

## 석고붕대가 성숙가토의 골 결손부위에 미치는 영향에 관한 실험적 연구

한림대학 한강성심병원 정형외과학교실

이창주 · 박승림 · 임 선 · 장성기 · 이진수

= Abstract =

### An Experimental Study of the Effect of plaster of Paris on the Bone Defects of Adult Rabbits

Chang Ju Lee, M.D., Seung Rim Park, M.D., Sun Im, M.D.,  
Seung Kee Chang, M.D. and Jin Soo Lee, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Hallym University, Seoul, Korea

Implant materials, for examples, plaster of Paris, Bone cement and ceramics which are used experimentally to regain shape and function, act as a scaffold for bone growth and contribute to the healing processes at bone defect developed by trauma, infection and other causes.

Therefore, the effect of plaster of Paris on the bone defects of adult rabbits may be an interesting subject, particularly in the orthopedic field.

The authors carried out an experiment to study the effect of plaster of Paris on the bone defect, using 30 adult rabbits weighing from 3000-3500 gm, which were divided into 3 main groups. (Each group was composed of 10 adult rabbits.).

In Group 1, which was the control group, made a defect at the proximal metaphysis of the tibia, 6 mm × 6 mm × 6 mm in size, using a drill bit and filled by hematoma spontaneously.

In Group II and Group III, a defect was also made by the same method as in Group I and a piece of Gelfoam or plaster of Paris was inserted into the bone defect respectively.

Then we studied the healing processes of the bone defect by sacrificing animals of each group at 6th and 12th week after operation.

The results of this experiment were as follows.

1. New bone formation in the bone defect was poor in group I and Group II, but it was good in Group III.
2. The plaster of Paris, filling into the defect, was absorbed and removed from the site of implantation continuously and stimulated the new bone formation.
3. The Gelfoam in Group II was more rapidly absorbed than plaster of Paris and didn't stimulate the new bone formation.

**Key Words :** Bone(s), defects, healing of, plaster of paris, rabbits.

#### I. 서 론

외상에 의한 골 결손이 있거나, 종양에 의한 골 파괴, 광범위한 염증이나 혈행장애에 의한 골 괴사 그리고 수술적 처치에 의한 골 결손이 있는 경우에

골 형성을 유도하고 골 유합을 이루도록 하는 것은 정형외과 영역에서 가장 큰 문제중의 하나라고 할 수 있다.

이러한 골 결손부위를 메워 골 유합을 이루도록 하기 위하여 일반적으로 자가골, 동종골, 이종골 등의 골 이식술을 시행하게 되는데, 자가골 이식은

타가골에 비하여 신생골 형성능력이 월등히 우수하며 면역학적인 문제도 없어 거부현상이 일어나지 않으므로 이식골이 모체의 골 조직과 잘 융합되는 장점이 있다. 그러나 타부위 수술로 인하여 환자에게 스트레스를 가중할 뿐만 아니라 수술적 합병증이 발생할 가능성이 있으며 골 채취 부위에 골 약화를 가져오는 등의 단점이 있다. 또한 골 결손부위가 너무 커서 자가골 이식만으로 충분하지 못할 경우가 있으며 특히 소아에서는 채취할 수 있는 골 조직의 양이 극히 제한되므로 타가골 이식 뿐만 아니라, 일시적으로 골 발육의 발관 역할을 하여 골 형성을 촉진시키고 골 결손 부위의 모양과 기능을 회복하는데 도움을 주는 여러종류의 합성물질, 예를 들면 석고붕대, 골 시멘트, 각종 Ceramics 등의 필요성을 느끼게 된다.

날로 늘어가는 이식골의 수요증가에 대하여 최근에는 상품화되어 있는 이종골인 Kiel bone 과 항생제를 혼합한 골 시멘트를 충전하는 방법등이 사용되고 있으나 이들은 비교적 고가일 뿐만 아니라 골 시멘트는 Osteoinduction 이나 Osteoconduction 을 일으키지 않는 단점이 있다. 그러나 석고붕대는 값싸고 손쉽게 구할 수 있으며, Peltier<sup>®</sup>에 의하면 골 결손부위에 충전한 석고붕대가 일정하게 흡수되며, 이물반응을 일으키지도 않고 골 형성을 유도한다고 보고하였다.

본 교실에서는 성숙정상가토실험을 통하여, 골 결손부위를 그대로 남긴 대조군, 수술도중 쉽게 구할 수 있고 골 결손부위의 지혈을 도모할 수 있는 Gelfoam 군, 그리고 석고붕대를 충전한 실험군을 서로 비교하여, 충전한 석고붕대의 경과에 대해 방사선 소견 및 조직학적인 관찰을 토대로 연구보고하는 바이다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

실험동물은 체중 3000-3500 gm되는 한국산 성숙가토 30마리를 자웅 구별없이 사용하였으며 동일한 조건하에서 사육하였다.

### 2. 실험방법

실험가토는 세군으로 나누어 골 결손만 만든 대조군을 제 I 군, 골 결손부위에 Gelfoam 을 충전한 군을 제 II 군으로, 제 III 군은 석고붕대를 충전한 군으로 나누어 각각 10마리씩 실험을 시행하여 각군마다 수술후 6 주, 12주에 도달하여 방사선 촬영한 후 조직편을 만들어 그 소견을 관찰하였다.

수술 방법은 각 실험 가토를 양와위로 하여 수술대 위에 고정시켰으며, 에테르 점적 마취하에 양측 하지의 슬관절을 중심으로 대퇴부 및 하퇴부의 털을 제거한 후 Betadine 용액과 75% 알코올로 소독을 하고 소독된 포로 도포한 후, 슬관절 하방 약 1 cm 되는 경골 골간단부에서 종방향으로 피부를 절개하여 전방외측도달법으로 경골 상단부를 노출시켰다.

대조군, Gelfoam 군, 석고붕대군 모두에서 drill bit 를 이용하여 경골 근위골간단부에 6 mm × 6 mm × 6 mm 크기의 골결손 부위를 만들어, I 군은 혈종으로 차게하고 II 군과 III 군에는 3 mm × 5 mm 크기의 Gelfoam 과 석고붕대를 각각 충전한 후 세군 모두에서 K- 금속 강선으로 부위를 표시하였다.

I 군은 경골 골간단부에 골 결손만 만들어 혈종으로 차게하였으며, II 군은 상업용인 Denmark Ferrosan 제 spongostan standard Gelfoam 을 사용하였다(Fig. 1).

III 군은 상업용 석고붕대에서 채취한 석고가루를 증류수에 섞어 알루미늄박으로 만든 틀에 넣어 응고시켜 직경 8 mm 크기의 정제로 만들어 Ethylene Oxide gas 를 이용하여 멸균한 후 사용하였다(Fig. 2).

골막과 근육은 2-0 봉합사로 봉합하였으며 3-0

Fig. 1. Model of gelfoam.

Fig. 2. Model of plaster of paris.

봉합사로 절개한 피부를 봉합하였다. 외고정은 실시하지 않았으며 가토 사육장 내에서 자유로이 활동하도록 하였다. 수술후 5일간 Chloramphenicol을 kg 당 50 mg을 근육주사하였으며 하루에 1회 창상 치료를 실시하였다.

실험중 사망한 가토는 없었으며, 전체 실험 가토를 술후 6주, 12주에 각각 5마리씩 도살한 후, 실험을 시행한 경골을 추출하여 42 Kv와 8 mAs 조건하에서 시행한 방사선 촬영에서 신생골의 형성 유무와 석고봉대의 흡수 정도를 관찰하였다. 특히 제Ⅲ군에서는 석고봉대가 흡수된 정도를 수술 하루 후에 촬영한 방사선 film을 기준으로 하여 완전 흡수와 불완전 흡수로 분류하였고, 흡수가 일어난 부분의 신생골 형성의 유무를 판독하여 분석하였다.

방사선 촬영후 각 specimen은 10% neutral formaline에 24~48시간 고정한 후 5% nitric acid에 탈회하고 탈수과정을 거쳐 피라핀에 포매하였으며 두께 5~6  $\mu$  정도로 박절하여 H & E 복염색을 시행하여, 광학 현미경하에서 시간차이에 따른 조직학적 변화를 염증세포의 침윤과 신생골 형성, 삽입물의 흡수 정도 및 피막의 유무를 기준으로 하여 관찰하였다.

**Fig. 3.** Radiologic findings of group Ⅲ (plaster of paris). post-operation 1 day(Top), 6th week (Middle), 12th week(Bottom).

### Ⅲ. 실험결과

#### 1. 방사선학적 관찰

**Fig. 4.** Radiologic findings of Group Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ, Post-operation 6th week(Upper), 12th week(Lower).

술후 6주, 12주에 각각 촬영한 방사선 film 을 토대로 하여 비교한 결과 I 군과 II 군에서는 신생골 형성을 관찰하기 어려웠으나, III 군에서는 신생골 형성을 관찰할 수 있었다(Fig. 3). 또한 골 결손 부위에 충진한 석고봉대의 흡수 정도는 6주에 비하여 12주에 증가된 것을 볼수 있었다(Fig. 4).

III 군에서 석고봉대의 흡수 정도와 신생골 형성 유무를 보면 술후 6주에 얻은 10례의 방사선 film 중 2례에서, 12주에서는 10례중 7례에서 석고봉대가 완전히 흡수되어 각각 20%와 70%의 완전 흡

수율을 보였으며, 신생골 형성 유무는 술후 6주에 얻은 10례의 방사선 film 중 3례를 제외한 7례에서 12주에서는 10례중 1례를 제외한 9례에서 신생골 형성을 관찰할 수 있었다.(Table 1).

## 2. 병리조직학적 관찰

### A. 제 I 군(대조군)

6주 소견 : 골 결손 부위와 골수강 내에 모세혈관 증식이 왕성하게 증가된 느슨한 원시간엽조직(loose primitive mesenchymal tissue)이 보이며 염증세포의 침윤이나 신생골의 형성은 찾아 볼 수 없었다(Fig. 5).

12주소견 : 골수강 내와 수술적 결손 부위에 차있던 원시간엽조직이 지방 골수세포(fatty bone marrow cells)로 대체된 소견이 관찰되며 6주에서와 마찬가지로 신생골 형성이나 염증세포의 침윤은 보이지 않았다(Fig. 6).

Table 1. Radiological results of Group III

		Absorption of plaster	New bone formation
6th week	1 R	P	+
	1 L	P	0
	2 R	C	+
	2 L	P	+
	3 R	P	0
	3 L	C	+
	4 R	P	+
	4 L	P	+
	5 R	P	0
	5 L	P	+
12th week	1 R	C	+
	1 L	C	+
	2 R	C	+
	2 L	P	+
	3 R	C	+
	3 L	C	+
	4 R	C	0
	4 L	P	+
	5 R	P	+
	5 L	C	+

\*C : Complete, P : Partial, R : Right, L : Left

Fig. 6. Histologic findings of Group I (post-operation 12th week) show that loose primitive mesenchymal tissues were replaced by fatty bone marrow cells (10×4).

Fig. 5. Histologic findings of Group I (post-operation 6th week) show that the bone defect filled with loose primitive mesenchymal tissues(10×4).

Fig. 7. Histologic findings of Group II (post-operation 6th week): Gelfoam was not absorbed and spread into the bone marrow cavity (10×4).

**Fig. 8.** Histologic findings of Group II (post-operation 12th week): The Gelfoam was nearly absorbed but still appeared on the bone defect and adjacent muscle ( $10\times 0.5$ ).

**Fig. 9.** Histologic findings of Group II (post-operation 12th week): Multinucleated giant cells appeared around the residual Gelfoam and thick fibrous capsule surround the residual Gelfoam. New bone formation is not observed ( $10\times 4$ ).

#### B. 제II군

6주 소견: 골 결손 부위에 삽입한 Gelfoam 이 흡수되지 않고 골수강 내에 퍼져 있는 상태로 조직구에 의한 포식소견과 신생골 형성을 관찰할 수 없었다(Fig. 7).

12주 소견: 골 결손 부위에 충전한 Gelfoam 이 남아있는 소견이 보이며(Fig. 8), 남아있는 Gelfoam 주사로 다핵성의 이물 거대세포(multinucleated foreign body giant cells)의 출현이 여러 곳에서 보이고 그 밖으로 섬유성 결체조직(fibrous connective tissue)이 둘러 쌓여 형성된 섬유성 막이 Gelfoam 을 두껍게 피복하고 있는 소견이 보이며 염증세포의 침윤과 신생골 형성은 관찰되지 않았다(Fig. 9).

#### C. 제III군

6주 소견: 골 결손 부위에 석고붕대를 충전한

**Fig. 10.** Histologic findings of Group III (post-operation 6th week): Bone defect was filled with plaster of Paris ( $10\times 0.5$ ).

**Fig. 11.** Histologic findings of Group III (post-operation 6th week): Vigorous new bone formation between the plaster of Paris ( $10\times 4$ ).

**Fig. 12.** Histologic findings of Group III (post-operation 6th week): Particles of plaster of Paris were phagocytized by histiocytes ( $10\times 40$ ).

경골의 소견으로 충전한 석고붕대가 보이며 골수강 내에는 느슨한 결체조직이 밀집되어 있는 양상을 관찰하였다(Fig. 10). 염증성 세포의 침윤은 찾아볼 수 없었으며 제 I 군, 제 II 군의 6주 소견에서 발견되지 않았던 신생골이 석고붕대 사이에 왕성하게

**Fig. 13.** Histologic findings of Group III (post-operation 12th week): Further new bone formation and connective tissues between the particles of plaster of Paris (10×0.5).

**Fig. 14.** Histologic findings of Group III (post-operation 12th week): Osteoid tissue and new bone around the plaster of Paris but no infiltration of inflammacells (10×4).

형성된 소견이 증명되었다(Fig. 11). 충진한 석고붕대의 변두리에 조직구 등에 의한 탐식작용이 경미하게 보였다(Fig. 12).

12주 소견: 골 결손 부위와 골수강 내에 왕성한 결체조직이 발견되었으며 신생골 형성 또한 왕성히 증가되어 충진한 석고붕대 주위를 둘러싸고 있는 소견이 보였다(Fig. 13). 석고붕대와 연하여 골양조직(osteoid tissue) 및 신생골이 보이며 염증세포의 침윤은 찾아볼 수 없었다(Fig. 14). 아직도 충진한 석고붕대는 남아 있으나 계속해서 조직구 등에 의해서 탐식되고 있는 소견이 관찰되며 석고붕대와 인접하여 형성된 골양조직 및 신생골이 관찰되었다(Fig. 15), (Table 2).

#### IV. 고 찰

수술적으로 만든 골 결손부위에 Calcium Salts,

**Fig. 15.** Histologic findings of Group III (post-operation 12th week): Histiocytes, osteoid tissue and early new bone appeared between the plaster of Paris (10×10).

**Table 2.** The result of pathological examination

Group	Findings	Week	
		6 th	12 th
1. Control	a	—	—
	b	—	—
	c	—	—
	d	—	—
2. Gelfoam	a	+	—
	b	—	+
	c	—	—
	d	—	+
3. Plaster of paris	a	—	—
	b	—	—
	c	+	+
	d	+	+

Findings: a) Infiltrations of lymphocyte or other inflammatory cells. (— to +)  
 b) Encapsulation. (— to +)  
 c) New Bone Formation. (— to +)  
 d) Resorption of the Implants by histiocytes or foreign body giant cells. (— to +)

Calcium 과 Phosphate 의 혼합물들을 충진하는 동물 실험이 여러학자들에 의해서 시도되어 왔다. Key<sup>1)</sup> Stewart<sup>11)</sup> 는 Calcium Salts로 채운 골 결손부위에서 골 조직이 재생되는 것을 전혀 발견할 수 없었다고 발표하였으나, Albee 와 Morrison<sup>12)</sup>, Murray<sup>6)</sup>, Shands<sup>10)</sup> 등은 신생골 형성을 관찰할 수 있었다고 고무적인 결과를 보고하였다.

골종양, 골수염, 골결핵 등을 치료한 후에 생긴 골 결손부위에 석고붕대를 충진하는 방법이 유럽의 여러 외과 의사들에 의해서 처음으로 시도되었는데 1925년 Oehlecker<sup>7)</sup> 는 섬유성 이형성증(fibrous dysplasia) 이나 다른 양성종양을 소파한 후에 생긴 결

손 부위에 석고붕대를 사용하여 좋은 결과를 얻었다고 하였으며, Kofmann<sup>4)</sup>은 골수염이 발생한 부위를 골소과후 석고붕대를 채워 추시한 결과 정상적인 골 조직으로 대체된 1례를 보고하였으며, Nystrom<sup>12)</sup>도 골 결손부위에 석고붕대를 충전하여 만족한 결과를 얻었다고 하였다. Hauptli<sup>2)</sup>는 골절의 불유합이나 여러종류의 골종양 치료에 석고붕대를 사용하여 그 가치를 증명하였으며, 1953년 Kovacevic<sup>3)</sup>은 경골에 골수염이 발생하여 골간부절제술(diaphysectomy)을 시행한 환자에 석고붕대를 채워 넣은 결과 수술적 외상이 잘 치유되고, 충전한 석고붕대가 점차적으로 흡수되어 소멸되며, 골 결손 부위에서 신생골 형성을 관찰할 수 있었다고 보고하였다.

Peltier<sup>9)</sup> 등은 개의 요골(radius)에 서로 각각 다른 5종류의 실험을 하여 결손 부위에 충전한 석고붕대의 경과에 대해서 관찰한 결과, 석고붕대 자체가 직접 골 형성을 자극하지는 않으며 다만 골막관(perioosteal tube)의 collapse를 방지하여 골내막 및 골막세포(endosteal and periosteal cells)에 기계적 자극을 하여 골조직의 재생을 도모한다고 발표하였다.

저자의 동물실험에서도 제 I군과 제 II군을 비교하여 보면 제 III군에서 신생골 형성이 비교적 양호하였으며, 제 II군과 제 III군에서 보면 제 II군에서는 신생골 형성을 관찰할 수 없음을 볼 때 Gelfoam과는 달리 골막하 골 결손부위(subperiosteal bone defect)에 충전한 석고붕대가 주위의 골내막세포와 골막세포를 자극하여 신생골 형성을 유도하였다고 볼 수 있다. 또한 제 III군에서 병리조직학적 소견과 방사선 소견을 추시한 결과 충전한 석고붕대가 주위 조직과 이물반응을 일으키지 않고 점차적으로 흡수가 증가되며 신생골 형성도 시간이 경과할수록 그 양이 증가된 것을 확인할 수 있었다.

본 실험은 실험가토의 경골부위에 균주를 접종(inoculation)하여 인위적으로 골수염을 만든 후 병변이 있는 부분에 수술적으로 골 결손부위를 만들어 석고붕대를 충전하여 충전한 석고붕대가 감염된 연부조직과 골조직 및 골 결손 부위에 어떠한 영향을 미치는 가를 보기 위한 실험의 전단계 실험으로서 추후 실험에 도움이 될 것으로 믿어진다.

## V. 결 론

골 결손부위에 충전한 석고붕대의 경과에 대해서 관찰하기 위하여 총 30마리의 실험가토를 제 I군 골 결손 부위에 Gelfoam을 충전한 군, 제 III군 석고붕대를 충전한 군으로 나누어 수술후 6주와 12

주에 도살하여 해당 골 결손부위의 방사선 및 조직학적 변화를 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 골 결손 부위의 신생골 형성 정도는 제 I군과 제 II군에서는 그 성적이 불량하였고 제 III군에서는 양호하였다.

2. 골 결손 부위에 충전한 석고붕대는 주위 조직으로부터 점진적으로 흡수되고 신생골 형성을 유도하는 것을 볼 수 있었다.

3. 골 결손 부위에 Gelfoam을 넣은 제 II군을 석고붕대를 충전한 제 III군과 비교하여 볼 때 비교적 빨리 주위조직에 흡수되거나 신생골 형성을 유도하는 소견을 관찰할 수 없었다.

## REFERENCES

- 1) Albee, F.H. and H.F. Morrison: *Studies in Bone Growth: Triple Calcium Phosphate as a Stimulus to Osteogenesis*. Ann. Surg., 71:32, 1920(Quoted in Peltier, L.F., Bickel, E.Y., Lillo, R. and Thein, M.S.: *The use of Plaster of Paris to fill defects in bone*, Ann. Surg., 146: 61-69, 1957).
- 2) Hauptli, O.: *Die Gipsplombe Zur Ausfullung Von Fehlendem Knochengewebe*. Schweizerische medizinische Wochenschrift, 82:161, 1952 (Quoted in Peltier, L.F., Bickel, E.Y., Lillo, R., and Thein, M.S.: *The use of Plaster of Paris to fill defects in bone*, Ann. Surg., 146:61-69, 1957).
- 3) Key, J.A.: *The Effect of a Local Calcium Deposit on Osteogenesis and Healing of Fractures*. J. Bone Joint Surg., 16:176, 1934(Quoted in Peltier, L.F., Bickel, E.Y., Lillo, R. and Thein, M.S.: *The use of Plaster of Paris to fill defects in bone*, Ann. Surg. 146:61-69, 1957).
- 4) Kofmann, S.: *Gips als Plombenmaterial*. Zentralblatt fur Chirurgie, 52:1817, 1925 (Quoted in Peltier, L.F., Bickel, E.Y., Lillo, R. and Thein, M.S.: *The use of Plaster of Paris to fill defects in bone*, Ann. Surg., 146:61-69, 1957).
- 5) Kovacevic, B.: *Ein Beitrag zum Problem der hamtogenen Osteomyelitis*. Archiv fur Klinische Chirurgie, 276:432, 1953 (Quoted in Peltier, L. F., Bickel, E.Y., Lillo, R. and Thein, M.S.:

- The use of Plaster of Paris to fill defects in bone, Ann. Surg., 146:61-69, 1957).*
- 6) Murray, C.R. : *The Repair of Fractures. Minnesota Medicine, 13:137, 1930 (Quoted in Peltier, L.F., Bickel, E.Y., Lillo, R. and Thein, M.S. : The use of Plaster of Paris to fill defects in bone, Ann. Surg., 146:61-69, 1957).*
  - 7) Oehlecker, Franz : *Ueber Knochenplombe. Zentralblatt fur Chirurgie, 52:993, 1925 (Quoted in Peltier, L.F., Bickel, E.Y., Lillo, R. and Thein, M.S. : The use of Plaster of Paris to fill defects in bone, Ann. Surg., 146:61-69, 1957).*
  - 8) Peltier, L.F., Bickel, E.Y., Lillo, R. and Thein, M.S. : *The use of Plaster of Paris to fill defects in bone, Ann. Surg., 146:61-69, 1957.*
  - 9) Peltier, L.F. : *The use of Plaster of Paris to fill large defects in bone, Am. J. Surg., 97: 311-315, 1959.*
  - 10) Shands, A.R., Jr. : *Studies in bone Formation : The Effects of the Local Presence of Calcium salt on Osteogenesis. J. Bone Joint Surg., 19: 1065, 1937 (Quoted in Peltier, L.F., Bickel, E.Y., Lillo, R. and Thein, M.S. : The use of Plaster of Paris to fill defects in bone, Ann. Surg., 146:61-69, 1957).*
  - 11) Stewart, W.J. : *Experimental Bone Regeneration Using Lime Salts and Autogenous Grafts as Sources of Available Calcium. Surg. Gynec. and Obst., 59:867, 1934 (Quoted in Peltier, L.F., Bickel, E.Y., Lillo, R. and Thein, M.S. : The use of Plaster of Paris to fill defects in bone, Ann. Surg., 146:61-69, 1957).*
  - 12) Nystrom, G. : *Plugging of Bone Cavities with Rinvanol - Plaster - Porridge. Acta Chirurgica Scandinavica, 63:296, 1928 (Quoted in Peltier, L.F., Bickel, E.Y., Lillo, R. and Thein, M.S. : The use of Plaster of Paris to fill defects in bone, Ann. Surg., 146:61-69, 1957).*