

경골 골절 치유 경과에 따른 골 스캔 변화

경희대학교 의과대학 정형외과학교실

유명철 · 장성근 · 황윤권

= Abstract =

Serial Bone Scans According to Fracture Healing in Tibia

Myung Chul Yoo, M.D., Seong Geun Jang, M.D. and Yoon Gwon Hwang, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, College of Medicine, Kyung Hee University, Seoul, Korea

Total 40 cases of serial bone scans with Tc^{99m} -MDP performed on less than 24 hour, 2nd day, 3rd day, 5th day, 1 week, 4 week, 12 week and 1 year respectively after fractures in tibia were analysed. All 5 cases of bone scans performed within 24 hour after injury showed increase in generalized tracer uptake and 3 cases of them(60%) showed localized increase in tracer uptake at the fracture sites. The earliest bone scan performed 9 hour after injury showed generally and locally increased uptake at the fracture sites. All 5 cases of bone scan performed 1 year after injury showed localized increased uptake at the fracture sites and 2 cases of them (40%) showed generalized increase in tracer uptake.

Bone scans performed 12 week after injury showed the most outstanding increase in generalized and localized tracer uptake. Bone scans performed 1 year after injury showed decreased amount of generalized increase in tracer uptake (but more increased uptake than normal) but the localized increase in tracer uptake at the fracture sites was observed persistently.

More study should be needed to clarify the corelationship between the presence of cold spots during the fracture healing and the union of the fractures. It is difficult to differentiate the old fractures to fresh fractures with the bone scans performed within 1 year because of persistent increase in tracer uptake to 1 year after fracture.

Key Words : Bone scans, Tibial fracture.

I. 서 론

1971년 Subramanian과 McAfee가 Tc^{99m} polyphosphate를 이용한 골 스캔 도입후 이를 이용한 원발성 골 종양 및 골 전이암, 골수염, 무혈성괴사 및 관절염 등 골 병소의 조기 발견, 신선 골절과 진구성 골절과의 감별진단등 골 스캔의 임상적 응용이 널리 보급되었다. 골외상(osseous trauma)시 골 스캔은 X-선상 보이지 않는 골절의 발견 및 골절 부위의 인지 목적으로 주로 사용되어 왔다²¹⁾. 방사성 동위원소를 이용하여 골절시 골 유합 과정을 추정하려 시도하여 왔으나 장비 및 적합한 방사성 동위원소 선택 등의 문제로 어려움이 많았다. 1959년

Bauer와 Wendeberg²³⁾가 고관절 골절 6주 후에 Sr^{85} 와 Ca^{45} 의 골 흡수(bone uptake)가 최고 수준을 보인다고 보고한 이래로 Green⁵⁾, Johannsen¹²⁾, Muheim¹⁸⁾, Illingworth와 Schiess¹⁰⁾ 등 여러 저자들이 방사성 동위원소를 이용한 골절 부위의 골 흡수 변화에 대하여 보고하였다. 골 스캔시 사용되는 동위원소중 Tc^{99m} -MDP(methylene diphosphate)가 가장 적합한 것으로 알려짐에 따라 이를 이용한 여러 논문들이 발표되고 있으나 골절 후 골절 치유 과정에 따른 골 스캔 변화 및 골절 부위의 동위원소 흡수가 정상으로 될 때까지의 기간 등에 대한 보고는 별로 없었다. 본 저자는 비교적 자주 접하는 경골 골절 환자에 대하여 Tc^{99m} -MDP(methylene diphosphate) 골 스캔 시행 후 골절 치유 과정에 따른 골

스캔 변화를 분석하여 그 결과를 보고하는 바이다.

II. 연구대상 및 방법

1982년 2월부터 1983년 3월까지 경희대학교 의과대학 부속병원 정형외과에 경골 골절로 입원하여 Tc^{99m} -MDP 골 스캔을 시행한 총 40명 환자에 대하여 조사하였다. 남자는 34명, 여자는 6명 이었으며 연령 분포는 3세에서 59세로 평균 24세이었다. 골 스캔은 수상 후 24시간 내, 2일, 3일, 5일, 1주, 4주, 12주, 1년의 8군의 시기별로 나누어 동일한 환자에서 골 스캔을 시기별로 시행하기에는 여러 어려운 문제가 있어 각 시기별로 5명의 환자에서 시행하여 이들의 골 스캔 소견을 비교 관찰하였다. 개방성 골절은 23례 이었으며 나머지 17례는 폐쇄성 골절이었다. 골절 분포는 근위부에 5례, 중앙부에 20례, 원위부에 15례이었다. 양측성인 경우는 3례이었다. 골절의 치료는 폐쇄성 정복 및 석고붕대 고정술을 23례에서, 관혈적 정복술 및 금속 외고정술과 금속 내고정술을 각각 8례와 7례에서 시행하였다. 나머지 5례에서는 폐쇄성 수내정 고정술을 시행하였다. 골 스캔 시행방법은 $99Mo$ - $99mTc$ generator에서 생성된 $Per technate$ 에 Methylene Diphosphonate를 결합시킨 Tc^{99m} -MDP을 성인에게는 15mCi, 소아에게는 Webster's rule에 의해 (연령/연령+7)×성인 용량을 정맥주사하고 2~3 시간 후 배뇨시킨 다음 골 스캔을 시행하였다.

Fig. 1. Normal bone scan shows generalized increased uptake, especially high uptake at the end of the bones.

III. 연구 결과

A. 정상 경골의 골 스캔소견

정상 경골의 골 스캔은 골간 전체에 걸친 흡수소견(uptake)을 보여주고 있으며 특히 골 말단부 (관절부위)에 고흡수(high uptake) 소견을 보이고 있다. 이는 타 장골에서도 동일한 소견을 보이고 있다(Fig. 1).

B. 경골 골절의 골 스캔소견

경골 골절 후 각 시기별 골 스캔 소견은 다음과 같다.

1. 24시간 내

전 예에서 경골 전장에 걸친 골 흡수 증가 소견을 보였으며 골절부 국소 흡수 증가는 3례에서 나타났으며 1례에서 주위 연부조직의 흡수 증가 소견을 동반하였다. 최단 시간에 골 스캔을 시행한 경우는 골절 후 9시간으로 경골 전장에 걸친 골 흡수 증가, 골절부 국소 흡수 증가 및 주위 연부조직의 흡수 증가 소견을 보였다(Fig. 2).

2. 2 일

전 예에서 경골 전장에 걸친 골 흡수 증가소견을 보였으며 골절부 국소 흡수 증가는 1례에서 표출하였고 나머지 4례는 보이지 않았다(Fig. 3).

3. 3 일

전 예에서 경골 전장에 걸친 골 흡수 증가소견을 보였으며 골절부 국소 흡수 증가는 4례에서 동반하

Fig. 2. Bone scan of 9 hour after fracture shows generalized increase in tracer uptake and local increase at the fracture site & surrounding soft tissue.

Fig. 3. Bone scan of 2nd day after fracture shows local increase in tracer uptake at the fracture site.

Fig. 4. Bone scan of 3rd day after fracture shows generalized increase in tracer uptake but at the fracture site "cold spots" was seen.

Fig. 5. Bone scan of 5th day after fracture shows generalized increase in tracer uptake at the fracture site.

Fig. 6. Bone scan of 1 week after fracture shows generalized increase in tracer uptake and local increase at the fracture site & surrounding soft tissue.

Fig. 7. Bone scan of 4 week after fracture shows generalized increase in tracer uptake and local increase at the fracture site & surrounding soft tissue.

였고 1레는 골절부위에 "cold spots" 소견을 보였다 (Fig. 4).

4. 5 일

전 예에서 경골 전장에 걸친 골 흡수증가 및 골 절부 국소 흡수증가 소견을 보였다(Fig. 5).

5. 1 주

전 예에서 경골 전장에 걸친 골 흡수증가 소견을 보였으며 4레에서 골절부 국소 흡수증가 소견을, 2 레에서 주위 연부조직의 흡수증가 소견을 동반하였다(Fig. 6).

6. 4 주

전 예에서 경골 전장에 걸친 골 흡수증가 및 골 절부 국소 흡수증가 소견을 보였으며 이들은 이전에 시행한 골 스캔보다 뚜렷이 나타나며 2 레에서

Fig. 8. Bone scan of 12 week after fracture shows apparent generalized increase in tracer uptake but at the fracture site "cold spot" was seen.

으며 12주시의 골 스캔보다 감소된 골 흡수 소견을 보이나 골절부 국소 흡수 증가소견은 지속적으로 나타내었다(Fig. 9).

경골 전장에 걸친 골 흡수증가(generalized increase in tracer uptake)는 경골 골절후 12주 내에 시행한 35례 모두에서 나타났고 1 년만에 시행한 5례 중 2례에서 표출되었으며 골절부 국소 흡수증가(increase in tracer uptake locally at the fracture site)는 12주내 시행한 35례 중 74%인 26례에서, 1 년만에 시행한 경우는 5례 전 예에서 표출되었다(Table 1). 골절후 9시간에 시행한 골 스캔에서도 경골 전장에 걸친 골 흡수증가, 골절부 국소 흡수증가 소견 및 주위연부조직 흡수증가 소견을 보여(Fig. 2) 경골 전장에 걸친 골흡수증가는 골절 9 시간후부터 나타나 골절 12주까지 지속적으로 표출되나 골절 1년후에는 감소되며 골절부 국소 흡수증가는 골절 3일후부터 주로 나타나기 시작하여 1년 후까지 지속적으로 표출되고 있음을 보여주고 있다(Table 1). 경골골절 치유과정에 따른 골 스캔변화를 관찰하면 1주 내에 시행한 골 스캔에서는 경골 전장에 걸친 골흡수 및 골절부 국소흡수 증가 소견의 특이한 변화가 없으나, 4주, 12주의 골 스캔은 보다 증가된 골흡수 소견을 보였으며 특히 골절 12주에 가장 많은 골흡수 소견을 보였다.

골절 1년 후의 골 스캔은 골절 12주의 골스캔 소견보다 경골 전장에 걸친 골흡수가 감소된 소견을 보여주고 있으나 골절부 국소흡수증가 소견은 지속적으로 표출하고 있다(Fig. 10). 골절주위 연부조직의 흡수증가는 5례에서 보였으며 "cold spots"의 소견을 보인 것은 2례로서, 1례는 골절 후 10주만에 골유합의 소견을 보였으나 1례는 골절 7개월 후에도 골 유합의 소견을 보이지 않아 골 단축술 및 Hoffman씨 외고정술 시행 후 현재 추시중에 있다(Table 1).

IV. 고 찰

골절후 골절부위의 골흡수증가 소견은 24시간 이내에 표출되는데 Rosenthal²¹⁾등은 골절후 24시간내에 골스캔을 시행할 경우 95%에서 골흡수증가 소견을 표출한다고 하였으며 Gregg⁶⁾등은 40례의 경골 골절시 Tc^{99m}-MDP 골스캔을 시행하여 전 예에서 24시간내 증가된 골흡수 소견을 보인다고 보고하였다. 저자의 경우에 있어서도 24시간내 시행한 골스캔 전예에서 경골 전장에 걸친 골흡수증가 소견을 보였으며 최단 9시간만에 시행한 골스캔에서도 골흡수증가 소견을 나타내었다.

Fig. 9. Bone scan of 1 year after fracture shows less generalized increase in tracer uptake than before but still shows local increase at the fracture site.

주위 연부조직의 흡수증가 소견을 보인다(Fig. 7).
7. 12주

전 예에서 경골 전장에 걸친 골 흡수증가 소견을, 4례에서 골절부 국소 흡수증가 소견을 보였으며, 이들은 다른 어떤 시기의 골 스캔보다 가장 뚜렷이 나타났다. 1례에서 "cold spot" 소견을 보였다(Fig. 8).

8. 1년

경골 전장에 걸친 골 흡수증가는 2례에서 나타났

Table 1. Summary

Patient Number	Sex	Age (Years)	Types of Fracture	Fracture site*	Time after Fracture	Bone Scan Findings**	Time to union (weeks)	Surgical procedure***
1	M	27	C	M	9 hours	G.L.S.	12	Closed Kuntscher IM nailing at 3rd day.
2	M	36	O	L	1 day	G.L.	12	
3	M	6	C	L	1 day	G	10	
4	M	17	C	M	1 day	G.L.	16	
5	F	5	C	L	1 day	G.	12	
6	F	3	C	L	2 days	G.L.	6	
7	F	48	C	M	2 days	G.	20	
8	M	33	C	U	2 days	G.	12	
9	M	11	C	L	2 days	G.	12	
10	F	4	C	L	2 days	G.	8	
11	M	5	O	U	3 days	G.L.	12	O/R & I/F at the trauma date
12	M	20	C	M	3 days	G.L.	20	Closed Kuntscher IM nailing at 5th day
13	M	28	O	M	3 days	G.L.	#F.U.	Early Q/R & I/F, fibula transposition at 7 month
14	M	35	C	U	3 days	G.L.	12	O/R & I/F at week
15	M	7	O	M	3 days	G.C.	10	
16	M	7	O	M	5 days	G.L.	10	
17	M	4	O	M	5 days	G.L.	8	
18	M	32	C	M	5 days	G.L.	12	
19	M	53	C	U	5 days	G.L.	24	O/R & I/F at 1 week
20	F	53	O	L	5 days	G.L.	16	Hoffman external fixation at the trauma date
21	M	28	C	M	1 wk.	G.L.S.	12	
22	M	30	C	M	1 wk.	G.L.S.	13	
23	M	9	C	L	1 wk.	G.	8	
24	M	5	C	L	1 wk.	F.L.	8	
25	M	41	O	M	1 wk.	G.L.	24	Hoffman external fixation at the trauma date
26	M	28	O	M	4 wks.	G.L.S.	40	Early O/R & I/F, Bone shortening & Hoffman fixation at 7 month
27	M	10	O	L	4 wks	G.L.	12	
28	F	19	O	M	4 wks	G.L.	20	
29	M	37	O	L	4 wks.	G.L.S.	32	
30	M	30	O	M	4 wks	G.L.	28	O/R & I/F at the trauma date
31	M	21	O	M	12 wks.	G.L.	12	Hoffman external fixation at the trauma date
32	M	28	O	M	12 wks.	G.L.	14	Hoffman external fixation at the trauma date
33	M	19	O	L	12 wks.	G.L.	12	
34	M	35	O	M	12 wks	G.C.	#F.U.	Early O/R & I/F, Bone shortening & Hoffman fixation at 7 month

Patient Number	Sex	Age (Years)	Types of Fracture	Fractures site*	Time after Fracture	Bone Scan Findings**	Time to union (weeks)	Surgical procedure***
35	M	30	O	M	12 wks.	G.L.	16	
36	M	25	O	U	1 year	G.L.	40	Early Hoffman fixation. Cancellous bone graft at 6 month
37	M	10	O	L	1 year	L.	12	Hoffman external fixation at the trauma date
38	M	59	O	L	1 year	L.	60	Early Hoffman fixation, Cancellous bone graft at 6 month
39	M	28	O	M	1 year	L.	64	Early Hoffman fixation, O/R & I/F with bone graft at 5 month
40	M	41	C	M	1 year	G.L.	44	

® Types of Fracture ; O=Open, C=Closed

F.U.=During follow up

* Fracture site ; U=Upper 1/3 of Tibia shaft
M=Middle 1/3 of Tibia shaft
L=Lower 1/3 of Tibia shaft

Three patients had bilateral tibial fracture

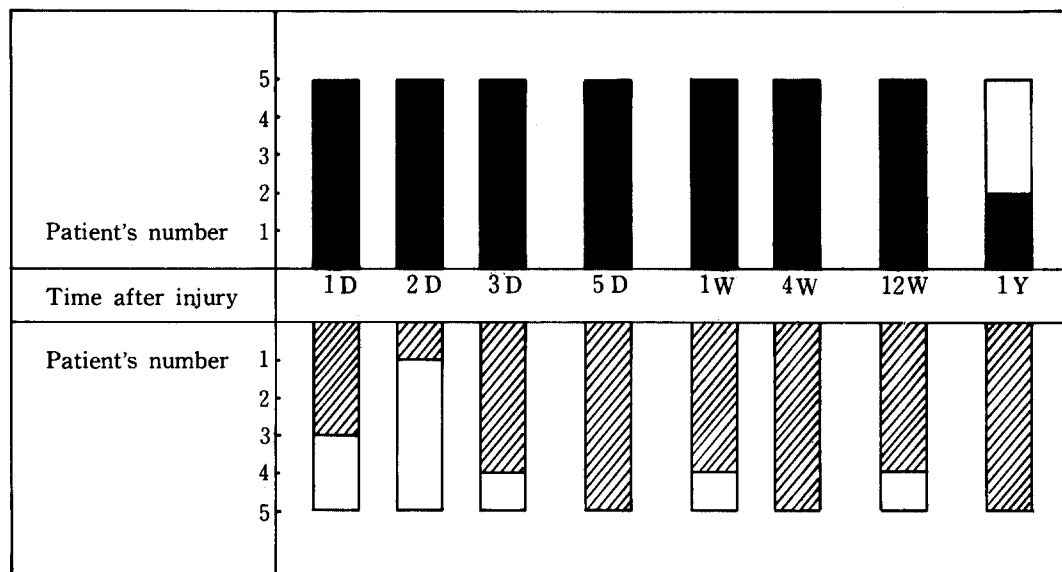
** Bone scan Findings ; G=Generalized increase in tracer uptake

S=Soft tissue uptake

L=Local increase in tracer uptake at fracture site

C=Cold spot

*** Surgical procedure ; O/R & I/F=Open reduction and internal fixation.



■: generalized increase in tracer uptake

▨: local increase in tracer uptake at fracture site

□: cold spot

Bone scans performed until 12 weeks after injury show generalized increase in tracer uptake but decreased at 1 year after injury. Local increase in tracer uptake was seen from 3rd day to 1 year persistently.

Table 2. Serial Bone scan findings after injury(D ; day, W ; week, Y ; year).

(1st day) (2nd day) (3rd day) (5th day) (1 week) (4 week) (12 week) (1 year)

Fig. 10. Serial bone scans according to the fracture healing ; Bone scans performed within 1 week after injury show no specific difference but bone scans performed at 4 week and 12 week after injury show more increase in tracer uptake, especially bone scans at 12 week shows most outstanding increase in tracer uptake. Bone scan performed at 1 year after injury shows relative decrease in generalized tracer uptake than 12 week but persistent local increase in tracer uptake was seen.

Martin¹⁷⁾ 등은 골 흡수소전을 3기로 나누어 제 1 기(급성기)는 수상 후 3~4주로 골스캔상 골절부위에 광범위한 골흡수 소전을 나타내며 제 2 기(아급성기)는 수상 후 8~12주로 골스캔상 골절선이 명확해지며 골절부위에 가장 뚜렷한 골흡수 소전을 나타내며 제 3 기(치유기)는 골흡수의 점진적인 감소 소전을 나타내어 장골에서 1년 내에 정상적인 골스캔은 64%에서, 2년 내에는 91%에서, 3년 내에서는 95%에서 보인다고 하였으며 정상으로 돌아오는 최단기간은 6개월이라고 보고하였다. Lund¹⁶⁾ 등은 골절부위의 골흡수소전이 수상 후 4~8개월 후에, Illingworth¹⁰⁾ 등은 6~8개월 후에 가장 뚜렷이 나타난다고 하였다. 저자의 경우에 있어서도 경골 전반에 걸친 골흡수 증가는 골절 12주까지 전 예에서 지속적으로 표출되며 골절 후 12주부터 골절 후 1년까지 기간은 골스캔을 시행하지 않아 이 기간의 골스캔소전은 알 수 없으나 골절 1년 후에는 5례 중 2례(40%)에서 증가된 소전을 보였으며 골절부 국소흡수증가는 골절 3일후부터 주로—5례 중 4례(80%)—나타나기 시작하여 1년후까지 전예에서 지속적으로 표출하고 있다. 단 골절 1년후의 골스캔은 지연 유합소전을 보이며 수상 6개월 및 5개월 후 골 이식술을 시행하였던 3례도 포함되어 있어 정확히 1년이 경과된 골스캔은 2례뿐이었다. 흡수된 동위원소의 양(density)을 관찰하면 골절 후 12주의 골스캔은 가장 뚜렷한 경골 전장에 걸친 골흡수 및 골절부 국소흡수 증가소전을 보여주어 가장 왕성한 생리적 유합과정을 표출하고 있으며 역시 골절 후 12주부터 1년까지의 골스캔 소전은 알 수 없으나 골절 1년후 골스캔은 경골 전장에 걸친 골 흡수 증가는 이전보다 감소(정상골보다는 증가된 골흡수 소전)되었다. 골절부 국소 흡수증가 소전은 지속적인

로 표출하여 수상 1년후까지 골스캔은 전예에서 정상으로 환원하지 않고 계속 증가된 소전을 보여 골절 후 1년 이내에 시행한 골스캔서 흡수된 동위원소 양(density)의 증가 유무만으로 진구성 골절과 신전 골절과의 감별 진단은 어려울 것으로 사료된다. Galasko³⁾는 골스캔상 방사선 동위원소의 골흡수는 2-phase mechanism에 기인한다고 하였으며 Bisson과 William²⁴⁾과 Sizgel²²⁾은 Tc^{99m}MDP가 병변부위로 흡수되는 이유로 국소적 혈류량의 변화, 대사활동의 변화, 골조직의 생성, 변화된 모세혈관의 투과성 및 조직액의 양이라 하였으나 Kirchner와 Simon¹³⁾, Genant⁴⁾ 등은 초기 골흡수증가 소전은 혈류량의 증가에 기인하며 신생골 형성과는 무관하다고 하였다. 이는 Gregg⁶⁾ 등이 방사선 동위원소를 이용한 혈관조영술을 시행하여 수상받은 하지에 동위원소 주사시 수상받지 않은 하지와 비교할 때 매우 단 시간내 골흡수 소전이 증가되므로 증명하였다. Hugh⁹⁾ 등은 혈류가 증가됨에 따라 접촉면이 증가되어 fluid space를 통해 모세혈관으로부터 hydroxyapatite 입자로 방사선 동위원소의 확산이 증가된다고 하였다. Dekel²⁾ 등은 토끼 경골골절 후 경골과 주위 근육에서 prostaglandin E와 F의 분비증가를 보고하여 초기의 혈류증가는 강력한 혈관확장제²³⁾인 이들 prostaglandin E와 F로 시작될 수 있다고 Galasko³⁾ 등이 보고하였다. Piper²⁰⁾는 prostaglandin이 폐를 통과시 불활성화되어 혈류의 증가는 수상된 하지에만 국한된다고 하였다. 골절부위 국소흡수 증가는 특히 골절 후 장시간 경과한 뒤 나타나나 부분적으로 신생골 형성 현상³⁾으로 설명할 수 있다. 그러나 저자의 경우 신생골 형성이 없는 수상 9시간 후 시행한 골스캔에서도 골절부 국소 흡수증가 소전을 표출하였다. 이는 골절부위의 혈류량이 나며

지 부분의 혈류량보다 더 많음에 기인한다고 사료된다. Jacob¹¹⁾등에 의하면 이 소견은 골유합의 양호한 예후를 나타낸다고 하였다. Gregg⁶⁾등은 40례의 경골골절 후 시행한 골스캔서 “cold spots”를 나타낸 4례중 2례에서 양호한 골유합의 소견을 이루어 골스캔상 “cold spots”의 소견과 경골골절후 예후간의 관계는 명확하지 않다고 보고하였다. 저자의 경우에 있어서도 40례의 환자중 “cold spots”를 나타낸 경우는 2례로 1례는 10주만에 양호한 골유합을 보였으며 1례는 골절 7개월 후에도 골유합의 소견을 보이지 않아 골단축술 및 Hoffman씨 외고정술 시행후 현재 추시관찰중으로 골스캔상 “cold spots”의 소견과 골절부 예후와의 상관관계는 좀더 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

저자는 1982년 2월부터 1983년 3월까지 경희대학교 의과대학 부속병원 정형외과에 경골골절로 입원한 환자 40명에 대하여 Tc^{99m}-MDP(methylene diphosphate) 골스캔을 시행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 골절후 24시간내에 시행한 5례의 골스캔 전 예에서 경골전장에 걸친 골흡수 증가소견을 보였으며 골절부 국소흡수 증가소견은 5례중 3례(60%)에서 나타내었다. 최단 9시간만에 시행한 골스캔에서도 경골전장에 걸친 골흡수 증가소견을 보였다.

2. 수상 1년후 시행한 5례의 골스캔 전 예에서 골절부 국소 흡수 증가소견을 보였으며 경골 전장에 걸친 골흡수 증가소견은 5례중 2례(40%)에서 나타내었다.

3. 골절후 12주의 골스캔에서 가장 뚜렷한 경골 전장에 걸친 골흡수 및 골절부 국소흡수 증가소견을 보이며 골절 1년후 골스캔은 이전보다 감소(정상골보다는 증가된 골흡수 소견)된 경골 전장에 걸친 골흡수증가 소견을 보이거나 골절부 국소흡수 소견은 지속적으로 증가되어 나타났다.

4. 골절치유 기간 중에 나타난 “cold spots”의 소견과 경골골절 예후와의 관계는 좀더 연구가 필요한 것으로 사료된다.

5. 수상 1년후 시행한 골스캔에서도 골 흡수가 정상으로 환원되지 않고 지속적으로 증가된 소견을 보이며 골절후 1년내에 시행한 골스캔으로 진구성 골절과 신선골절과의 감별 진단은 어려울 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) Bisson, J.V.J., and William, T.: *Bone scan, In Clinical Respective. Radiology*, 114:255-259, 1975.
- 2) Dekel, S., Lenthal, G. and Francis, M.J.O.: *Release of Prostaglandins from Bone and Muscle after Tibial Fracture. J. Bone and Joint Surg.*, 63-B:185-189, 1981.
- 3) Galasko, C.S.B.: *The Pathologic Basis for Skeletal Scintigraphy. J. Bone and Joint Surg.*, 57-B:353-359, Aug., 1975.
- 4) Genant, H.K.: *Bone Seeking Radionuclide, In Vivo Study of Skeletal Uptake. Radiology*, 113:373-382, Nov., 1974.
- 5) Greer, N., French, S., and Johnson, D.: *Roentgenologic Findings in Non-Union of Long Bone Fracture. Invest. Radio.*, 6:217-220, 1971.
- 6) Gregg, P.J., Barsoum, M.K., and Clyton, C.B.: *Scintigraphic Appearance of the Tibia in the Early Stages Following Fracture. Clin. Orthop.*, 175:139-146, 1983.
- 7) Greiff, J.: *Autoradiographic Studies of Fracture Healing Using Tc^{99m}-Sn-Polyphosphate. Injury*, 9:271-277, 1978.
- 8) Gumerman, L.W.: *Experimental Fracture Healing, Evaluation Using Radionuclide Bone Imaging, Concise Communication. J. Nucl. Med.*, 19:1320-1323, 1978.
- 9) Hughes, S.: *Radionuclides in Orthopaedic Surgery. J. Bone and Joint Surg.*, 62-B:141-150, 1980.
- 10) Illingworth, G.I., and Schiess, F.A.: *Strontium 87m in the Prognosis of Fractures of the Tibia Proc. Roy. Soc. Med.*, 64:633-634, June, 1971.
- 11) Jacobs, R.R.: *Dynamic Bone Scanning in Fractures. Injury*, 12:455-459, 1978.
- 12) Johansen, A.: *Fracture Healing Controlled by Sr^{87m} Uptake. Acta Ortho. Scand.*, 44:628-639, 1973.
- 13) Kirchner, P.T., and Simon, M.A.: *Radioisotopic Evaluation of Skeletal Disease. J. Bone and Joint Surg.*, 63-A:673-681, 1981.
- 14) Larnen, E.L., and Kelly, P.J.: *Blood Flow, Oxygen Consumption Carbon-Dioxide Production, and Blood-Calcium and pH Changes in*

- Tibial Fractures in Dogs. J. Bone and Joint Surg.*, 51-A:298-308, March, 1969.
- 15) Lavender, J.P. : *Blood Flow and Tracer Uptake in Normal and Abnormal Canine Bone. J. Nucl. Med.*, 20:413-418, 1979.
 - 16) Lund, B. : *Evaluation of Fracture Healing in Man by Serial Tc^{99m}-Sn-Pyrophosphate Scintimetry. Acta Ortho. Scand.*, 49:435-439, 1978.
 - 17) Matin, P. : *The Appearance of Bone Scan Following Fractures, Including immediate and Long Term Studies. J. Nucl. Med.*, 20:1227-1231, 1979.
 - 18) Muheim, G. : *Assessment of Fracture Healing in Man by Serial Sr^{87m}-Scintimetry. Acta Ortho. Scand.*, 44:621-627, 1973.
 - 19) Paradis, G.R., and Kelly, P.J. : *Blood Flow and Mineral Deposition in Canine Tibial Fracture. J. Bone and Joint Surg.*, 57-A:220-226, 1975.
 - 20) Piper, P.J., Vane, J.R., and Wyllie, J.M. : *Inactivation of Prostaglandins by the Lungs. Nature*, 225:600-604, 1970.
 - 21) Rosenthal, L., Hill, R.O. and Chaung, S. : *Observation on the Use of Tc^{99m}. Radiology*, 119:637-641, June, 1976.
 - 22) Siegel, B.A. : *Skeletal Uptake of Tc^{99m}-Diphosphonate in Relation to Local Bone Blood Flow. Radiology*, 120:121-123, July, 1976.
 - 23) Wendeberg, B. : *Mineral Metabolism of Fractures of the Tibia in Man Studied with External Counting of Sr⁸⁵. Acta Orthop. Scand.(Supp. 52):1-79, 1961.*
 - 24) Williams, T.J., and Peck, M.J. : *Role of Prostaglandin-Mediated Vaso-dilatation in Inflammation. Nature*, 270:530-532, 1977.