

# Bone Scan 검사 시 실제 환자에게 투여되는 용량 계산을 위한 실험

## Experiment to Calculate the Dosage of Radiopharmaceutical Products during the Bone Scan Tests

이왕희\*, 안성민\*\*

가천대 길병원 핵의학과\*, 가천대학교 방사선학과\*\*

Wang-Hui Lee(lwh840614@gilhospital.com)\*, Sung-Min Ahn(sman@gachon.ac.kr)\*\*

### 요약

본 실험에서는 조영제를 사용하는 CT 혹은 MRI 검사 후, 3-way를 제거하지 않고, Bone scan 검사를 위해 내원한 50명의 환자를 대상으로 방사성 의약품 99mTc-MDP가 표지된 동위원소를 주사 할 때, 주사기와 3-way에 남게 되는 방사능을 측정하여, 실제 환자에게 투여된 방사능을 확인했다.

핵의학과 Bone scan 검사를 위해 내원한 환자 중 CT 혹은 MRI 검사 후 3-way를 유지하고 있는 50명의 환자를 대상으로 3-way를 통해 99mTc-MDP로 표지된 동위원소를 주사 한 후, 주사기와 3-way에 남아 있는 방사능을 검량기로 측정하여 실제 투여된 용량을 확인 했다. 방사성의약품을 투여하기 전의 주사기의 방사능과 투여한 후 주사기와 3-way의 방사능을 측정할 결과, 투여 전 주사기의 방사능은 평균 31.75 mCi, 투여 후 주사기에 남은 방사능은 평균 1.22 mCi, 투여 후 3-way에 남은 방사능은 평균 0.95 mCi으로 측정 되었다. 실제 환자에게 투여된 방사능은 평균 29.57 mCi로 처음 환자에게 투여하고자 했던 용량보다 평균 2.18 mCi 가 환자에게 덜 투여됨을 알 수 있었다.

Bone scan 검사 시, 3-way와 실린지에 남게 되는 방사능을 감안하여 투여 용량을 결정한다면, 실제 환자에게 투여하고자 하는 목적 용량을 좀 더 정확하게 투여 할 수 있을 것이다.

■ 중심어 : | Bone Scan | 핵의학 |

### Abstract

In this experiment, we are to know the administered radioactivity in the actual patients by measuring the remained radioactivity when administering the isotope with noted MDP, the radiopharmaceutical product, to 50 visited patients for the bone scan, confirmed the radioactivity administered to actual patients. We confirmed the actual administered amount of remained radioactivity in the syringe and 3-way by using a gauger after administering the isotope with MDP noted via 3-way with 50 patients maintaining 3-way after CT or MRI among the visited patients for the bone scan in the department of nuclear medicine.

As a result of radioactivity in the 3-way and syringe pre and post injection of radiopharmaceutical products in 50 patients, average radioactivity of pre-injection is 31.75 mCi, average remained radioactivity in the syringes after injection is 1.22 mCi, and the average remained radioactivity in 3-way after injection is 0.95 mCi. The average of actual administered radioactivity is 29.57, so it is obvious that average 2.18 mCi was administered for less than the dosage that we initially intended to inject.

When determining the dosage in view of the radioactivity that remains in the 3-way with the syringe, it would be possible to accurately dose the desired dosage to be administered to actual patients.

■ keyword : | Bone Scan | Nuclear Medicine |

I. 서론

2011년 암 발생자는 218,017명으로 1999년 101,032명보다 116,985명 증가했다. 그리고 모든 암의 연령표준화 발생률은 1999년 10만명당 219.9명에서 2011년 319.8명으로 증가하여 연평균 3.6 % 증가했다. 남자는 1999년 10만명 당 291.9명에서 2011년 343.6명으로 1.6 % 연평균증가율을, 여자는 1999년 10만명 당 173.3명에서 2011년 316.7명으로 5.7 %의 연평균증가율을 보였다[1].

전체적인 암 발생률이 증가하면서 악성 종양의 뼈 전이 빈도 역시 증가하게 되었고, 이에 대한 임상적인 고려 역시 중요하게 되었다. 전립선암과 유방암의 70 %, 폐암, 방광암, 갑상선암의 30 %에서 뼈 전이가 발생한다고 알려져 있으며, 폐암, 유방암, 갑상선암의 경우 발생 빈도가 많은 악성 종양이므로 뼈 전이에 대한 가능성을 무시할 수 없다[2].

핵의학이란 방사성 및 핵종의 특이한 성질을 이용하여 신체의 해부학적, 생리학적, 생화학적 상태를 진단 및 평가하고, 개봉된 방사선원으로 치료하는 의학의 전문 분야이다. 임상 핵의학은 핵의학영상, 방사면역측정, 생물학적검사, 방사성핵종치료로 크게 나눌 수 있으며, 핵의학영상법은 방사선을 방출하는 동위원소를 인체에 투여하여 관심장기의 형태 및 기능을 평가하게 된다[3].

핵의학 검사법 중 하나인 Bone scan은 암환자를 대상으로 뼈 전이를 확인하기 위해 시행하는 검사로, 전이성 질환에서 다른 장기로부터 전이된 종양은 뼈 자체에서 발생된 경우보다도 환자의 생존률이 낮기 때문에 뼈 전이를 진단할 경우는 그 병소의 위치와 범위를 알기 위한 Bone scanning이 매우 중요하다고 할 수 있다[4]. 특히 악성종양의 뼈 전이의 경우 Bone scan을 통해 조기 발견이 가능하다는 선행된 연구들이 있다[5][6].

Bone scan 검사에 사용되는 방사성의약품 중 MDP(methylene diphosphonate)는 투여량의 50~60 %가 뼈에 섭취되고, 혈중 제거율 또한 높아 현재 사용되고 있는 Bone scan을 위한 방사성의약품 중 가장 우수한 특성을 보이고 있다[3].

암 발생률이 증가하면서 뼈 전이를 확인하기 위한 Bone scan 검사 역시 증가하고 있으며 병원에서는 환

자의 일정상 편의를 위해 Bone scan 검사가 있는 당일 다른 검사도 함께 진행하는 경우가 있다.

CT(computed tomography) 혹은 MRI(magnetic resonance imaging) 검사 시행 시, 환자는 검사에 필요한 조영제 주입을 용이하기 위해 3-way를 이용한다 [그림 1].



그림 1. 3-Way의 모습

환자의 통증 절감과 편의를 위해 핵의학과에서 위의 검사를 마치고 3-way를 유지하는 환자를 대상으로 유지하고 있는 3-way를 이용해 방사성의약품을 투여한다.

방사성 의약품 투여량은 환자의 나이와 체중을 비롯하여 방사성의약품의 종류, 영상에 사용되는 기기, 술자의 경험 등의 여러 가지를 고려하여 결정된다. 그러나 3-way를 이용하는 경우, 3-way와 동위원소가 들어있는 실린지 사이에 미세한 유격이 생기게 되고, 그곳에 방사성 의약품의 잔류가 생기게 된다. 또한 동위원소를 주사하기 위해 동위원소가 담겨져 있던 주사기에도 동위원소가 잔류하기 때문에 최종 환자에게 투여하고자 하는 용량보다 적은 양이 투여되고 있다.

본 실험에서는 Bone scan 검사를 위해 내원한 50명의 환자에게 방사성 의약품 <sup>99m</sup>Tc-MDP가 표지된 동위원소를 주사 할 때, 주사기와 3-way에 남게 되는 방사능을 측정하여, 실제 환자에게 투여된 방사능을 알아보았다.

## II. 연구대상 및 방법

### 1. 실험 기간 및 대상

2014년 7월 14일부터 2014년 7월 25일 사이 핵의학과 Bone scan 검사를 위해 내원한 환자 중 CT 혹은 MRI 검사 후 3-way를 유지하고 있는 50명의 환자를 대상으로 하였다.

### 2. 실험 재료

1 cc 주사기, 3 cc 주사기, 생리식염수, 3-way, CRC-25R 검량계(Capintec. INC. USA)

### 3. 실험 방법

Bone scan 검사를 위해 내원한 환자에게 3-way를 통해 MDP로 표지된 동위원소를 주사 한 후, 주사기와 3-way에 남아있는 용량을 검량계를 이용해 측정하고, 실제 투여된 용량을 확인 했다.

3-way의 한쪽에 생리식염수가 3 cc 채워진 3 cc 주사기를 위치하고, 또 다른 쪽엔 0.3 cc의 부피의 동위원소가 담긴 1 cc 주사기를 위치한다[그림 2].



그림 2. 1cc, 3cc 주사기의 모습

최초 1회 동위원소를 밀어 넣고, 3-way에 연결된 생리식염수에서 1 cc 주사기 방향으로 0.3 cc 당겨서 다시 한 번 밀어 넣은 뒤, 3 cc 주사기에 남아있는 생리식염수를 마저 주사했다[그림 3].

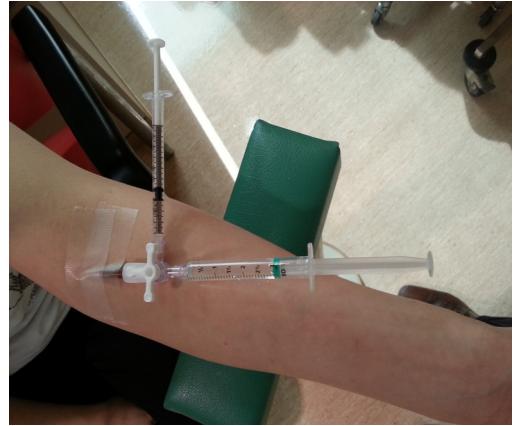


그림 3. 3-way와 결합된 주사기의 모습

주사 후 3-way와 함께 주사 바늘을 제거하고, 3-way와 1 cc 주사기, 3 cc 주사기를 분리하여 방사성의약품을 담았던 1 cc 주사기와 3-way에 남아있는 방사능을 검량계를 이용해 각각 측정하였다[그림 4].



그림 4. CRC - 25R 검량계의 모습

### 4. 통계 분석

통계 분석은 Statistical Package for the Social Science (SPSS Ver.18 Inc. USA)을 이용하였으며, 단순 회기분석 결과  $p < 0.05$  이하인 경우에 유의한 차이가 있는 것으로 하였다.

### III. 결과

표 1. 투여 전, 후 측정된 방사능 (단위 : mCi)

	투여 전 방사능	투여 후 실린지	투여 후 3way	실제 투여된 용량	잔류량
1	33.50	1.82	1.12	30.56	2.94
2	33.50	1.84	0.24	31.42	2.08
3	32.70	1.14	0.10	31.46	1.24
4	31.30	2.07	1.15	28.08	3.22
5	32.80	0.76	1.53	30.51	2.29
6	33.00	1.34	1.07	30.59	2.41
7	30.10	1.30	0.35	28.45	1.65
8	31.40	0.88	1.18	29.34	2.06
9	32.40	2.00	1.47	28.93	3.47
10	34.50	1.56	1.25	31.70	2.81
11	30.30	1.44	0.23	28.63	1.67
12	27.50	0.85	0.61	26.04	1.46
13	32.10	2.23	0.58	29.29	2.81
14	30.50	1.87	0.33	28.31	2.20
15	30.90	0.79	1.00	29.10	1.80
16	33.50	2.02	0.17	31.31	2.19
17	30.40	1.68	1.66	27.06	3.34
18	34.10	2.66	3.22	28.22	5.88
19	33.30	0.78	1.39	31.13	2.17
20	33.70	1.68	1.96	30.06	3.64
21	32.70	0.63	0.45	31.63	1.08
22	33.20	0.82	2.85	29.53	3.67
23	31.40	0.53	2.96	27.91	3.49
24	32.50	1.15	2.13	29.23	3.28
25	29.80	1.29	0.30	28.21	1.59
26	29.60	1.07	0.30	28.23	1.37
27	30.80	1.86	0.74	28.20	2.60
28	32.10	1.64	1.19	29.27	2.83
29	32.20	1.88	1.28	29.04	3.16
30	32.90	3.00	3.20	26.70	6.20
31	31.10	1.25	0.51	29.34	1.76
32	30.00	1.23	0.66	28.11	1.89
33	30.00	0.36	0.12	29.52	0.48
34	30.50	0.35	0.05	30.10	0.40
35	30.70	0.98	0.03	29.69	1.01
36	33.10	0.27	1.35	31.48	1.62
37	33.20	1.67	0.64	30.89	2.31
38	31.40	0.53	0.14	30.73	0.67
39	33.20	0.90	0.95	31.35	1.85
40	30.30	1.14	0.66	28.50	1.80
41	32.70	0.29	1.03	31.38	1.32
42	30.00	1.22	1.80	26.98	3.02
43	31.60	0.66	0.01	30.93	0.67
44	32.70	0.48	0.51	31.71	0.99
45	33.00	1.39	0.68	30.93	2.07
46	31.50	0.48	0.55	30.47	1.03
47	29.80	0.64	0.62	28.54	1.26
48	30.10	0.66	0.30	29.14	0.96
49	33.60	1.22	1.25	31.13	2.47
50	30.70	0.87	0.10	29.73	0.97
표준편차	1.49	0.62	0.82	1.46	1.19

50명의 환자에게 99mTc-MDP로 표지된 방사성 동위원소의 투여 전, 후의 방사능을 측정된 결과, 투여 전 방사능의 평균은 31.75 mCi이고, 실제 환자에게 투여된 방사능의 평균은 29.57 mCi이다. 투여 후 실린지에 남은 방사능은 평균 1.22 mCi, 투여 후 3-way에 남은 방사능은 평균 0.95 mCi으로 측정되었다. 처음 환자에게 투여하고자 했던 용량보다 평균 2.18 mCi 가 환자에게 적게 투여되었다.

최초 환자에게 투여하고자 하는 용량의 방사능의 비율을 100 %라고 했을 때, 실제 환자에게 투여된 방사능의 비율은 약 93.18 %, 주사기와 3-way에 잔류하는 방사능의 비율은 약 6.81 %로 나타났다[표 1].

통계 분석 결과  $y = 0.691x + 11.31$  의 회귀식이 도출된다. y값은 투여 전 방사능, x값은 실제 투여된 용량으로, 상관계수 .677로 양의 상관관계를 보였고,  $t=6.363$ ,  $p\text{-value}=.000$ 으로 통계적으로 유의한 결과를 얻었다 [표 2][표 3].

표 2. 기술통계량

	평균	표준편차	N
투여전방사능	31.75	1.49	50
실제투여용량	29.57	1.46	50

표 3. 계수<sup>a</sup>

모형	비표준화계수		표준화계수	t	유의 확률
	B	표준 오차			
1	(상수)	11.313	3.216	.677	.001
	목적 용량	.691	.109		

### IV. 고찰

핵의학에서 방사성 의약품 투여량은 환자의 나이와 체중을 비롯하여 방사성의약품의 종류, 영상에 사용되는 기기, 술자의 경험 등의 여러 가치를 고려하여 결정 된다.

특히 소아 핵의학 검사 시 사용되는 방사성의약품은 최소의 선량을 이용하여 진단이 가능한 만족스러운 영상을 얻을 수 있어야 한다[7].

소아의 경우 체중, 체표면적, 나이, 신장 등을 성인에 대한 비율로 환산하여 계산하지만 필요량을 과소나 과대하게 계산할 수 있는 여지가 생기기 때문에 완벽하다고 말할 수 없다. 일반적으로 1세 이상의 어린이에게서는 체중이나 체표면적에 의한 공식이 좋은 지침이 된다. 알맞은 방사성의약품의 양은 환자의 상태, 검사방법, 방사성의약품의 생물학적 반감기, 영상기기 등에 의해서도 달라질 수 있다[3].

따라서 의학적 검사에서 방사선 위험도는 의학적 검사를 통해 얻어지는 정보의 유용성과 비교했을 때, 더 적어야 하며, 위험과 이익 요인에 대한 부분을 잘 인식해야 한다. 결과적으로 검사 목적에 다른 정확한 용량의 방사성의약품의 투여가 우선시 되어야한다[8].

**표 4. 방사성의약품의 성인용량과 검사를 위한 최소용량**  
(단위 : MBq)

방사성의약품	성인용량	최소용량
<sup>99m</sup> Tc-DTPA	200	20
<sup>99m</sup> Tc-DMSA	100	15
<sup>99m</sup> Tc-MAG3	70	15
<sup>99m</sup> Tc-pertechnetate (cystogram)	20	20
<sup>99m</sup> Tc-MDP	500	40
<sup>99m</sup> Tc-colloid (liver and spleen)	80	15
<sup>99m</sup> Tc-colloid (marrow)	300	20
<sup>99m</sup> Tc-denatured RBC (spleen)	40	20
<sup>99m</sup> Tc-RBC (blood pool)	800	80
<sup>99m</sup> Tc-albumin (cardiac)	800	80
<sup>99m</sup> Tc-pertechnetate (first pass)	500	80
<sup>99m</sup> Tc-MAA and microspheres	80	10
<sup>99m</sup> Tc-pertechnetate (ectopic gastric)	150	20
<sup>99m</sup> Tc-colloid (gastric reflux)	40	10
<sup>99m</sup> Tc-IDA(biliary)	150	20
<sup>99m</sup> Tc-pertechnetate (thyroid)	80	10
<sup>99m</sup> Tc-Cerotec/Neurolite (brain)	740	100
<sup>99m</sup> Tc-HMPAO	500	40
<sup>123</sup> I-Hippuran	75	10
<sup>123</sup> I (thyroid)	20	3
<sup>123</sup> I-amphetamin (brain)	185	18
<sup>123</sup> I-MIBG	200	35
<sup>67</sup> Ga	80	10

2009년 핵의학 기술학회에 발표된 “소아 핵의학 검사 시 사용되는 방사성의약품의 양 산출 기준 조사” 라는 선행연구에 따르면 현재 세계적으로 인정된 소아핵의학 검사를 위한 선량 산출 기준은 확립되어있지 않으며, 국내 병원들의 경우, 소아 핵의학 검사 시 사용되는 방사성의약품의 투여량 산출 시 70 kg 성인에 투여되는 양을 기준으로 체중에 따라 정해지고 있으며 공식은 다음과 같다.

$$\text{소아투여용량} = \text{성인투여용량} \times \text{체중}(kg) \div 70kg \quad (1)$$

그러나 성인 체중을 기준으로 소아의 방사성의약품 투여량 산출 시 1세 이하의 영아에게는 필요 이하의 선량이 산출되고, 50 kg이상의 어린이에 대한 선량은 필요 이상이 산출된다고 한다[9].

본 실험은 Bone Scan을 수행하는 환자 중 3-way를 이용해 조영제를 주입하는 검사 후, 3-way를 유지하는 환자를 대상으로 Bone Scan을 위한 동위원소를 주사하고, 3-way와 주사기에 잔류하는 방사능의 양을 측정해 실제 환자에게 투여되는 방사능의 양을 계산해 보았다. 그러나 Bone Scan을 위한 방사성동위원소의 투여량은 740~1480 MBq (20~40 mCi)로 편차가 크기 때문에 본 실험 결과에서 나타난 것처럼 약 2 mCi 정도가 적게 투여된다고 해서 영상의 질에 미치는 영향은 크지 않을 것이라 생각된다. 그러나 적은양의 방사성 동위원소를 주사하는 <sup>99m</sup>Tc-MAG3, <sup>99m</sup>Tc-MAA 등의 검사, 정확한 투여량을 요구하는 검사, 소아 검사 시 위와 동일한 방법으로 주사기와 3-way에 남는 잔류량을 계산한다면 최초 목적하는 용량을 정확히 투여할 수 있을 것이다[표 4]. 나아가 다양한 핵의학 검사를 대상으로 추가적인 실험을 수행하고, 각 검사별 잔류량에 대한 정보를 정량화 한다면 의미 있는 결과를 얻을 수 있을 것이라 생각된다.

## V. 결론

본 실험에서는 Bone scan 검사를 위해 내원한 50명의 환자에게 방사성 의약품 MDP가 표지된 동위원소를

주사 할 때, 주사기와 3-way에 남게 되는 방사능을 측정하여, 실제 환자에게 투여된 방사능을 알아보고, 검사 시 목적하는 용량이 환자에게 정확히 투여되고 있는지 확인해보았다.

50명의 환자에게 MDP 투여 전 후의 방사능을 측정한 결과, 투여 전 방사능은 평균 31.75 mCi, 실제 환자에게 투여된 방사능은 29.57 mCi이다. 투여 후 실린지에 남은 방사능은 평균 1.22 mCi, 투여 후 3-way 에 남은 방사능은 평균 0.95 mCi으로 측정되었다.

처음 환자에게 투여하고자 했던 용량보다 평균 2.18 mCi 가 환자에게 덜 투여되고 있음을 확인 할 수 있었다.

Bone scan 검사 시, 3-way와 실린지에 잔류하는 방사능을 감안하여 투여 용량을 계산 한다면, 실제 환자에게 투여하고자 하는 용량을 좀 더 정확하게 투여할 수 있을 것이다.

핵의학 검사에서는 다양한 방사성의약품과 동위원소를 사용하며, 환자의 피폭을 최소화 하면서 정확한 검사 결과를 얻기 위해서는 최초 목적하는 용량의 방사능을 가진 방사성의약품의 정확한 투여가 요구된다. 더구나 소아의 경우의 성인의 축소판이 아니기 때문에 효과적인 핵의학 검사를 위해 일률적으로 투여량을 적용해서도 안 된다. 위의 실험 결과를 바탕으로 성인 환자뿐 아니라 적은양의 방사성의약품이 투여되는 소아환자에게도 정확한 용량을 적용해 계산 할 수 있을 것이다.

**참 고 문 헌**

[1] 중앙암등록본부, 국가암등록통계, 2011.  
 [2] 안병철, “뼈전이의 방사성동위원소 통증치료”, 핵의학회지, 제40권, 제2호, pp.82-89, 2006.  
 [3] 정준기, 이명철, *고창순핵의학*, 고려의학, pp.1-2, pp.509-510, pp.701-702, 2008.  
 [4] 박성욱, 안성민, 유광열, *NUCLEAR MEDICINE SCIENCE*, 보문서원, pp.460-461, 2008.  
 [5] V. T. JrDevita, S. Hellman, and S. A. Rosenberg, *Cancer, principles and practice of oncology*, 5<sup>th</sup>

ed. Philadelphia, NewYork, p.2570, 1997.

[6] R. J. Troell and D. J. Terris, “Detection of metastases from head and neck cancers,” *Laryngoscope*, Vol.105, No.247, 1995.  
 [7] 핵의학 교육 연구회, *고려의학*, pp.260-262, 1997.  
 [8] 대한방사선기술학회, *핵의학기술학*, 신광출판사, pp.29-33, 1997.  
 [9] 도용호, 김계환, 이홍재, “소아 핵의학 검사 시 사용되는 방사성의약품의 양 산출 기준 조사”, 핵의학기술학회, 제14권, 제1호, pp.47-50, 2009.

**저 자 소 개**

**이 왕 희(Wang-Hui Lee)**

정희원



- 2014년 8월 : 가천대학교보건의대 학원 방사선학과(방사선학석사)
- 2009년 6월 ~ 현재 : 가천대학교 길병원 핵의학과

<관심분야> : 핵의학, 방사선선량

**안 성 민(Sung-Min Ahn)**

정희원



- 2010년 2월 : 한서대학교 화학과 (이학박사)
- 1998년 3월 ~ 현재 : 가천대학교 방사선학과 교수

<관심분야> : 핵의학, 방사선관리