

골절부위에 생긴 혈종의 골막하 이식이 골형성에 미치는 영향에 관한 실험적 연구

— 골스캔 소견을 중심으로 —

동아대학교 의과대학 진단방사선과학교실

양 승 오

서울대학교 의과대학 진단방사선과학교실*, 내과학교실**, 정형외과학교실†

강흥식* · 장기현* · 이명철** · 구경희† · 성상철†

영등포병원 해부병리과

박 인 애

= Abstract =

An Experimental Study on the Effect of Subperiosteal Transplantation of Fracture Site Hematoma: Focus on the Scintigraphic Detection

Seoung-Oh Yang, M.D.

Department of Radiology, College of Medicine, Dong-A University, Pusan, Korea

Hung-Sik Kang, M.D.,* Kee-Hyun Chang, M.D.,* Myung Chul Lee, M.D.**
Kyung Hoi Koo, M.D.† and Sang Chul Seung, M.D.†

Department of Radiology, Internal Medicine,** and Orthopedic Surgery,†
College of Medicine, Seoul National University, Seoul, Korea*

In Ae Park, M.D.

Department of Pathology, Youngdeungpo City Hospital, Seoul, Korea

It has been reported that hematoma is one of the most crucial factors in fracture healing since callus formation is disturbed by washing out the hematoma near a fracture site. However, it is not clear why the hematoma is important and how it plays a role during the fracture healing. In order to investigate the role of hematoma in the process of fracture healing, the osteogenic potential by subperiosteal transplantation have been studied. Experimental fractures by operation were made at the mid-shaft of the tibia in New Zealand white rabbits. Removal of hematoma at the fracture site was done after 2 and 3 days from experimental fracture, and the removed hematoma was transplanted into the subperiosteal area at the mid-shaft of the ulna of each rabbit. As control groups, we have performed 3 different procedures 1) the hematoma was transplanted into the muscular layers at the thigh and forearm; 2) autologous blood clots were transplanted into the subperiosteal area of the ulna; and 3) sham operation without a transplantation into the subperiosteal area. After transplantation, serial bone scintigraphy and simple radiography were performed at 4 days, 1 week, and 2 weeks to detect an abnormality. The results of bone scintigraphy were positive in 5 of 6 experimental group.

However, all in three control groups were negative. Histological observation of the positive bone revealed new bone formation with trabeculation. These results suggest the hematoma in fracture site has osteogenic potential in the subperiosteal area which can be demonstrable by bone scintigraphy and histologic findings. Therefore, it is considered that hematoma of the fracture site plays an important role in the process of fracture healing. Further biochemical investigation using various experimental models is mandatory to apply this preliminary result to the treatment of clinical delayed union or nonunion.

Key Words: Hematoma in Fracture, Osteogenicity, Bone Scintigraphy

서 론

대상 및 방법

골절의 치유과정은 대개 골절부위에서 파괴된 혈관에 의해 출혈이 있고 여기에 섬유아세포와 혈모세포가 침입한 뒤 증식 발육하여 전가골(procallsus)이라고 하는 육아조직을 형성하고, 이 육아조직이 단단해짐에 따라 그 내부에 섬유연골성 가골이 생겨 골과편을 굳게 결합시킨다고 알려져 있다^{1,2)}. 이어서 골막과 골내막의 안 층으로부터 골아세포가 나타나서 활발히 분열 증식하여 가골이 차차 골성 가골로 대체되어 가고, 그 후에 해면골이 치밀골로 바뀌며 남은 골질은 흡수되고 골절내부의 구축 변화가 일어나서 완전히 치유된다고 한다^{3,4)}.

골절부위의 혈종이 골형성능(osteogenic potential)을 가지고 있다는 병리조직학적 소견에 의존한 보고는 있으나^{5,6)}, 이러한 과정을 골스캔을 이용한 영상적 진단 방법으로 증명한 경우는 아직 없었다. 골절에 수반되는 주위 혈종이 골절치유에 도움이 되는 골형성 능력을 가졌으리라는 가정 아래, 가토의 경골에 수술적 골절을 유도하고 주위의 혈종을 채취하여 동일가토의 척골의 골막하부에 이식한 뒤, 골스캔을 포함한 영상진단으로 이식부위의 변화를 관찰하고 동시에 병리조직학적인 소견으로써 이식부위에서 과연 골절부위의 혈종이 새로운 골형성을 하는가를 알아 보고자 하였다. 따라서 골절주위에 형성된 혈종의 골형성을 하는 능력이 골스캔등의 영상진단과 조직 소견에서 증명될 경우에 골절치유의 기전에서의 혈종의 역할을 바르게 이해할 수 있겠고, 임상적으로 여러 원인에 의해 유발되는 지연유합 및 불유합의 치료에까지 유용하게 응용될 수 있으리라는 기대를 갖고 예비 실험을 시행하였다.

1. 대 상

실험동물은 암수의 구별없이 체중 2.5~3.5 kg인 가토(New Zealand White Rabbits; 경기도 광주농장 사육) 10마리로 골절부의 혈종을 얻기위한 10개의 경골과 채취한 혈종이나 대조실험 물질을 이식할 부위로 20개의 척골을 이용하였다. 이 실험동물들은 실내온도(20~26°C)의 동물사육실에서 배합사료(삼양유지사료株)로 사육하였다.

1) 실험군: 6마리의 가토를 실험군으로 하여, 골절 유발후 2일째의 혈종을 골막하부에 이식한 3마리 군과 3일째의 혈종을 골막하부에 이식한 3마리의 군으로 나누었다.

2) 대조군: 골절부위의 혈종이 골막하부가 아닌 부위에서도 골형성을 하는지를 알기 위하여, 4마리의 가토에서 골절 유발후 2, 3일째의 혈종을 대퇴부와 전원의 근육조직내부에 이식하였다. 이식하는 물질의 대조군으로 자가혈괴를 5마리의 가토에서 척골의 골막하부에 이식하였다. 이식하는 부위의 골막을 절개하는 수술과정 자체가 골형성을 유발할 것인지를 알기위해 5마리의 가토에서 척골의 골막하부에 아무 것도 넣지 않고 골막을 절개하는 수술과정만을 행하였다(Table 1).

2. 방 법

1) 실험동물의 마취는 sepamin 25~35 mg(10 mg/kg)을 근육주사하여 가토를 진정시킨 20~30분후 펜토탈 소듐(pentothal sodium) 30~40mg (12.5 mg/kg)을 3ml의 증류수에 희석시켜 서서히 정맥주입하여 유지시켰고, 실험도중에 필요에 따라 펜토탈 소듐을 소량씩 사용하였다.

2) 모든 수술부위를 삭모한 후 멸균소독된 기구와 방

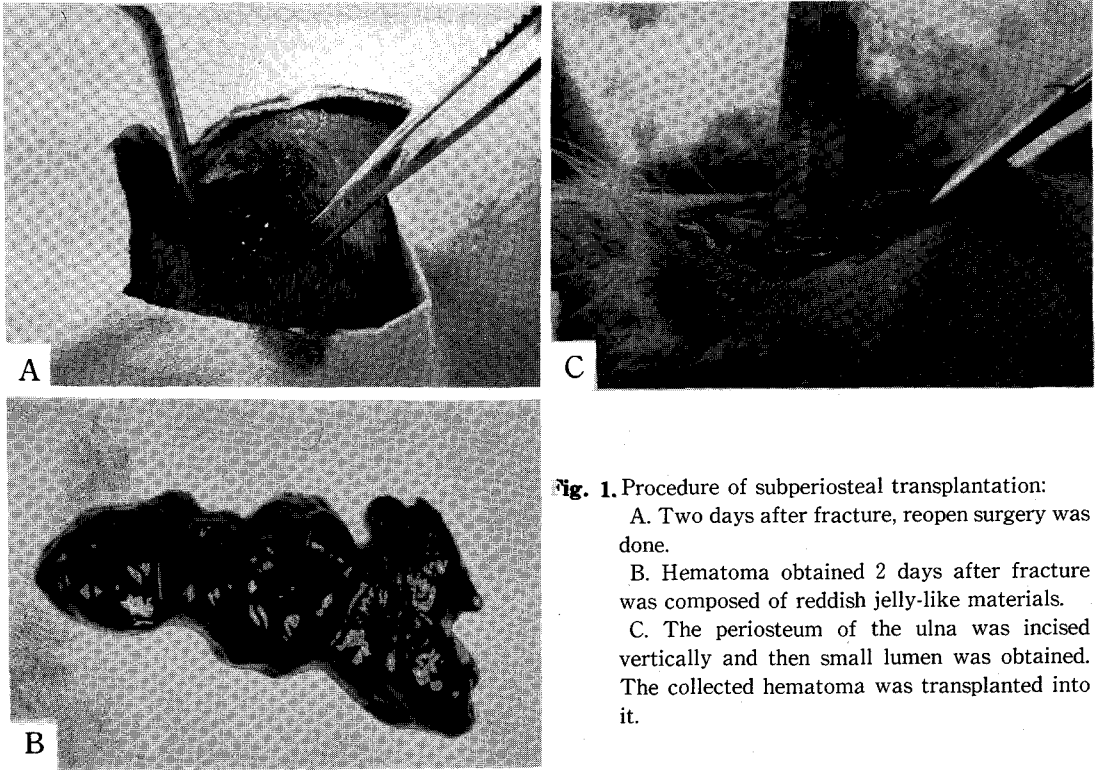


Fig. 1. Procedure of subperiosteal transplantation:
 A. Two days after fracture, reopen surgery was done.
 B. Hematoma obtained 2 days after fracture was composed of reddish jelly-like materials.
 C. The periosteum of the ulna was incised vertically and then small lumen was obtained. The collected hematoma was transplanted into it.

Table 1. Classification of Materials

GROUP	Number of Case
EXPERIMENTAL	
1) 2 day hematoma into subperiosteum	3
2) 3 day hematoma into subperiosteum	3
CONTROL	
1) hematoma into muscular portion	4
2) autologous blood clot into subperiosteum	5
3) operation without transplantation	5

Note : Ten fractured tibia to obtain hematoma and twenty target area of the ulna were used.

포를 이용하고 적당량의 베타딘과 알코올을 써서 무균적으로 수술하였고, 수술 수시간전과 수술후 2일간 세파리린 나트륨(세파도프; 삼진제약株)을 24시간마다 일회 250 mg씩 근육주사하여 감염을 방지하였다.

3) 가토의 한쪽 경골 중간 간부의 연조직이 얇은 곳을 선택하여 2 cm가량 피부절개한 뒤 경골의 중간 간부를 주위 연조직과 박리, 노출시키고 정형외과 수술용 골절자를 이용하여 분쇄 골절을 유발시킨후 골절된 병소로부터의 출혈은 그대로 두고 피부봉합을 하였다.

4) 골절유발후 2일과 3일째의 군으로 나누어, 각각에서 골절주위의 혈종만을 채취하고(Fig. 1. A,B) 동일가토의 한쪽 척골의 골막을 Fig. 1. C와 같이 절개하여 골막과 피질골 사이에 채취한 혈종이 이식될 정도의 공간을 확보한 뒤 0.5 cc가량을 이식하였다. 이때 불필요한 피질골의 기계적 손상을 줄이기 위해 가능한 한 수술칼등 기구의 접촉을 줄였으며, 대조군에서는 혈종을 이식한 반대측의 척골부위에 동일가토의 귀 정맥에서 채혈하여 응고된 혈괴 0.5 cc가량을 위의 방법으로 골막하부 또는 주위 근육조직내에 이식시켰고, 또한 단순히 수술과정만을 행하고 골막하에 아무것도 이식하지 않는 방법을 각각에서 실시하였다.

5) 이식 수술을 한 날로부터 4일, 1주, 2주째에 ^{99m}Tc-MDP 5mCi (185 MBq)를 정맥주사하고 3~4시간 후에 감마카메라(Siemens Rota/ZLC 75)로 골스캔 영

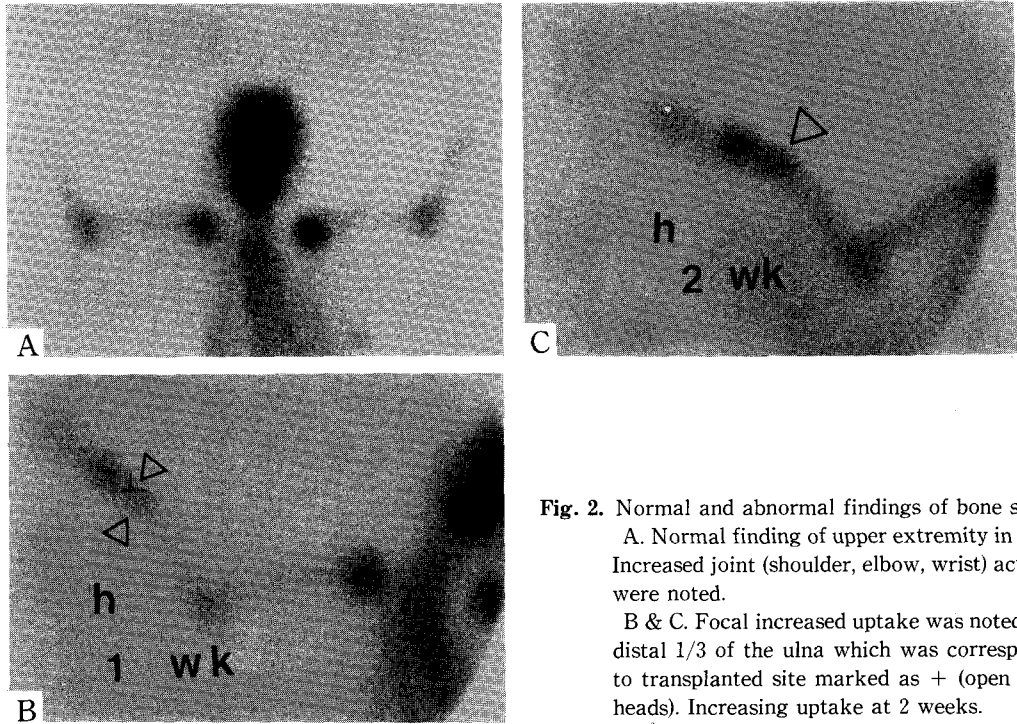


Fig. 2. Normal and abnormal findings of bone scan:
 A. Normal finding of upper extremity in rabbit. Increased joint (shoulder, elbow, wrist) activities were noted.
 B & C. Focal increased uptake was noted along distal 1/3 of the ulna which was corresponding to transplanted site marked as + (open arrow-heads). Increasing uptake at 2 weeks.

상을 얻고, 동시에 이식부위에 대한 단순 방사선촬영상을 Toshiba 500 M 촬영기로 50 Kvp, 100 mA, 0.02초, 초점-필름거리 40인치의 조건으로 촬영하여 영상학적인 변화를 관찰하였다.

6) 병리조직표본의 제작은 실험의 결과에 따라 시기를 정하여 대표적인 증례에서 가토를 안락사 시킨후 전원을 절단하고 주위 연조직을 제거한 척골을 10% 포르말린 용액에 하루 고정후 5% 질산 용액으로 2내지 3일 탈회하고, 5 μ 두께로 박절한 뒤 Hematoxylin-Eosin (H-E)염색을 하여 신생골형성의 유무와 그 양상을 관찰하였다.

결 과

1. 골스캔 소견

1) 골스캔의 분석 기준

골스캔 소견의 분석은 이식이나 다른 수술적 조작을 받지 않은 전원의 영상과 감마카메라로 촬영하는 중에 열십자형으로 표시한 이식부위의 영상을 서로 비교하는 정성적 관측으로써, 비정상적이고 소량의 방사성 동위

Table 2. Frequency of Positive Bone Scan in Each Group

Group	BONE SCAN	
	POSITIVE*	NEGATIVE
EXPERIMENTAL		
1) 2 day hematoma into subperiosteum	2	1
2) 3 day hematoma into subperiosteum	3	0
CONTROL		
1) hematoma into muscular portion	0	4
2) autologous blood clot into subperiosteum	0	5
3) operation without transplantation	0	5

Note : * ; Positivity of the result of bone scan is determined by comparison with contralaterals.

원소 섭취증가로 인한 음영이 이식수술을 실시한 부위에서 관찰되는 경우를 골스캔 양성으로 하였다.

2) 골스캔의 양성율

2일째의 골질 주위 혈종을 척골의 골막하부에 이식한

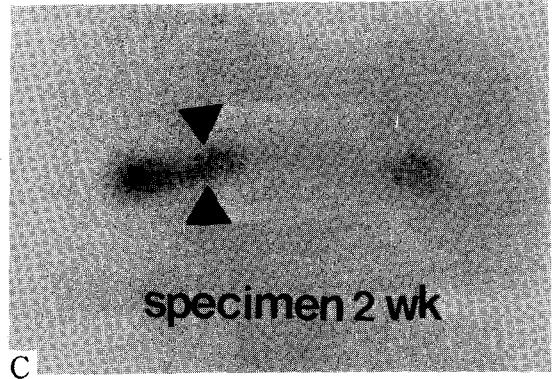
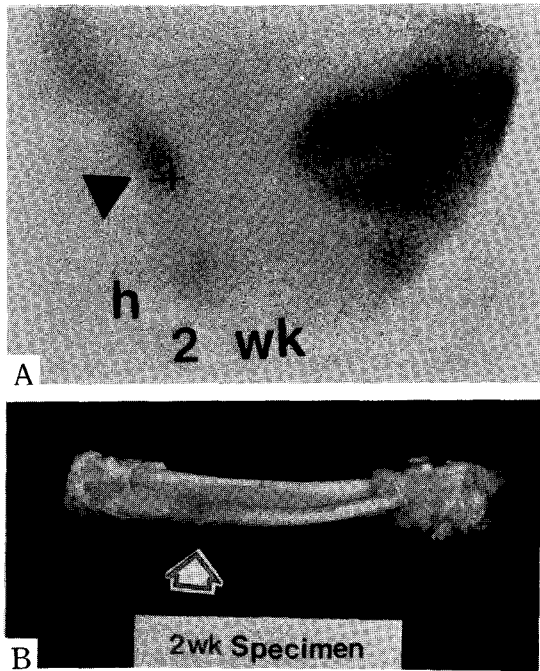


Fig. 3. In vivo and in vitro bone scans of the bone-forming area at proximal 1/3 of the ulna:

A. In vivo bone scan showed abnormal hot area (arrowhead) from 2 weeks after subperiosteal transplantation.

B. Gross specimen of the resected ulna and radius revealed focal grayish lesion (open arrow) at the ulna.

C. Bone scan of the specimen showed increased uptake at the same area (arrowheads) as B.

Table 3. Interval of Each Positive Bone Scan

Interval from transplantation	Experimental Group	
	2 day	3 day
4 days	1	0
1 week	2	2
2 weeks	2	3

3예중에 2예에서 골스캔영상으로 방사성 동위원소의 섭취가 증가된 병소를 관찰하였고, 3일째의 혈종을 골막하부에 이식한 3예에서는 모두 방사성 동위원소의 국소섭취증가를 관찰할 수 있었다. 이들 실험군을 제외한 대조군에서는 골스캔상 관찰이 가능한 이상소견은 없었다 (Table 2).

3) 골스캔 양성의 이식후 시간경과에 따른 양상

2일째의 혈종을 이식한 실험군중 1예는 이식후 4일째 촬영한 골스캔상 이상소견을 보였고, 1주일째의 골스캔상 1예에서 이상소견을 추가로 관찰할 수 있었으나, 나머지 1예의 경우는 2주일째의 골스캔에서도 정상소견을 나타내었다. 3일째의 혈종을 이식한 실험군중 2예는 이식후 1주일째의 골스캔에서 국소 방사성 동위원소의 증

가된 소견을 보였으며, 2주일째의 골스캔소견상 1주일째의 골스캔에서 불분명하던 1예에서도 이상소견을 관찰할 수 있었다 (Table 3). 관절의 말단에 증가된 음영을 보이고 전완골의 간부는 규칙적인 음영을 나타내는 정상적인 가토의 골스캔 영상을 Fig. 2의 A에 나타내었고, B와 C는 1주일째 촬영한 골스캔에서 관찰된 비정상적 방사성 동위원소의 섭취증가 병소가 2주일째의 골스캔에서 더욱 뚜렷하게 관찰되는 것을 예시하였다.

2. 단순방사선 촬영소견

모든 척골의 단순 방사선 영상에서는 이상소견을 육안적으로 관찰할 수 없었으며, 병소의 tangential view를 얻기가 어려웠다.

3. 병리조직학적 소견

골스캔으로 이상 소견을 볼 수 있었던 예에서 이식후 술후 각각 2주, 3주째 희생시킨 뒤 전완골을 육안적으로 관찰한 결과, 척골에서 골스캔상 음영이 증가된 부위와 일치하는 곳에 국소적으로 정상 피질골보다 누런 색을 띤 병소를 볼 수 있었고 이 부분은 촉진상 피질골면보다 바깥으로 돌출한 것을 느낄 수 있었다 (Fig. 3). 정상 골

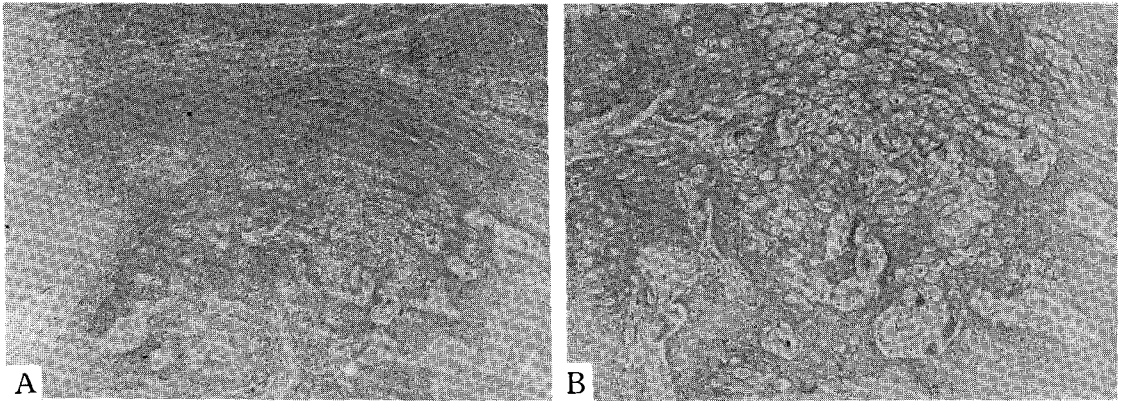


Fig. 4. Microscopic findings of resected specimen:

- A. Under the thick collagenous periosteum, haphazardly arranged interlacing woven bones are found (H & E, $\times 28$).
- B. Masses of cartilage in so-called "chondrocallus" are forming chondro-osseous bone (H & E, $\times 70$).

스캔을 보인 전예에서 조직표본의 육안적 이상을 볼 수 없었으며, 혈종을 근육에 이식한 예에서 희게 변색되어진 작은 덩어리를 근육층에서 관찰하였으나 현미경적 검사는 하지 않았다. 골스캔과 육안적으로 이상소견을 보인 척골의 현미경적 소견으로 정상보다 두터운 골막의 하부에 소위 연골성 가골(chondrocallus)인 얽기 실기 얽힌 woven bone이 관찰되어 신생골 형성을 입증할 수 있었다(Fig. 4).

고 찰

골절부위의 혈종은 외상에 의한 골절부의 고정에 기여한다고 하며⁷⁾, 혈관이 자라고 세포가 침윤하기 위한 조직의 외곽구조를 형성하는 역할을 한다고 알려져 있다⁸⁾. 또한 골절의 삼단계 치유과정, 즉 염증기, 복원기, 재형성기중에서 신생혈관을 동반하는 육아조직이 생기는 복원기의 초기에 골절부위의 혈종이 중요한 역할을 한다고 주장되어 왔다. 이러한 골절치유의 기전에 대한 연구로 전술한 조직학적인 관점외에 factor XIII (transglutaminase) 등의 생리·생화학적 연구가 최근에 활발하게 이루어지고 있는 바, 일찌기 Urist & Iwata⁹⁾는 골형태 자극 물질(bone morphogenic stimulating substance)을 소개한 바 있으며, Simmons¹⁰⁾는 염증반응과 기계적 힘이 생체내 전기신호를 형성하여 직접적인 세포의 이동을 일으키는데 이때 세포유도인자(cell-

derived factors)인 펩타이드계통의 cytokines이라는 물질이 가골의 형성-성숙-연골내 골화(enchondral ossification)의 과정을 일으켜 골의 재생을 완성한다고 보고하였다. 이러한 생체 호르몬의 분자 생물학적 상관관계가 골절의 치유 과정에서 중요하다고 생각되나¹¹⁾, 이 연구의 목적은 골절부위 혈종이 갖는 골형성의 결과를 영상학적인 방법으로 증명하여 그 역할을 규명하고자 하는데 중점을 두었다.

이 연구의 방법을 정하기 위한 길잡이 실험으로 3마리의 가토를 가벼운 마취하에 물리적 외력을 가하여 폐쇄성 골절을 유도한 후 혈종을 채취하려 했으나, 골절부위가 혈종을 형성하기 보다는 염증작용에 의한 팽윤이 심해 초기의 성과를 얻지 못하여, 수술적 방법을 이용한 개방성 골절을 유도하기로 하였다. 그러나 Mineo et al.⁵⁾은 쥐를 diethylether 마취하에 손으로 폐쇄성 골절을 일으킨 뒤, 혈종을 pipette으로 채취하였다고 보고하였다. 골절을 유도한 뒤 2일째와 3일째의 혈종을 사용한 이유는 골절부위 혈종을 조직학적으로 살펴본 결과 비교적 고형화되어가는 시기는 겔형태여서 완전히 액체상태이거나 육아조직을 이룬 상태보다 다른 부위로의 이식이 손쉬울 것으로 판단하였기 때문이다. 액체상태의 골절부위 혈종은 많은 적혈구와 약간의 단핵세포를 함유하며, 2일정도된 골절부위 혈종은 섬유아세포를 가진 젤리상의 조직이며, 이후로 섬유조직에 둘러싸인 골조직이 생겨서 골재생이 시작되는 상태로 변하게 된다¹²⁾. 채취

한 골절부위 혈종을 이식할 부위의 선정은 문제점이 있었는데, 대퇴골은 근육이 풍부하여 골막의 박리가 어려웠고 비교적 피부에 빠가 인접한 척골의 간부가 이식하기에 적합하다고 여겨졌다. 쥐를 이용한 골절부위 혈종의 이식실험에서는 두정골(parietal bone)을 사용하였으나⁵⁾, 이 연구에서는 골스캔의 공간 해상도의 한계와 시술의 어려움등을 고려하여 두개골을 이식부위로 삼지 않았다.

골스캔의 판독기준은 항상 정상측의 전완골과 비교하여 이식부위에 국한성의 증가된 방사성 동위원소의 섭취를 양성소견으로 간주하였고, 감마카메라로 영상을 얻는 과정을 모니터로 세밀하게 관찰하였으며 수술자국이 남아있는 이식 부위의 외부표식을 열십자모양의 표식자로 화상위에 표시하였다. 실제로 골스캔으로 비정상 부위의 정량이 가능하지만 이 실험의 성격이 정량의 필요성보다는 다분히 이분법적인 요소가 많아 정성적인 관찰만 실시하였다. 이 연구의 결과는 골막하에 이식한 골절부위 혈종만이 골스캔에서 구별이 가능한 골형성을 보였는데, 근육층에 이식한 혈종은 하얗게 탈색되어 비치처럼 보였고 골스캔의 이상소견은 관찰되지 않았다. 일반적으로 인체에서의 이소성 골화(heterotopic ossification)는 골스캔상 증가된 섭취 양상을 보이지만¹³⁾, 가토를 이용한 이 연구에서는 근육층에 이식된 골절부위의 혈종이 이소성 골화를 이루지 못한 것으로 생각되며, 근육층에 이식한 혈종의 변화에 대한 현미경적 추적 검사가 필요할 것으로 보인다. 이 연구의 미비점으로 여러 시기의 골절부위 혈종을 골막하에 이식하여 관찰하지 못한 점과, 혈종의 시기에 따른 골형성능의 차이를 정량화하지 못한 점들이나 앞으로 이런 점을 충분히 고려한 연구가 필요하리라 생각된다. 단순 방사선촬영상으로는 소량의 골형성을 발견할 수 없었는데, 좀더 좋은 해상도를 지닌 촬영기로 soft radiography를 실시하면 골형성이 되는 변화를 충분히 관찰할 수 있을 것이며, 종래의 방사선 촬영조건으로는 골스캔의 우수한 예민도를 따라갈 수 없다고 판단된다. ^{99m}Tc-MDP를 이용한 골스캔은 과거 이용되어 왔던 strontium (⁸⁵Sr)과 fluorine (¹⁸F) 등의 이온성 물질과는 약간 다른 기전으로 골섭취가 이루어진다고 알려져 있다^{14,15)}. 일반적으로 인정되어지는 방사성의약품의 분포에 중요한 요소인 혈액의 관류에, ^{99m}Tc로 표지된 인산염과 phosphonate 복합체는 무기물 및 유기물과 결합하여 높은 안정성을 보이고

technetium과 산소로 연결된 복합체를 형성하여 골조직의 주요 무기질인 hydroxyapatite [$Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$] 결합과 화학적 흡착을 하게 되며 미성숙 교원질, 효소물질과도 결합한다고 알려져 왔다. 또한 적당한 물리적 붕괴 특성, 우수한 생물학적 분포와 영상을 얻기에 적합한 에너지와 반감기를 가지는 ^{99m}Tc-MDP는 투여량의 50 내지 60%가 골흡수되고 나머지는 소변으로 배설되어 현재 알려진 골스캔 방사성의약품중에서 제일 좋다고 인정되고 있다. 임상적으로 골절을 발견하는데 골스캔은 매우 예민하여 80%의 골절이 24시간 이내에 발견되고, 1주일이 될 때까지는 골절의 98%가 발견된다고 알려져 있다^{14,15)}. 이와같이 뼈의 어느 부위의 대사상태나 혈류가 증가된 경우의 조기발견에 단순 방사선촬영보다 예민한 골스캔이 골절부위의 혈종이 가진 골형성능을 영상학적으로 증명하는데 유리하다고 생각되며, 실제 이러한 골스캔의 특성을 활용한 실험으로는 동종골이나 자가골 이식의 경과 관찰^{16,17)}, 골절의 치유과정의 관찰¹⁸⁻²²⁾, 그리고 골연화증과 골조송증을 감별하기 위한 보고²³⁾가 있으며, 이외에도 인공관절이나 뼈의 고정 기구들이 정상인지의 여부와 대퇴골의 무혈성 괴사의 예후 판단등에 적용한 실험적인 연구가 다수 있다.

이 연구에서는 골절부위 혈종과 이식부위의 골막내의 여러 인자들의 복합적 작용의 결과를 증명한 것으로 볼 수 있는데, 골막자체를 실험적으로 이식하는 보고에서 어린 동물의 골막일수록 이식부위에서의 골형성이 용이하다고 알려져 있고²⁴⁾, 이식된 골막에 전기적 자극을 가함으로써 골형성이 촉진된다는 보고도 있다²⁵⁾. 이러한 결과들은 골막의 간엽세포가 골형성에 관여한다는 사실을 시사하며, 골절후에 이 골막세포가 가골로 변하여 연골을 형성하며, 따라서 골막으로부터 간엽세포가 기인한다는 가설과 일치하는 것이다. 쥐를 사용한 실험에서 2 일째의 골절부위 혈종은 4일째의 혈종보다 조직학적으로 간엽세포가 적었고 이식후의 골형성빈도가 낮게 나타났다⁵⁾. 이 간엽세포에 의하여 골절부위에 신생골이 형성되는 사실이 주위 혈종에 내포된 세포의 성분에 직접 영향받는다 할 수 있다. 이 연구의 세가지 대조군에서는 골스캔의 이상소견을 볼 수 없었으므로, 이 실험의 골막 절개과정만으로는 영상학적으로 관찰할 정도의 골형성을 일으키지 않는다고 유추할 수 있다. 골수의 실험적 이식에 대하여는 Chiari가 1912년에 발표한 이래 많은 보고가 있어 왔으며²⁶⁾, 최근에 골절부위에 경피적으로

로 골수를 이식하여 치유가 촉진되었다는 결과도 보고되어 있다²⁷⁾. 이와같이 골절부위 혈종, 골막, 골수등의 상호 작용에 대한 철저한 연구를 통한 임상적 응용으로 다발성신경섬유종(neurofibromatosis)의 경우에 빈발하는 뼈의 불유합²⁸⁾, 개방성 분쇄골절이나 감염등에 의한 불유합등을 치료하는데 골절부위의 혈종이 가지는 골형성능과 골절치유에 기여하는 여러 생화학적 물질들을 적절하게 적용한다면 큰 도움이 될 것이라고 사료되며 더 많은 실험모델의 연구가 요구되는 바이다.

결 론

골절부위의 혈종이 골형성능을 가졌다는 사실을 실험적 방법으로 증명하기 위하여 실험군으로 가토의 경골에 골절을 유도하고 그 주위의 혈종을 2일, 3일째 각각 채취하여 척골의 골막하부에 이식한 뒤, 4일, 1주, 2주째 골스캔과 단순 방사선촬영을 시행하였다. 대조군으로는 골절부위의 혈종이 골막하부가 아닌 곳에서도 골형성에 의한 골스캔의 이상소견을 보일 것인지 알기 위해 1) 혈종을 채취하여 대퇴부와 전완의 근육조직에 이식한 군과; 이식물질의 대조군으로 2) 자가혈괴를 사용하였고; 이식 수술 자체의 효과를 알기위한 3) 골막하부에는 아무 것도 이식하지 않고 골막을 절개하는 수술과정만을 행한 군을 두어 다음의 결과를 얻었다.

1) 2일째의 골절부위 혈종을 척골의 골막하부에 이식한 3예중 2예와, 3일째의 혈종을 골막하부에 이식한 3예 모두에서 골스캔의 이상소견이 관찰되었다.

2) 대조군에서는 모두 골스캔 음성으로 판독되었으며, 골스캔에서 양성이었던 실험군의 5예에서도 단순 방사선 사진의 이상소견은 식별되지 않았다.

3) 골스캔에 이상소견을 보인 실험군의 척골의 현미경적 소견으로, 정상보다 두터운 골막하부에 연골성 가골이 생성된 woven bone을 관찰할 수 있었다.

이상의 결과에서 골절부위의 혈종은 골형성능을 지녔고, 이 조직학적 변화를 골스캔으로 관찰할 수 있음을 알았다. 앞으로 이 연구의 미비점을 보완하고 다양한 실험모델을 사용하여 골절의 치유과정에서 혈종의 정확한 역할이 생리·생화학적으로도 이해된다면, 임상적으로 여러 원인에 의하는 난치성 불유합의 치료법 개발에도 기여할 수 있으리라고 사료된다.

REFERENCES

- 1) Fawcett DW: *A textbook of histology. 11th ed, W.B. Saunders, Philadelphia, 216-31, 1986*
- 2) Leeson TS, Leeson CR, Paparo AA: *Text/atlas of histology. 1st ed, W.B. Saunders, Philadelphia, 168-94, 1988*
- 3) Han SS, Holmstedt JOV: *Human microscopic anatomy. 1st ed, McGraw-Hill Book Company, New York, 123-9, 1981*
- 4) 대한정형외과학회편저: 정형외과학. 제 3 판, 최신의 학사, 서울, 341-9, 1989
- 5) Mineo K, Mizuno K, Sumi M, et al: *Osteogenic potential of hematoma in fracture healing-transplantation of hematoma under the periosteum of the parietal bone-Kobe J Med Sci 34:31-47, 1988*
- 6) Mizuno K, Mineo K, Tachibana T, et al: *Role of hematoma in the fracture healing. Abstract from the 5th International Congress on Bone Morphometry p. 53, 1988*
- 7) Cruess RL, Dumont J: *Current concepts fracture healing. The Canadian J of Surg 18:403-13, 1975*
- 8) Mohr R, Scherer PR: *Accelerated fracture healing. J of Am Podiatry Ass 66:588-603, 1976*
- 9) Urist MR, Iwata H: *Preservation and biodegradation of the morphogenetic property of the bone matrix. J Theor Biol 38:155-67, 1973*
- 10) Simmons DJ: *Bilogy of fracture healing in normal and metabolic bone disease. Abstract from the 5th International Congress on Bone Morphometry p.53, 1988*
- 11) Triffitt JT: *Initiation and enhancement of bone formation. Acta Orthop Scand 58:673-84, 1987*
- 12) Henricson A, Hulth A, Johnell O: *The cartilaginous fracture callus in rats. Acta Orthop Scand 58:244-8, 1987*
- 13) Fang MA, Reinig JW, Hill SC, et al: *Technetium-99m MDP demonstration of heterotopic ossification in fibrodysplasia ossificans progressiva. Clin Nucl Med 11:8-9, 1986*
- 14) Freeman LM: *Freeman and Johnson's clinical radionuclide imaging. 3rd ed, Grune & Stratton, New York, 1192-208, 1984*
- 15) Gottschalk A, Hoffer PB, Potchen EJ: *Diagnostic nuclear medicine. 2nd ed, Williams & Wilkins, London, 1033-42, 1988*

- 16) 김창호, 장정웅 : $^{99m}\text{Tc-M.D.P.}$ 를 이용한 동종골 이식의 평가에 관한 실험적 연구. 대한핵의학기술연구학회지 2:29-37, 1986
- 17) 정용식, 장정웅 : $^{99m}\text{Tc-MDP}$ 를 이용한 하악골의 자가골이식의 평가에 대한 실험적 연구. 대한핵의학기술연구학회지 2:85-9, 1986
- 18) Alberts KA, Dahlborn M, Ringertz H: *Sequential scintimetry after femoral neck fracture. Acta Orthop Scand* 58:217-22, 1987
- 19) Köhler P, Glas J-E, Larsson S, et al: *Incorporation of nonviable bone grafts, Acta Orthop Scand* 58:54-60, 1987
- 20) Hirano T, Taguchi A, Suzuki R, et al: *Correlation of $^{99m}\text{Tc-MDP}$ scintimetry and histology in cervical hip fracture. Acta Orthop Scand* 58:33-7, 1987
- 21) Strömqvist B, Hansson LI, Nilsson LT, et al: *Prognostic precision in postoperative $^{99m}\text{Tc-MDP}$ scintimetry after femoral neck fracture. Acta Orthop Scand* 58:494-8, 1987
- 22) Itoh K, Minami A, Sakuma T, et al: *The use of three-phase bone imaging in vascularized fibular and iliac bone grafts. Clin Nucl Med* 14:494-500, 1989
- 23) Wilson JS, Genant HK, Hattner RS, et al: *Ratio of late to early radionuclide uptake: A method for distinguishing osteoporosis from osteomalacia in animal models. Radiology* 126:185-91, 1978
- 24) Azuma K: *Experimental study of periosteal transplants, wrapped around the open fracture. J of Jpn Orthop Ass* 39:419-36, 1965
- 25) Sasaki H, Inoue S, Ohashi T, et al: *An application of electric stimulation to periosteal grafting. Cent Jpn J Orthop Traumat* 26:1733-5, 1983
- 26) Tavassoli M, Crosby WH: *Transplantation of marrow to extramedullary sites. Science* 161:54-6, 1968
- 27) Paley D, Young MC, Wiley AM, et al: *Percutaneous bone marrow grafting of fractures and bony defects. Clin Orthop* 208:300-12, 1986
- 28) Crawford AH: *Neurofibromatosis in children. Acta Orthop Scand* 57:22-43, 1986