

## 경골 골절후 Tc-99m-MDP골주사의 경시적 변화에 관한 실험적 연구

고려대학교 의과대학 정형외과학교실

임진명·변영수

=Abstract=

### Experimental Study on Serial Changes of Tc-99m-MDP Scintigraphy after Tibia Fracture

Jin Myeong Im, M.D. and Young Soo Byun, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Korea University, Seoul, Korea

The purpose of this study was to investigate that there was any differences of uptake ratio of Tc-99m-MDP during the healing process related to fracture level in tibia.

Thirty mature rabbits were divided into three groups and each group consisted of ten rabbits. The osteotomy was performed at the proximal third of tibia in group I, at the middle third in group II and at the distal third in group III, respectively. After fracture was reduced, the fractured tibia was fixed with K-wire and immobilized with long leg cast.

Serial Tc-99m-MDP scintigraphy with pixel counting method was performed in thirty cases of tibial shaft fracture from one day to eight weeks after fracture.

The results obtained were as follows:

1. In group I, the mean uptake ratio of Tc-99m-MDP at fracture site was  $1.40 \pm 0.45$  at two days after fracture,  $3.34 \pm 1.21$  at two weeks and increased rapidly to a maximal value of  $7.51 \pm 1.01$  at three weeks and decreased thereafter to  $4.53 \pm 0.83$  at eight weeks.
2. In group II, the mean uptake ratio was  $1.10 \pm 0.10$  at three days,  $3.93 \pm 1.10$  at three weeks and increased rapidly to a maximal value of  $7.37 \pm 2.21$  at four weeks and decreased thereafter to  $4.54 \pm 0.96$  at eight weeks.
3. In group III, the mean uptake ratio was  $1.13 \pm 0.11$  at three days,  $3.95 \pm 0.93$  at three weeks and increased rapidly to a maximal value of  $7.43 \pm 1.72$  at four weeks and decreased thereafter to  $4.69 \pm 0.93$  at eight weeks.

These experiments suggest that the changes of Tc-99m-MDP scintigraphy in the proximal third fractures of tibia was earlier than middle or distal third fractures and there was no differences between middle and distal third fractures of the tibia.

**Key Words:** Experimental study, Bone scan, Tibia fracture.

#### 서론

경골골절은 장관골 골절중에서 그 발생빈도가 높으며<sup>1)</sup>, 골절을 일으키는 외력도 매우 강하고 피부 적하부에 위치함으로 개방성 골절의 발생이 흔하며 지연유합이나 불유합의 빈도가 가장 높은 골절이라

고 보고되었다<sup>2,3)</sup>. 그러나 이중 경골 근위부는 해부학적으로 대부분 망상골조직으로 구성됨과 동시에 혈액순환이 좋고 주위의 골막과 여러 부착인대들로 인해 골절시에도 전위가 적어서 유합기간이 짧고 지연유합 및 불유합의 발생빈도가 낮은 반면 경골 원위부는 해부학적으로 피질골조직이 대부분이며 혈액순환이 나쁘고 골절편의 고정유지가 어려워

유합기간이 길고 지연유합 및 불유합의 발생빈도가 높은 것으로 알려져 왔다<sup>1, 5, 15, 21).</sup>

1944년 Albert<sup>5)</sup>, 1954년 Urist 등<sup>21)</sup>, 1979년 김등<sup>1)</sup>은 경골하 1/3부의 골절이 상1/3부나 중1/3부의 골절보다 지연유합이나 불유합이 많다고 하였으나 1959년 Jackson과 MacNab<sup>16)</sup>은 경골골절시 골절부위에 따른 유합과정에 큰 차이가 없다고 하였고, 1964년 Nicoll<sup>14)</sup>은 경골 중1/3부의 골절시에는 경골상1/3부나 하1/3부의 골절시보다 지연유합율이 높다고 보고하였다.

이와같이 학자들마다 경골골절부위에 따른 유합 과정에 대해서 의견이 다르며, 또한 현재까지 경골 골절에서 골절부위에 따른 골유합 과정을 골주사로 관찰한 논문도 거의 없다.

이에 저자는 경골골절후 골절부위에 따른 혈액공급의 변화 및 골유합의 차이를 알기 위해 실험적으로 성숙가토의 경골 상1/3, 중1/3 및 하1/3부에 각각 절골술을 가한후 K-강선으로 내고정 및 장하지 석고붕대로 외고정한 후 그 유합과정을 골절후 1일에서 8주까지 경시적으로 단순방사선 촬영 및

**Table 1.** Serial Tc-99m-MDP uptake ratio of group I, II and III

Group	Case number	Time from fracture								
		1day	2days	3days	1week	2weeks	3weeks	4weeks	6weeks	8weeks
Group I	1	0.97	1.23	1.69	1.72	2.56	5.59	6.82	4.82	4.51
	2	0.84	1.21	2.54	3.52	4.52	8.54	6.94	4.52	3.92
	3	0.92	1.12	1.21	2.51	2.98	6.94	7.02	6.69	5.84
	4	0.92	1.05	1.25	2.32	3.33	8.32	6.21	5.21	4.21
	5	0.89	1.32	1.32	1.48	1.59	7.59	5.21	5.02	4.02
	6	1.12	1.48	1.49	1.52	2.49	6.74	6.94	5.92	4.69
	7	1.13	1.32	1.34	1.48	3.84	8.21	7.89	6.98	5.84
	8	1.11	1.69	1.41	1.51	2.12	6.78	6.82	5.12	4.72
	9	0.92	2.54	3.59	4.21	5.12	7.59	6.52	5.34	3.21
	10	1.23	1.03	1.34	2.36	4.84	8.84	6.54	5.29	4.04
Group II	1	0.69	0.70	1.03	2.21	3.05	3.86	6.84	4.21	3.21
	2	0.74	0.75	1.21	1.34	2.12	3.51	7.53	6.94	5.21
	3	0.52	0.69	0.98	2.04	2.34	4.89	8.59	6.54	5.84
	4	1.01	1.02	1.21	2.34	3.15	3.85	4.89	5.89	4.21
	5	1.12	1.12	1.23	1.39	1.89	2.01	9.54	5.84	4.94
	6	1.02	1.03	1.10	1.45	1.84	5.84	10.9	8.69	5.89
	7	1.04	1.06	1.09	2.34	2.79	3.94	5.84	4.32	3.21
	8	0.49	0.52	0.98	2.50	2.84	3.51	4.34	5.84	4.82
	9	0.84	0.92	1.01	2.62	2.96	2.89	5.69	4.90	3.97
	10	0.78	1.10	1.21	2.21	2.84	5.02	9.51	5.82	4.14
Group III	1	0.84	0.92	1.14	2.21	2.84	3.78	6.94	5.84	4.92
	2	0.97	1.12	1.21	2.34	2.97	3.49	7.82	5.92	4.02
	3	0.69	0.79	0.94	2.10	2.10	3.58	7.69	6.74	5.84
	4	0.84	0.94	1.14	2.14	2.52	5.69	6.54	4.82	4.34
	5	0.97	1.01	1.12	2.21	3.69	4.79	5.92	3.93	3.82
	6	1.11	1.34	1.30	1.34	2.13	2.52	4.84	5.92	4.02
	7	1.03	1.10	1.19	2.10	2.84	4.84	9.79	8.49	6.54
	8	1.09	1.12	1.21	1.32	1.77	3.79	10.1	7.52	5.30
	9	0.87	0.84	1.11	1.99	1.20	4.00	8.74	5.84	4.12
	10	0.74	0.79	0.98	2.21	2.39	3.04	5.92	5.08	3.98

Group I : fracture on the proximal third of tibia

Group II : fracture on the middle third of tibia

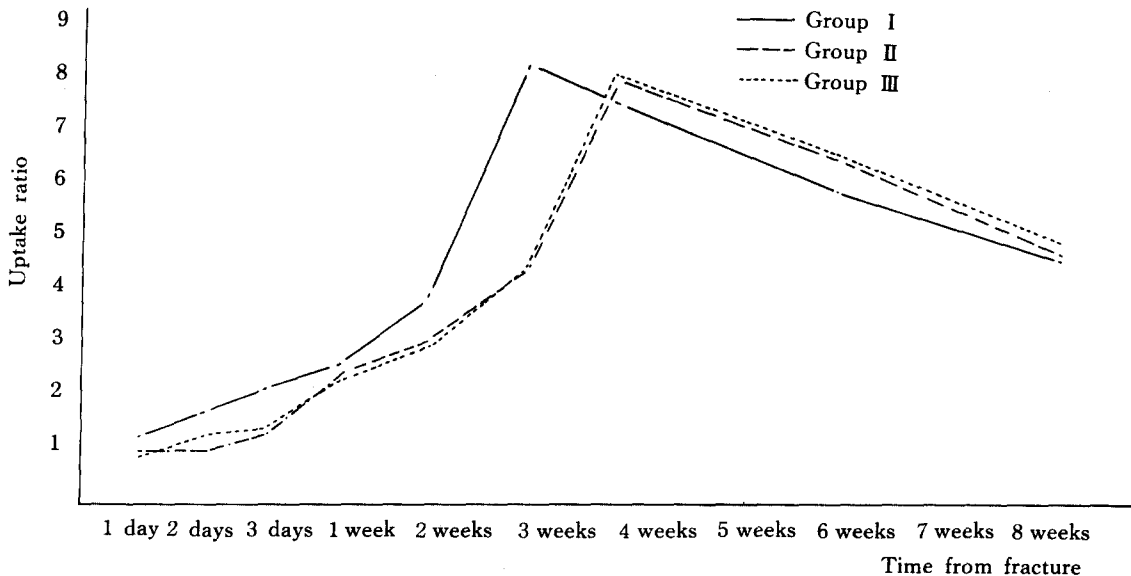
Group III : fracture on the distal third of tibia

**Table 2.** Mean uptake ratio of Tc-99m-MDP of Group I, II and III

Group	Time from fracture	1day	2days	3days	1week	2weeks
Group I		1.01±0.13	1.40±0.45	1.72±0.77	2.26±0.95	3.34±1.21
Group II		0.83±0.22	0.89±0.21	1.10±0.10	2.04±0.48	2.58±0.49
Group III		0.71±0.37	1.00±0.18	1.13±0.11	2.00±0.36	2.45±0.70

Group	Time from fracture	3weeks	4weeks	6weeks	8weeks
Group I		7.51±1.01	6.69±0.68	5.49±0.80	4.53±0.83
Group II		3.93±1.10	7.37±2.21	5.90±1.32	4.54±0.96
Group III		3.95±0.93	7.43±1.72	6.01±1.32	4.69±0.93



Group I : fracture on the proximal third of tibia  
 Group II : fracture on the middle third of tibia  
 Group III : fracture on the distal third of tibia  
**Fig. 1.** Serial mean uptake ratio of Tc-99m-MDP of group I, II and III.

Technetium-99m-Methylene diphosphonate (이하 Tc-99m-MDP라 칭함)를 이용한 골주사로 추시하여 다음과 같은 결과를 얻었기에 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

## 실험재료 및 실험방법

### 1. 실험재료

실험재료로서 동일한 조건과 사료로 사육한 체중이 2.0-2.5 kg 되는 건강한 성숙가토 30마리를 자웅구별없이 사용하였고, 골주사 동위원소로는 Tc-99m-MDP를 이용하였다.

### 2. 실험방법

#### 1) 군의 편성

성숙가토 30마리를 각각 10마리씩 3군으로 나누어 제 I, II 및 III군으로 하였다.

#### 2) 조작방법

각 실험가토를 수술대 위에 양와위로 사지를 고정시키고 우측 하퇴부를 삭모하고 베타딘과 75% 알콜로 무균처치후 2% lidocaine 3.0cc로 국소마취하였다.

제 I 군에서는 하퇴 상1/3부의 경골전능에 일치하여 종으로 3cm의 피부를 절개한후 경골 상 1/3부에, 제 II 군에서는 하퇴중 1/3부의 경골전능에 일치하여 종으로 3cm의 피부를 절개한후 경골 중1/3부에, 제 III 군에서는 하퇴 하1/3부의 경골전능에 일치하여 종으로 3cm의 피부를 절개한후 경골 하1/3

부에 각각 fine osteotome으로 절골을 시킨후 K-강선으로 내고정하였으며, 골막은 3-0 chromic cat gut으로 피부는 5-0 견사로 봉합한후 장하지 석고 붕대고정을 시행하였다.

수술후 실험부위의 감염을 방지하기 위하여 penicillin-G 130,000 unit(근화제약)를 근육주사 하였다.

골주사의 방법은 Tc-99m-MDP 1-1.25 mCi를 귀 정맥에 주사하고 2시간후에 catheter로 도뇨시킨후 실험가토를 detection table에 양와위로 놓혀 사자를 상하에서 붙잡은후 Gamma camera(C.G.R. Gammamatome T-9000, C.G.R. Ltd., France)로 주사하여 결과를 I.M.A.C. 7310 computer(I.M.A.C. Ltd., France)에 입력시켜 동위원소흡수량을 pixel counting 하였다.

골절부의 동위원소 흡수비율은 골절부와 건측의 대칭부에서의 Tc-99m-MDP의 흡수량을 측정하여 그 비율로 표시하였다.

각 골절의 주시는 수술후 1일, 2일, 3일, 1주, 2주, 3주, 4주, 6주 및 8주에 단순방사선 촬영과 골주사상 골절부 흡수비율을 관찰하였다.

## 실험성적

각 실험가토는 단순 방사선 촬영상 골절후 1주부터 골절부에서 가골형성이 관찰되었으며, 8주에는 방사선 촬영상 견고한 골절유합의 소견을 보였다.

또한 제 I, II 및 III군에서 골주사상 골절부에서의 동위원소 흡수율 변화의 총 성적은 Table 1과 같으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 제 I 군(경골 상1/3부 골절군)에서의 골절부동위원소 흡수율의 변화는 골절후 1일에 평균  $1.01 \pm 0.13$ 이었으며, 그후 서서히 증가하여 2일에  $1.40 \pm 0.45$ , 3일에  $1.72 \pm 0.77$ , 1주에  $2.26 \pm 0.95$ , 2주에  $3.34 \pm 1.21$ 로 증가되었으며, 그후 급격히 증가하여 3주에  $7.51 \pm 1.01$ 로 최고치를 이룬후, 점차 감소하여 4주에  $6.69 \pm 0.68$ , 6주에  $5.49 \pm 0.80$ , 8주에  $4.53 \pm 0.83$ 으로 감소되었다(Table 2, Fig. 1).

2. 제 II 군(경골 중1/3부 골절군)에서의 골절부동위원소 흡수율의 변화는 골절후 1일에 평균  $0.83 \pm 0.22$ , 2일에  $0.89 \pm 0.21$ 로 각각 골절부 동위원소 흡수감소의 소견을 보였으며, 3일에  $1.10 \pm 0.10$ 으로 골절부 동위원소 흡수증가의 소견을 보이기 시작하고, 그후 서서히 증가하여 1주에  $2.04 \pm 0.48$ , 2주에  $2.58 \pm 0.49$ , 3주에  $3.93 \pm 1.10$ 으로 되었으며, 그후 급격히 증가하여 4주에  $7.37 \pm 2.21$ 로 최

고치를 이룬후 점차 감소하여 6주에  $5.90 \pm 1.32$ , 8주에  $4.54 \pm 0.96$ 으로 감소되었다(Table 2, Fig. 1).

3. 제 III 군(경골 하1/3부 골절군)에서의 골절부동위원소 흡수율의 변화는 골절후 1일에 평균  $0.71 \pm 0.37$ , 2일에  $1.00 \pm 0.18$ 로 각각 골절부 흡수감소 혹은 정상측과 같은 흡수양상을 보였으며, 3일에  $1.13 \pm 0.11$ 로 골절부 흡수증가의 소견을 보이기 시작하였고, 그후 서서히 증가하여 1주에  $2.00 \pm 0.36$ , 2주에  $2.45 \pm 0.70$ , 3주에  $3.95 \pm 0.93$ 으로 증가되었으며, 그후 급격히 증가하여 4주에  $7.43 \pm 1.72$ 으로 최고치를 이룬후 서서히 감소하여 6주에  $6.01 \pm 1.32$ , 8주에  $4.69 \pm 0.93$ 으로 감소되었다(Table 2, Fig. 1).

## 고 찰

정형외과 영역에서의 골주사는 골의 원발성 혹은 전이성 종양, 대사성 질환, 피로골절 및 불현골절 등의 진단에 사용되어 왔으나 최근에는 골절의 유합과정을 관찰 연구한 많은 보고가 되고 있다.<sup>1-11, 20, 22)</sup>

골절후 골절부에서 방사선 동위원소인 Tc-99m-MDP의 흡수가 증가하는 이유는 국소적인 혈류량의 증가, 대사활동의 증가, 신생골조직의 증가 그리고 조직액의 증가에 의한다고 알려져 왔으나, 이 중에서 국소혈류량의 변화가 가장 중요한 요인이라고 보고되었다.<sup>8, 13, 19)</sup>

장관골 골절후 골주사상 골절부의 동위원소 흡수증가가 나타나는 시기에 대하여 1976년 Rosenthal 등<sup>18)</sup>은 88례의 골절환자를 Tc-99m-pyrophosphate와 Tc-99m-diphosphate를 이용해 골주사한 결과 수상후 7시간에서 3일에 골절부에서 동위원소 흡수증가 소견이 시작된다고 하였으며, 1979년 Martin<sup>14)</sup>은 204례의 골절환자를 Tc-99m-phosphate compound를 이용한 골주사결과, 수상후 1일에 88%, 3일에 93%, 1주일에 98%에서 골절부의 동위원소 흡수증가소견을 나타냈다고 보고했다.

본 실험에서도 경골 상1/3부 골절군에서는 골절후 2일에  $1.40 \pm 0.45$ 로, 경골 중 1/3부 및 하 1/3부 골절군에서는 골절후 3일에 각각  $1.10 \pm 0.10$  및  $1.13 \pm 0.11$ 로 골절후 동위원소 흡수증가 소견을 보여서 경골 상1/3부 골절시는 타부위의 골절시보다 1일 일찍 골주사상 양성으로 나타났으며 동위원소 흡수율도 타부위의 골절시보다 많았다.

1986년 김등<sup>2)</sup>은 사람의 경골골절후 정상유합된 20례의 환자에서 Tc-99m-MDP를 이용한 골주사

결과, 골절부의 동위원소 흡수율의 변화는 수상후 1주에  $2.31 \pm 0.35$ 였으며, 그후 급격히 증가하여 2개월에  $5.90 \pm 1.20$ 으로 최고치를 이룬후 4개월까지  $5.83 \pm 1.18$ 로 비교적 높은 흡수율을 보인후, 서서히 감소하여 18개월에  $2.37 \pm 0.91$ 로 감소된다고 보고했다.

본 실험에서도 경골 상1/3부 골절군에서는 골절후 1주에  $2.26 \pm 0.95$ 였으며, 그후 2주경부터 급격히 증가하여 3주에  $7.51 \pm 1.01$ 로 최고치를 이룬후 서서히 감소하여 8주에  $4.53 \pm 0.83$ 으로 감소했고, 경골 중1/3부 및 하1/3부 골절군에서는 골절후 1주에 각각  $2.04 \pm 0.48$  및  $2.00 \pm 0.36$ 을 보였으나 그후 3주경부터 비교적 빠른 흡수율 증가를 보여 4주에 각각  $7.37 \pm 2.21$  및  $7.43 \pm 1.72$ 로 최고치를 이룬후 서서히 감소하여 8주에 각각  $4.54 \pm 0.96$  및  $4.69 \pm 0.93$ 으로 감소했다. 즉, 가토의 골절시는 인체의 골절시보다 골주사상 약 1-3개월정도 빠른 변화를 보였다. 또한 가토의 경골상1/3부 골절군에서는 중1/3부 및 하1/3부 골절군보다 골주사상 1주정도 빠른 변화를 보였다.

경골 골절시 골절부위에 따른 골유합차이에 관한 문헌을 고찰하면 1944년 Albert<sup>6)</sup>는 경골 중1/3부와 하1/3부의 경계부에서의 골절시는 혈액공급이 나쁘고, 또한 골절의 정복이 어렵기 때문에 지연유합이 많다고 했으며, 1954년 Urist<sup>7)</sup>도 경골 하1/3부가 불활성의 해면조직으로 덮여있으며, 골수강내에 지방성 골수가 차있고 골막의 재생능력이 떨어져 골유합이 지연된다고 하였다. 1979년 김등<sup>8)</sup>도 경골 상1/3부 골절시에는 12주내에 67.1%에서 골유합을 보인데 비하여 중1/3부 골절시에는 31.4%, 하1/3부 골절시에는 25.6%에서 골유합을 보였고, 지연유합 및 불유합의 빈도도 상1/3부 골절시에는 12.9%, 중1/3부 골절시에는 17.6%, 하1/3부 골절시에는 19.8%에서 발생한다고 하여 상1/3부 골절시 골유합이 빠르며, 원위부로 갈수록 골유합이 늦고, 지연유합 및 불유합은 하1/3부 골절시에 가장 많고, 근위부로 갈수록 적어진다고 보고했다.

1959년 Johnson과 MacNab<sup>12)</sup>은 경골의 혈액공급은 영양동맥, 골막혈관 및 골간단부 혈관의 3가지에 의하며, 이중 가장 중요한 영양동맥은 경골상1/3부 및 중1/3부 경계부의 직하부에서 골피질내로 들어가며, 골수강내에서 분지하여 근위부 및 원위부로 자연스럽게 많은 분지를 가지고 있지만 골피질내에서는 분지가 없고 다른 혈관과의 문합도 없기 때문에 경골 상1/3부 직하부에 골절이 생겼을 경우에는 하1/3부에 골절이 생긴 경우보다 오히려 더 많은 부분의 골피질에서 혈액공급이 차단된다고 하

여 하1/3부의 골절이라고 해서 지연유합을 야기할 특별한 이유는 없다고 보고했다. 또한 1964년 Nicoll<sup>10)</sup>도 경골 중1/3부의 골절시에 지연유합은 24%인 반면, 하1/3부의 골절시에는 단지 17%만이 지연유합을 보인다고 보고했다.

그러나 본 실험에서 가토 경골 골절후 동위원소 흡수율의 변화는 경골 상1/3부 골절군(제Ⅰ군)에서는 골절후 2일에 동위원소 흡수가 증가되기 시작하여 3주에 최고치를 나타낸 반면, 중1/3부 및 하1/3부 골절군(제Ⅱ군 및 Ⅲ군)에서는 골절후 3일에 동위원소 흡수가 증가되기 시작하여 4주에 최고치를 보였다. 이는 1974년 정등<sup>4)</sup>이 경골 상1/3부 골절시에는 8%만이 25주이후에 유합된 반면, 중1/3부와 하1/3부 골절시에는 각각 30.77%와 33.53%가 25주 이후에 유합되어 상1/3부 골절시에는 타부위의 골절시보다 유합이 빠르나 중1/3부와 하1/3부 골절시에는 그 유합과정에 큰 차이가 없다는 보고와 일치한다.

즉, 가토 경골골절후 기간에 따른 동위원소 흡수율 변화양상은 상1/3부, 중1/3부 및 하1/3부에서 모두가 같은 변화양상을 보였으나 변화양상의 속도는 상1/3부에서 선행되었으며, 중1/3부 및 하1/3부에서는 서로 큰 차이가 없었다.

## 결론

경골골절시 골절부위에 따른 골유합과정의 차이를 알기위하여 실험적으로 성숙가토 30마리를 3군으로 나누어 각각 경골 상1/3부, 중1/3부 및 하1/3부에 절골을 가한후 K-강선으로 내고정 및 장하지 석고붕대로 외고정한후 유합과정을 경시적으로 1일에서 8주까지 Tc-99m-MDP를 이용한 골주사를 실시하고 그 자료를 computer로 pixel counting하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 제Ⅰ군(경골 상1/3부 골절군)에서의 골절부 동위원소 흡수율의 변화는 골절후 2일에  $1.40 \pm 0.45$ 로 증가소견을 보이기 시작하였으며, 그후 서서히 증가하여 2주에  $3.34 \pm 1.21$ 이 되었으며, 다시 급격히 증가하여, 3주에  $7.51 \pm 1.01$ 로 최고치를 이룬후, 8주에는  $4.53 \pm 0.83$ 으로 감소했다.

2. 제Ⅱ군(경골 중1/3부 골절군)에서의 골절부 동위원소 흡수율의 변화는 골절후 3일에  $1.10 \pm 0.10$ 으로 증가소견을 보이기 시작하였으며, 그후 서서히 증가하여 3주에  $3.93 \pm 1.10$ 으로 되었고, 다시 급격히 증가하여 4주에  $7.37 \pm 2.21$ 로 최고치를 이룬후, 8주에는  $4.54 \pm 0.96$ 으로 감소했다.

3. 제Ⅲ군(경골 하1/3부 골절군)에서의 골절부 동

위원소 흡수율의 변화는 골절후 3일에  $1.13 \pm 0.11$ 로 증가소전을 보이기 시작하였으며, 그후 서서히 증가하여 3주에  $3.95 \pm 0.93$ 으로 되었고, 다시 급격히 증가하여 4주에  $7.43 \pm 1.72$ 로 최고치를 이룬 후, 8주에는  $4.69 \pm 0.93$ 으로 감소했다.

이상의 결과로서 경골 상1/3부의 골절시에는 중1/3부 및 하1/3부의 골절시보다 골주사상 일찍 동위원소 흡수증가의 소전을 보이며 1주 일찍 최고치를 보이나, 중1/3부와 하1/3부의 골절간에는 골주사상 동위원소 흡수양상에 서로 유의할만한 차이가 없었다.

(이 논문을 완성함에 있어서 시종 지도와 노고를 베풀어주신 이흥전 교수님, 박상원 교수님과 동위원소실의 이민재 교수님께 깊은 감사를 드립니다.)

## REFERENCES

- 김광희·양원찬: 경골 골절에 관한 임상적 연구, 정형외과 학회지, 14:426, 1979.
- 김종환·변영수: 하지 장관골 골절에서 골주사의 경시적 변화에 관한 연구. 고대의대 논문집, 23:581, 1986.
- 변춘방·박상원: 골절치유에 따른 골주사 소전에 관한 실험 및 임상적 연구. 고대의대 논문집, 23:593, 1986.
- 정인희·김남현·장준섭·김영후·손성근: 경골 골절에 대한 임상적 고찰. 정형외과학회지, 9:99, 1974.
- Albert, M.: *Delayed union in fractures of the tibia and fibula. J. Bone and Joint Surg.*, 26:566, 1944.
- Bisson, J.V.J. and William, T.: *Bone scan, in clinical perspective. Radiology*, 14:255, 1975.
- Boyd, H.B., Lipinski, S.W. and Wiley, J. H.: *Observations on nonunion of the shafts of the long bones with a statistical analysis of 842 patients. J. Bone and Joint Surg.*, 43-A:159, 1961.
- D'Aubigne, R.M.: *Infection in the treatment of ununited fractures. Clin. Orthop.*, 43:77, 1965.
- Grief, J.: *Autoradiographic studies of fracture healing using Tc-99m-phosphonate. Injury*, 18:271, 1977.
- Gumerman, L.W., Fogel, S.R., Goodman, M. A., Hanley, Jr., E.N., Kappakas, G.S., Rutkowski, R. and Levine, G.: *Experimental fracture healing: Evaluation using radionuclide bone imaging; concise communication. J. Nucl. Med.*, 19:1320, 1978.
- Hughes, S., Khan, R., Davis, R. and Laverder, P.: *The uptake by the canine tibia of the bone scanning agent Tc-99m-MDP before and after an osteotomy. J. Bone and Joint Surg.*, 60-B:579, 1978.
- Jackson, R.W. and MacNab, I.: *Fractures of the shaft of the tibia. Am. J. Surg.*, 97:543, 1959.
- Kirchner, P.T. and Simon, M.A.: *Radioisotopic evaluation of skeletal disease. J. Bone and Joint Surg.*, 63-A:673, 1981.
- Matin, P.: *The appearance of bone scan following fractures, including immediate and long term studies. J. Nucl. Med.*, 20:1227, 1979.
- Melis, G.C., Sotgiu, F., Lepori, M. and Guido, P.: *Intramedullary nailing in segmental tibial fractures. J. Bone and Joint Surg.*, 63-A:1310, 1981.
- Nicoll, E.A.: *Fractures of the tibial shaft. J. Bone and Joint Surg.* 46-B:373, 1964.
- Pankovich, A.M., Tarabishy, I.E. and Yelda, S.: *Flexible intramedullary nailing of tibial shaft fractures. Clin. Orthop.*, 160:185, 1981.
- Rosenthal, L., Hill, R.O. and Chuang, S.: *Observation on the use of Tc-99m-phosphate imaging in peripheral bone trauma. Radiology*, 119:637, 1976.
- Siegel, B.A., Donovan, R.L., Alderson, P.O. and Mack, G.R.: *Skeletal uptake of Tc-99m-diphosphonate in relation to local blood flow. Radiology*, 120:121, 1976.
- Stevenson, J.S., Bright, R.W. and Dunson, G. L.: *Tc-99m-phosphate bone imaging: Method for assessing bone graft healing. Radiology*, 110:391, 1976.
- Urist, M.R. and Mclean, F.E.: *The pathogenesis and treatment of delayed union and nonunion. J. Bone and Joint Surg.*, 36-A:931, 1954.
- Velasko, J.G., Vega, A. and Leisorek, A.: *The early detection of free bone graft viability with Tc-99m. Br. J. Plast. Surg.*, 29:344, 1976.