

플라스틱 주사기와 놈젝 주사기를 이용한 방사성 의약품의 투여율 측정 비교

Comparison of Radiopharmaceutical Dosing Rate Measurements Using Plastic Syringes and Norm-ject Syringes

손상준*, 박정규**

대구파티마병원 핵의학과*, 대구보건대학교 방사선과**

Sang-Joon Son(vudxhd5542@naver.com)*, Jeong-Kyu Park(jkpark@dhc.ac.kr)**

요약

2019년 10월부터 2020년 1월까지 대구P병원 핵의학과에서 SPECT 검사를 위한 입원환자 중 3-way 주사 재료를 장착하고, ^{99m}Tc 표지화합물을 투여하였던 주사기 120EA를 대상으로 하였다. 플라스틱 주사기 사용 시 희석 횟수에 따른 평균 투여율은 ^{99m}Tc-ECD가 90.87±11.08로 가장 높았으며, ^{99m}Tc-DMSA가 75.28±7.43으로 가장 낮았다. 놈젝주사기 사용 시 희석횟수에 따른 평균 투여율은 ^{99m}TcO4가 93.58±7.96으로 가장 높았으며, ^{99m}Tc-DMSA가 91.60±6.07로 가장 낮았다. ^{99m}Tc-DMSA의 플라스틱 주사기와 놈젝 주사기의 차이가 나는지 독립표본 t-검정 결과, 유의확률은 0.007로서 플라스틱 주사기와 놈젝 주사기의 평균은 다르므로 통계적으로 매우 유의하게 나타났다(p<0.01). 특히 신장검사에 사용하는 ^{99m}Tc-DMSA는 소아 환자에게 주로 사용되는 방사성의약품으로 정확한 투여량이 중요하여 일반 플라스틱 주사기보다 놈젝 주사기의 사용이 필요하다고 판단된다.

■ 중심어 : | 핵의학과 | 3-way 주사재료 | 플라스틱 주사기 | 놈젝 주사기 |

Abstract

Between October 2019 and January 2020, 120EA of a syringe that was equipped with a 3-way injection material and administered ^{99m}Tc labeled compound among inpatients for SPECT examination at the Department of Nuclear Medicine at Daegu P Hospital. When using a plastic syringe, the average dosing rate according to the number of dilutions was ^{99m}Tc-ECD the highest at 90.87±11.08, and ^{99m}Tc-DMSA the lowest at 75.28±7.43. The average dose rate according to the number of dilutions was the highest at 93.58±7.96, and the lowest at ^{99m}Tc-DMSA at 91.60±6.07. The independent sample t-test showed whether the difference between the ^{99m}Tc-DMSA plastic syringe and the normjek syringe was statistically significant(p<0.01). The ^{99m}Tc-DMSA used for radiopharmaceuticals is a radiopharmaceutical that is mainly used for pediatric patients, and it is considered that it is necessary to use a normjek syringe rather than a general plastic syringe because the precise dosage is important.

■ keyword : | Nuclear Medicine | 3-Way Injection Material | Plastic Syringe | Nomjck Syringe |

I. 서론

핵의학 검사는 방사성의약품을 환자의 경구 또는 정맥에 주사하여 일정 시간 후 목적 장기 내 방사성의약품의 분포 상태를 체외에서 검출하여 영상으로 획득하는 것으로, 질병의 진단과 치료를 위해 유용한 의료 정보를 제공 한다[1][2].

핵의학 검사에 앞서서 적절한 방사성핵종의 양이 환자에게 투여되도록 방사성핵종의 용량을 정량적으로 측정하는 것은 환자의 방어 및 정확한 검사를 진행하는 면에서 대단히 중요하기 때문에 검량기는 어느 핵의학 검사실에서나 필수적으로 중요한 장비이다[3].

검량기와 감마계수기를 이용하여 측정된 ^{99m}Tc 방사성폐기물 주사기의 최소 방사능과 최대 방사능의 차이를 보면 검량기에서 39.77배, 감마계수기에서 37.59배였으며, 26게이지 주사바늘의 최소 방사능과 최대 방사능의 차이는 검량기에서 9.86배, 감마계수기에서 10.49배였다. ^{99m}Tc 1 ml 주사기와 26 게이지 주사바늘의 이러한 잔류 방사능의 차이는 주사 시 환자의 혈관상태, 시술자의 숙련도, 방사성의약품의 역류횟수와 관계있는 것으로 사료된다[4]. ^{99m}Tc 은 인체의 여러 장기를 보기위한 추적자의 역할을 하는 방사성동위원소로 핵의학 검사에서 70%이상 사용되고 있으며, HDP(hydroxymethylene diphosphonate), Mebrofenin, ECD(ethylene dicysteine diethyl ester), MIBI(2methoxy-isobutyl-isonitrile), DMSA(dimercaptosuccinic acid) 등의 표지화합물과 결합하여 뼈, 간담도, 뇌, 심장, 신장 등에 집적되어 촬영이 이루어진다[5]. 일반적으로 DMSA는 ^{99m}Tc 에 의해 플라스틱 주사기에 흡착되는 것으로 알려져 있으며 다른 방사성의약품보다 높을 수 있다고 한다[6]. 또한, 주사기의 종류에 따라 흡착되는 정도가 다를 수 있는데 주사기에 ^{99m}Tc -DMSA의 체류시간이 길어질수록 흡착력이 높아질 수 있고 이로 인해 처방된 양보다 적은 양이 투여되면 영상의 품질저하를 일으킬 수 있으니 그 차이를 점검하는 것이 옳다고 보고되고 있다[7]. 따라서, 본 연구에서는 일반적으로 사용하는 플라스틱 주사기와 고무, 라텍스 재질의 가스켓이 없고, 실리콘 오일 성분을 사용하지 않은 놋첵 주사기를 비교하여[8],

실제 투여되는 방사능 값에 차이가 있는지 확인해보고, 모든 방사성의약품의 측정된 방사능이 소실 없이 환자에게 투여되어 실제 투여 율을 높일 수 있는 방법을 모색해 보고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 조사 대상

주사기 종류에 따른 투여율 차이를 알아보기 위해 환자에게 투여하는 조건과 동일한 실험용 생리식염수 및 3-way 주사 재료와 ^{99m}Tc 표지 화합물을 이용하여 투여하였던 1cc 플라스틱 주사기 60EA, 놋첵 주사기 60EA를 그 대상으로 하였다.

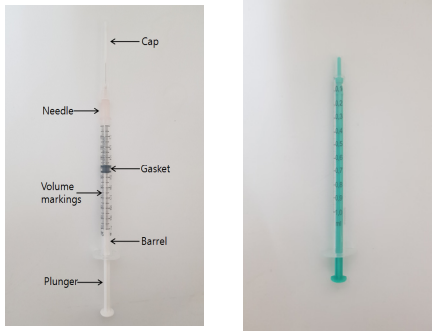
2. 방법

SPECT 핵의학 영상검사에서 주로 사용되는 $^{99m}\text{TcO}_4^-$, ^{99m}Tc -HDP, ^{99m}Tc -Mebrofenin, ^{99m}Tc -ECD, ^{99m}Tc -MIBI, ^{99m}Tc -DMSA 방사성의약품을 3cc주사기 volume 1.5cc로 45mCi 표지하여 각각 준비하였다. 6종류의 방사성의약품은 표지 후 즉시 1cc 플라스틱 주사기 5EA, 1cc 놋첵 주사기 5EA를 각각 이용해 추출하였으며[그림 1]. 검량기에서 주사기 volume을 0.1cc, 방사능을 3mCi로 투여 전 방사능을 측정하고 실험용 3-way cock를 통해 투여 후 생리식염수로 희석하지 않은 경우와 생리식염수 0.5cc로 1회, 2회, 3회 희석 후 투여한 방사능을 측정해 다음 식에서 실제 투여율을 구하는 방식으로 2회에 걸쳐 2명의 방사선작업종사자가 실험하였다.

$$\text{투여율} = \frac{\text{투여 전 방사능} - \text{투여 후 방사능}}{\text{투여 전 방사능}} \times 100\% \quad (1)$$

환자에게 투여하는 조건과 동일한 방법으로 실험용 생리식염수 및 3-way 주사 재료(Insung medical, KOREA)를 이용 하였으며[그림 2], 검량계는 CRC-25R Dose callibrator(CAPINTEC INC, AMERICA)를 사용하였다[그림 3]. 또한 방사성의약품의 표지효율 및 제조시간, 경과시간은 주사기 사용 시

모두 동일하게 간주하였다.



(a)플라스틱 주사기 (b)놈젝 주사기
그림 1. 주사기



그림 2. 실험용 생리 식염수와 연결되는 3-way 주사재료

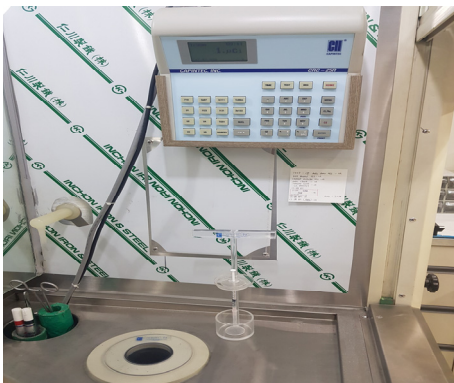


그림 3. 방사능을 측정하는 CRC-25R 선량 검량계

3. 자료 분석

자료의 분석은 Statistical package for social science(SPSS Inc, Chicago, USA)25.0 통계 프로그램을 이용하였으며, 플라스틱 주사기와 놈젝 주사기의 희석 횟수에 따른 투여율 비교는 일원배치 분산 분석과 독립표본 t-test를 실시하였다.

III. 결과

1. 플라스틱 주사기 사용 시 방사성 의약품의 희석 횟수에 따른 평균 투여율 차이 분석

임상에서 보통 행해지는 주사기 1cc로 방사성 동위원소를 추출 후 투여율을 높이기 위해 바늘을 제거한 채로 방사능을 측정하였으며, 생리 식염수의 희석 정도에 따라 측정된 투여율을 산출하였다. 6종류의 방사성 의약품 모두 희석 횟수가 증가할수록 [표 1]과 같이 투여율이 증가하였다. 일원배치 분산 분석 결과 전체 평균 투여율은 87.82 ± 0.48 로 나타났으며, 희석 횟수에 따른 투여율은 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.05$). 차이가 나는 집단을 파악하기 위해 Duncan의 사후 분석을 적용한 결과, 3회 희석 시 평균 투여율이 95.45 ± 0.08 로 가장 높았으며, 2회 희석 후 평균 투여율이 94.42 ± 0.08 , 1회 희석 시 91.09 ± 0.28 , 희석 없이 평균 투여율은 70.28 ± 0.88 의 순으로 나타났다. 또한 방사성 의약품의 경우, $^{99m}\text{Tc-ECD}$ 가 90.87 ± 11.08 로 가장 높았으며, $^{99m}\text{Tc-Mebrofenin}$ 이 90.77 ± 11.54 , $^{99m}\text{TcO}_4$ 가 90.33 ± 11.72 , $^{99m}\text{Tc-MIBI}$ 가 90.20 ± 11.56 , $^{99m}\text{Tc-HDP}$ 가 89.47 ± 12.84 순으로 $^{99m}\text{Tc-DMSA}$ 가 75.28 ± 7.43 로 가장 낮았다.

2. 놈젝 주사기 사용 시 방사성 의약품의 희석횟수에 따른 평균 투여율 차이 분석

놈젝 주사기를 이용하였을 경우 6종류의 방사성 의약품 모두 희석 횟수가 증가할수록 [표 2]와 같이 투여율이 증가하였다. 일원배치 분산 분석 결과 전체 평균 투여율은 92.83 ± 0.11 로 나타났으며, 희석 횟수에 따른

표 1. 플라스틱 주사기 사용 시 방사성 의약품의 희석 횟수에 따른 평균투여율 차이 분석

방사성의약품	갯수	희석 없이 평균 투여율	1회 희석 후 평균 투여율 (%)	2회 희석 후 평균 투여율(%)	3회 희석 후 평균 투여율 (%)	전체 평균 투여율(%)	F	p
^{99m} TcO4-	10	70.93±1.55	93.60±1.03	97.73±0.95	99.06±0.59	90.33±11.72	6.023	0.009
^{99m} Tc-HDP	10	68.13±2.60	93.73±1.03	97.66±0.66	98.33±0.62	89.47±12.84		
^{99m} Tc-MIBI	10	71.19±3.19	93.20±0.69	97.60±0.63	98.80±0.37	90.20±11.56		
^{99m} Tc-Mebrofenin	10	71.53±2.25	95.06±1.23	97.66±0.78	98.80±0.37	90.77±11.54		
^{99m} Tc-ECD	10	72.46±2.43	94.80±1.28	97.46±0.76	98.73±0.54	90.87±11.08		
^{99m} Tc-DMSA	10	67.46±6.39	76.20±6.18	78.46±6.12	79.00±6.17	75.28±7.43		
합계	60	70.28±0.33	91.09±0.28	94.42±0.08	95.45±0.03	87.82±0.48		

표 2. 놈책 주사기 사용 시 방사성 의약품의 희석 횟수에 따른 평균투여율 차이 분석

방사성의약품	갯수	희석 없이 평균 투여율	1회 희석 후 평균 투여율 (%)	2회 희석 후 평균 투여율(%)	3회 희석 후 평균 투여율 (%)	전체 평균 투여율(%)	F	p
^{99m} TcO4-	10	79.80±3.87	95.06±1.99	98.80±0.73	99.60±0.36	93.58±7.96	6.043	0.003
^{99m} Tc-HDP	10	79.79±1.01	92.86±1.14	97.06±0.72	98.60±0.43	92.08±7.63		
^{99m} Tc-MIBI	10	81.26±2.09	94.99±0.81	97.93±0.54	99.20±0.50	93.35±7.41		
^{99m} Tc-Mebrofenin	10	81.33±1.58	94.53±1.14	97.39±0.79	98.73±0.49	93.00±7.15		
^{99m} Tc-ECD	10	82.20±1.50	94.66±1.35	97.46±0.60	99.20±0.37	93.38±6.90		
^{99m} Tc-DMSA	10	81.73±1.40	92.66±0.70	95.60±0.43	96.40±0.54	91.60±6.07		
합계	60	81.01±0.11	94.12±0.66	97.37±0.33	98.62±0.16	92.83±0.11		

투여율은 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05). 차이가 나는 집단을 파악하기 위해 Ducan의 사후 분석을 적용한 결과, 3회 희석 시 평균 투여율이 98.62±0.16로 가장 높았으며, 2회 희석 후 평균 투여율이 97.37±0.33, 1회 희석 시 94.12±0.66, 희석 없이 평균 투여율은 81.01±0.11의 순으로 나타났다. 또한 방사성 의약품의 경우, ^{99m}TcO4가 93.58±7.96으로 가장 높았으며, ^{99m}Tc-ECD 93.38±6.90, ^{99m}Tc-MIBI 93.35±7.41, ^{99m}Tc-Mebrofenin 93.00±7.15, ^{99m}Tc-HDP 92.08±7.63 순이었으며, ^{99m}Tc-DMSA가 91.60±6.07로 가장 낮았다.

3. ^{99m}Tc-DMSA의 플라스틱 주사기와 놈책 주사기의 차이에 따른 독립표본 t-검정

^{99m}Tc-DMSA의 플라스틱 주사기와 놈책 주사기의 차이가 나는지를 [표 3]과 같이 검정하였다. 우선 Levene의 등분산 검정에서 유의확률이 0.05미만이므로 '등분산이 가정되지 않음'에 해당 값을 보면 0.025이므로 다음 유의확률은 0.007로서 플라스틱 주사기와 놈책 주사기의 평균은 다르므로 통계적으로 매우 유의하게 나타났다(p<0.01).

IV. 고찰

하루의 업무를 시작하고 방사능측정기(dose calibrator)를 사용하기 전 의료용 방사능 측정기에 대한 일일점검을 실시해야 한다. 일일점검은 의료용 방사능 측정기의 정확성, 재현성을 월간점검은 직선성을 점

표 3. ^{99m}Tc-DMSA의 플라스틱 주사기와 놈책 주사기의 차이에 따른 독립표본 t-검정

	Levene's test for equal variance	t-test for equality of means								
		F	Probability of significance	t	Degree of freedom	Probability of significance (both side)	Standard Deviation	Standard error of mean	95% confidence interval of difference	
									Lower limit	maximum
^{99m} Tc-DMSA	Equal variance is assumed	2.771	.025	-5.0619	21	.007	3.93141	1.97070	-9.25666	3.28666
	Uniform variance is not assumed			-6.00822	21	.007	6.03959	3.02379	-12.23124	7.01134

검하는 것이다. 의료분야의 방사선안전관리에 관한 기술기준에서 방사선규칙 제 52조 제1항을 보면 진료 목적으로 RI등을 인체에 사용할 경우 투여 방사능량을 의사의 처방대로 유지할 것을 요구하고 있다[9]. 이것은 진단, 치료, 연구 등의 목적으로 인체에 투여되는 핵종의 방사능을 검량계에서 측정 시 계획된 값과의 오차를 최소화해야 한다는 것인데, 현재 의료분야에서 교정 선원을 보유하고 교정을 하는 곳이 약 24%에서 그치고 있다. 앞으로는 교정 선원을 이용하여 일간 점검으로 재현성검사를 실시하고 오차가 5%이상 시 재점검 또는 조정을 해야 한다. 또 10% 이상 시에는 수리 또는 교체하여 다시 교정을 해야 하며 미 수행 시에는 사용기관에 지적 또는 권고발급을 할 예정이다[10]. 또 월간 직선성 점검에서 5% 이상의 편차를 보이는 범위에 대해서는 보정인자를 산출하여 실제 측정에 사용할 수 있도록 한다.

알맞은 방사성의약품의 양은 환자의 상태, 검사방법, 방사성의약품의 생물학적 반감기, 영상기기 등에 의해서도 달라 질수 있다[11]. 의학적 검사에서 방사선 위험도는 의학적 검사를 통해 얻어지는 정보의 유용성과 비교했을 때, 더 적어야 하며, 위험과 이익요인에 대한 부분을 잘 인식하고 정확한 용량의 방사선 의약품 투여가 우선시 되어야 한다[12].

현재 임상에서는 환자 피폭을 낮추는 것이 매우 중요시 되면서 투여량을 줄이는 쪽으로만 지속적으로 언급되어 과거에 비해 장비의 발달은 계속해 왔지만 검사의 시간은 현재까지도 크게 줄이지 못하고 있다. 방사성의약품의 투여량이 증가되면 환자의 피폭선량이 증가되는 단점이 있지만 검사시간이 단축되고 양질의 영상을 획득할 수 있다는 장점도 있다[13]. 하지만 임상에서는 양질의 영상을 획득할 수 있는 적정량이 투여된 것인지 확인하지 않고 있다[14]. 또 연구 결과에서 보듯이 ^{99m}Tc -DMSA와 나머지 방사성의약품의 투여율 차이는 작업종사자의 숙련도, 펄핑 속도 및 강도 등에서 오는 차이를 고려하더라도 상당히 컸으며 실제 작업종사에 따른 차이는 미미하였다. 특히 신장검사에 사용하는 ^{99m}Tc -DMSA는 소아 환자에게 주로 사용되는 방사성의약품으로 정확한 투여량이 매우 중요하다. 하지만 일반 플라스틱 주사기에서 실제 투여율이 현저하게 떨어

졌으며 다른 방사성의약품과 달리 수 회 희석 시에도 크게 높아지지 않았다. 일반 방사성의약품의 경우는 희석횟수가 늘어날수록 투여율이 증가하였지만 혈관이 약한 환자의 경우 희석횟수를 늘리는데 제약이 따를 것이며, 희석하는 동안 종사자의 피폭이 증가할 수 있었다. 따라서 모든 방사성의약품에서 희석 없이 투여 시 월등히 투여율이 높았고, ^{99m}Tc -DMSA를 이용한 검사에서도 투여율을 높이는데 효과가 좋았던 농축 주사기 사용이 필요하다고 판단된다. 제한점으로 방사성의약품의 표지 효율에 따라 차이가 있기 때문에 각 방사성의약품의 표지 효율 및 제조 시간을 기술하고 실제 투여 시간과의 차이를 표시하길 바랍니다.(방사성의약품 제조한 후 시간 경과에 따라 표지효율이 저하되는 현상과 화합물이 Colloid형태로 변환되기도 합니다.

V. 결론

플라스틱 주사기를 이용하여 생리 식염수의 희석 정도에 따라 측정된 투여율은 6종류의 방사성 의약품 모두 희석 횟수가 증가할수록 투여율이 증가하였다. ^{99m}Tc -DMSA를 제외한 5종류의 방사성의약품은 생리 식염수의 희석횟수 증가에 따른 투여율 증가가 상당히 컸고, 2회 이상 희석하면 계획된 방사성의약품 양이 충분히 투여되었다. 하지만 ^{99m}Tc -DMSA는 희석횟수를 증가하여도 투여율 증가가 미미했고, 3회 희석 시에도 계획된 방사성의약품 양을 충분히 투여할 수 없었다. 그래서 ^{99m}Tc -DMSA를 투여하는 검사에서는 플라스틱 주사기 대신 농축 주사기 사용을 제안하고자 한다. 또 농축 주사기는 멸균된 주사기로 미국 크로마토그래피 연구소에서 인정하여 안전하다고 알려졌지만 아직 임상에서 사용되지 않아 환자 및 작업종사자의 안정성을 입증하기위한 추가 연구가 필요 할 것이다.

^{99m}Tc -ECD가 90.87 ± 11.08 로 가장 높았으며, ^{99m}Tc -DMSA가 75.28 ± 7.43 로 가장 낮았다. 농축 주사기를 이용하였을 경우 6종류의 방사성 의약품 모두 희석 횟수가 증가할수록 투여율이 증가하였으며, ^{99m}Tc O4가 93.58 ± 7.96 으로 가장 높았으며, ^{99m}Tc -DMSA가 91.60 ± 6.07 로 가장 낮았다.

플라스틱 주사기와 놋쇠 주사기를 이용한 회석 횡수에 따른 대응표본 검정 결과, 플라스틱 주사기와 놋쇠 주사기를 회석 없이 투여하는 경우가 같이 매우 유의하게 나타났으며($p < 0.01$), 플라스틱 주사기와 놋쇠 주사기를 이용한 회석 횡수에 따른 방사성 의약품의 t-검정 결과, ^{99m}Tc -DMSA만 매우 유의하게 나타났다 ($p < 0.01$).

참 고 문 헌

[1] 김가중, 배석환, 김기진, 오혜경, "양전자 방출핵종의 감마에너지가 X선 CT영상에 미치는 영향," 한국산학기술학회 논문지, 제12권, 제10호, pp.4418-4424, 2011.

[2] C. R. Seon and J. W. Gil, "Study on Development of Patient Effective Dose Calculation Program of Nuclear Medicine Examination," Vol.18, No.3, pp.657-665, 2017.

[3] 고창순, 정준기, 이명철, *핵의학*, 고려의학, 2008.

[4] Urška Dermol and Branko Kontić, "Use of strategic environmental assessment in the site selection process for a radioactive waste disposal facility in Slovenia," Journal of Environmental Management, Vol.92, No.1, pp.43-52, 2010.

[5] International Atomic Energy Agency (IAEA), *Alternative technologies for ^{99m}Tc generators*, Final report of a co-ordinated research programme 1990-1994, IAEA-TECDOC-852, 1995.

[6] International Atomic Energy Agency (IAEA), Technical Report Series No.466, Technetium- ^{99m}Tc Radio-pharmaceuticals: Manufacture of kit, Vienna, IAEA, 2008.

[7] Matthias Bauwens, "Retention of ^{99m}Tc -DMSA(III) and ^{99m}Tc -nanocolloid in different syringes affects imaging quality," Nuclear Medicine Communications, Vol.35, No.4, pp.433-437, 2014.

[8] W. H. Lee and S. M. An, "Experiment to Calculate the Dosage of Radiopharmaceutical Products during the Bone Scan Tests," The

Journal of the Korea Contents Association, Vol.15, No.4, pp.357-362, 2015.

[9] <https://ipb.fi/shop/norm-ject-luer-slip-syringe-100kpl/>, 2020.06.01.

[10] <https://www.law.go.kr/main.html>, 2020.06.10.

[11] Korea Atomic Energy Safety & Technology Institute, "Workshop for improving safety management in the medical field, and regulatory measures for possession and use of dose calibrators," 2017.

[12] 이준일, *핵의학기술학*, 대학서림, 2003.

[13] J. E. Towson and R. C. Smart, "Diagnostic Reference Activities for Nuclear Medicine, in Australia and Newzealand," International Atomic Energy Agency, 2001.

[14] Abdelhamid H. Elgazzar and Ismet Sarikaya, *Nuclear Medicine Companion. A Case-Based Practical Reference for Daily Use*, Springer International Pub, 2018.

저 자 소 개

손 상 준(Sang-Joon Son)

정희원



- 2016년 2월 : 영남대학교 의공학과 (의공학석사)
- 2020년 7월 : 영남대학교 의공학과 박사과정
- 2010년 3월 ~ 현재 : 대구파티마 병원 핵의학과

〈관심 분야〉 : 콘텐츠 서비스, 교육, 과학기술

박 정 규(Jeong-Kyu Park)

정희원



- 2008년 2월 : 한서대학교 방사선학과(방사선학석사)
- 2013년 2월 : 영남대학교 의공학과 (의공학박사)
- 2010년 9월 ~ 현재 : 대구보건대학교 방사선과 교수

〈관심 분야〉 : 동영상 콘텐츠, 교육, 과학기술