낮게 측정되었음을 확인하였다.

이는 PET 검사를 위해 방사성의약품인 FDG를 환자에게 주사기로 주입했을 때, 주사기에 extension line과 3-way를 연결한 방식이 3-way만 연결한 방식보다 방사성의약품 잔여물이 더 많이 남았다는 Ryu의 선행 연구의 결과와 도 비슷한 양상을 보였다[14].

FBB는 지질친화성과 흡착성이 있으므로[15] 타 약품들에 비해 주사 후 잔량이 많이 남는 특성이 있다. 약품의 이러한 특성을 고려하여 방사선사 및 방사선 작업종사자가 카테터를 이용하여 주사한다면, 나비바늘보다 주사 과정에서 안정성이 떨어지지만 FBB의 잔량이 적게 남아 작업종사자 피폭이 절감될 뿐만 아니라 환자에게 비교적 정확한 용량으로 투여되어 환자의 불필요한 피폭도 절감할 수 있다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 핵의학과 근무하는 특성으로 방사성의약품의 용량을 정확히 맞추어 투여하기 위해서는 방사선사 및 방사선 작업종사자의 피폭량이 상당하므로 투여 용량을 동일하게 하여 비교할 수 없었다[16]. 추후 더 많은 연구 데이터를 축적하게 된다면, 투여 용량이 같은 환자끼리 잔량을 비교하여 더욱 정확한 결과를 도출해낼 수 있을 것이라 사료된다. 둘째

는 나비바늘과 카테터에 방사성의약품을 생리적 식염수로 주입하여 비교하는 추가연구도 필요하다. 추가적으로 환자와 방사선사 및 방사선 작업종사자의 손 부위 피폭이 얼마나 절감되었는지 정확한 비교를 해보는 연구가 진행되기를 기대한다[17,18].

5. 결 론

본 연구는 18F-FBB 검사에서 카테터를 이용한 잔류 방사능 개선 효과를 확인하고자 하였다. 선량계측기를 이용하여 잔여 방사성의약품의 평균 방사능을 측정한 결과, 카테터를 사용하여 주사한 경우가 나비바늘을 사용하여 주사하였을 경우보다 잔류 방사능이 약 57.8 % 낮게 측정되었음을 확인하였다. 따라서 FBB를 주사할 때 나비바늘 대신 카테터를 이용하여 주사한다면 방사성의약품의 잔량이 적게 남아서 환자 및 방사선사의 불필요한 피폭을 방지할 수 있다.

참고문헌

1. Central Dementia Center, Korea Dementia Observatory 2023, National Medical Center, 2023.
2. Ministry of Health and Welfare, Nationwide Survey on the Dementia Epidemiology of Korea 2016, 2017.
3. Nam SW and Lee DY. 2019. Analysis of Correlations among β-amyloid, Serum Lipid Levels, and Cognitive Function in the Elderly with Mild Alzheimer's Dementia. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society* **20**(11):115-120.
4. Ryu YH. 2004. The role of functional imaging techniques in the dementia. *Korean Journal of Nuclear Medicine* **38**(3):209-217.
5. Lee HY, IM IC, Shin SG. 2016. Usefulness of 18F-Florbetaben in Alzheimer's Disease Diagnosis. *Journal of the Korean Society of Radiology* **10**(5):307-312. https://doi.org/10.7742/jksr.2016.10.5.307.
6. Ryu CJ. 2022. Automatic lesion detection and segmentation in 18F-flutemetamol positron emission tomography images using deep learning. *BioMedical Engineering OnLine* **21**(1):88. https://10.1186/s12938-022-01058-8.
7. Park CS, Ju MS. 2019. Introduction to Nuclear Medicine (PET/MRI), *Journal of the Korean Magnetics Society* **29**(5):184-195. https://10.4283/JKMS.2019.29.5.184.
8. Sabri O, Seibyl J, Row C and Barthel H. 2015. Beta-amyloid imaging with Florbetaben. *Clinical and translational imaging* **3**(1):13-26. https://10.1007/s40336-015-0102-6.
9. Baydargil HB, Jang C and Cha M. 2023. Performance Comparison of Alzheimer's Disease Recognition Between 2D and 3D PET and MRI Images. *Korean Institute of Information Scientists and Engineers* 848-850.
10. National Evidence-based healthcare Collaborating Agency, F-18 Florbetaben Brain Positron Emission Tomography, 2022.
11. Yoo J, Cheon M, and Kang MJ. 2023. A Case Report of Early-Onset Alzheimer's Disease Using 18F-FDG PET and 18F-FBB PET. *Diagnostics* **13**(10):1671. https://10.3390/diagnostics13101671.
12. Barthel H, Gertz HJ, Dresel S, Peters O, Bartenstein P, Buerger K, et al. 2011. Cerebral amyloid-beta PET with florbetaben (^{18}F) in patients with Alzheimer's disease and healthy controls: A multicentre phase 2 diagnostic study. *The Lancet Neurology* **10**(5):424-435. https://10.1016/S1474-4422(11)70077-1.
13. Villemagne VL, Ong K, Mulligan RS, Holl G, Pejoska S, Jones G, et al. 2011. Amyloid imaging with 18F-florbetaben in alzheimer disease and other dementias. *Journal of Nuclear Medicine* **52**(8):1210-1217. https://doi.org/10.2967/jnumed.111.089730.
14. Ryu CJ. 2022. Study of the Difference in Residual Amounts according to the Method of Securing Intravenous Injections and the Dose of Physiological Saline during 18F-FDG Administration. *Journal of the Korean Society of Radiology* **16**(2):95-102. https://10.7742/jksr.2022.16.2.95.
15. Kwon HJ, Choi JW, Lee HJ, Woo JR and Kim YK. 2013. Method to Reduce the Activity Loss and Pain when Injecting 18F-Florbetaben. *The Korean Journal of Nuclear Medicine Technology* **20**(2):42-45.
16. Lee W and Ahn S. 2019. A Study on Reduction of Radiation Exposure by Nuclear Medicine Radiation Workers. *Journal of the Korean Society of Radiology* **13**(2):271-281.
17. Park JC and Pyo SJ. 2012. Study of external radiation expose dose on hands of nuclear medicine workers. *Journal of the Korean Society of Radiological Technology* **35**(2):141-149.
18. ICRP Publication 60. 1990. Radiation protection. Recommendations or the International Commission on Radiological Protection. Pergamon Press, 67-69.