

脛骨骨折에서 骨髓腔內 造影術의 臨床的 意義

가톨릭대학 의학부 정형외과학교실

문 명 상 · 김 인 · 이 근 환

—Abstract—

The Clinical Significance of Osteomedullography in the Fracture of Tibial Shaft

Moon, Myung Sang M.D., Kim, In M.D., Lee, Kun Whan M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Catholic Medical College, Seoul, Korea

It has been well known that the incidence of delayed or nonunion of tibial shaft fracture is high and in order to improve methods of treatment and to get satisfactory final results in these fractures, it is important to find out as early as possible whether the fracture is healing normally or not.

The fracture healing is closely related to the circulatory conditions at the fracture site, however, in contrast to animal experiments it is impossible to visualize directly the circulatory conditions at the fracture site. There have been many efforts to visualize indirectly these vascular re-establishments through angiography. Kaski(1974) reported a paper concerning osteomedullography of tibial fracture with phlebocompression and noticed 5 types of veins related to the process of healing.

We performed 54 cases of osteomedullography in 41 tibial fracture at 3 months after treatment and the following results were obtained:

1. The sinusoidal vein in the proximal fragment was observed most frequently and the next were intra-osseous crossing vein, periosteal callus vein, ascending branch of main efferent vein, and periosteal veins of proximal fragment in decreasing frequency.

2. The rate of positive finding in osteomedullography at 3 months after treatment was lower, and periosteal callus veins were observed more frequently in the group treated with only cast immobilization than in the group treated with plate and screws.

3. In the group treated with compression plate and screws, osteomedullographs were positive in all 3 cases within 3 months after operation and sinusoidal veins in the proximal fragment were visualized in all cases, however periosteal callus vein was not visualized at all.

4. After bone graft, the differentiation of periosteal callus from grafted bone was not easy in plain X-ray film, but osteomedullography was very useful in these cases. Positive findings were noticed in 2~3 months in all cases following bone graft.

5. The authors found that the ideal time of performing osteomedullography was 3 months following treatment. If found to be negative after 4 months following treatment, bone graft was necessary.

경골골절은 일반적으로 다른 장관골의 골절에 비하여 지연유합이나 부전유합이 흔히 일어나는 것으로 알려져 왔으며, Ellis⁹⁾ (1958)나 Nicoll¹⁰⁾ (1964)은 지연유합과 부전유합을 합하면 그 발생빈도가 15~36%에 달하며 부전유합만 하더라도 4.5~9%에 이른다고 하였다. 따라서 이와같은 합병증을 줄이기 위해서는 가능한한 빨리 골절치유 과정을 파악하여 지연유합이나 부전유합이 예상될 때는 골 이식 등의 수술적 치료를 함으로써 성공적인 치료효과를 얻을 수 있다. 따라서 과거부터 혈관 조영술에 의하여 골절치유 과정을 파악하려는 노력이 여러 학자들에 의하여 시도되어 왔다.

Trueta¹²⁾ (1964)는 골절치유 과정과 골절부의 순환과는 아주 밀접한 관계를 갖고 있다고 하였다. Rhineland⁹⁾ (1968)는 개의 경골을 이용한 실험에서 골수강내 동맥이 3주 이내에 골절부를 지나 서로 연결되며 6주가 지나면 이 동맥들이 골절부 주위의 대부분의 뼈와 골막성 가골까지도 진입하여 이들에 영양공급을 한다고 하였다. 이 실험을 통하여 그는 골수강내 순환의 재개통이 골절치유에 필수적이라고 하였다. 따라서 동맥계 조영술을 이용하면 지연유합이나 부전유합에의 조기진단에 도움이 될 것으로 생각되는 조영제가 동맥내에 머물러 있는 시간이 짧고 동정맥계가 동시에 나타나는 등 어려운 점이 많아서 인체에 적용하기 어렵다. 반면 정맥계의 조영시는 조영제가 머물러 있는 시간이 길고 골수내에 조영제를 주입하여 쉽게 정맥을 관찰할 수 있어서 과거부터 경골 골절에 대한 재래식 골수강내 조영술이 이용되어 왔다(Steinbach¹¹⁾ 1957). 그러나 이 방법은 골수강내에 주입한 조영제가 경골주위 연부조직내의 정맥계로 흘러나와 골수강내 정맥과 겹쳐 X선상 나타나는 단점이 있다. 따라서 Kaski¹⁴⁾ (1971)는 연부조직의 정맥계에 조영제가 흘러가지 못하도록 연부조직을 압박하여 골수강내로만 들어가도록 하게 하는 새로운 정맥 조영술을 실시하여 골절부를 통과하는 정맥계를 보다 뚜렷하게 관찰할 수 있었다.

저자들은 Kaski의 연구를 토대로 경골골절의 치유과정중 나타나는 정맥의 종류와 출현시기 및 그 빈도를 밝히고 또한 각종 골절 고정법의 평가를 위하여 1974년 7월부터 1976년 7월 사이에 치료했던 경골골절 환자중 41예에서 54회에 걸쳐 골수강내 조영술을 실시하여 이들 소견과 단순 X선 및 임상소견을 비교 관찰하였다.

1) 골수강내 조영술의 수기

환자를 X선 촬영대 위에 양와위로 눕게 한 후 경골 골절부를 중심으로 지혈대를 감고(그림 1) 단순 X선 촬영을 실시하여 지혈대가 골절부를 정확히 둘러싸고 있는지 확인한다. 그후 족관절부를 완전 소독하고, 방포로 가린 후 경골내과 3cm 상방에 1% xylcaine 또는 procaine으로 국소 마취하고 곧 이어 이 부위에 흉골 천자침을 꽂아 침이 골수강내에 들어갈 때까지 진입시킨다. 천자침이 정확히 골수강내에 삽입되면 주사기로 흡인할 때 주사기내로 피가 뽑혀 나오게 된다. 천자침을 꽂은 상태에서 탄력성 고무붕대(Esmarch tourniquet)로 천자침 삽입부까지의 발과 발목 및 지혈대 하단까지 단단히 감고(그림 2) 지혈대를 작동하여 압력이 450 mmHg 되게 하여 연부조직내의 정맥계 순환을 차단시킨다. 다음에는 따뜻한 물로 가온한 urograffin(75%) 30 cc를 50cc 주사기에 넣어 흉골 천자침을 통해 골수내로 주입시킨다. 조영제는 가능한한 큰 압력으로 빨리 주입하고 5 cc 주입할 때마다 전후면 X선 촬영을 실시하였다. 마지막 남은 5 cc를 주입할 때는 측면 X선 사진도 촬영하였다. 일차 촬영에

Fig. 1. Pneumatic tourniquet is applied over tibial fracture site to be examined.

Fig. 2. Esmarch rubber tourniquet is wrapped tightly distal to the pneumatic tourniquet for compression of the soft tissue veins.

실패하였을 때와 골수내 및 골막성 신생 정맥계가 보이지 않을 때는 같은 방법으로 재 촬영한 후 저혈대와 탄력성 고무붕대를 풀고 다시 하지를 탄력붕대로 감은 후 안정시켜서 부종방지에 힘썼고 동시에 감염방지를 위하여 항생제를 투여하였다.

2) 판 독 법

Kaski¹⁰⁾ (1974)가 기술한 다섯가지 골수강내 조영증후(osteomedullographic signs)를 기준으로 하여 판단하였으며(그림 3), 각종 치료법에 따른 발현증후의 종류와 빈도 및 그 출현시기를 기록하였다.

- 증후 1: 골절부를 통과하는 골수강내 정맥(intraosseous crossing vein)
- 증후 2: 근위 골절편의 동양정맥동(sinusoidal vein in the proximal fragment)
- 증후 3: 근위 골절편의 골막정맥(periosteal vein in the proximal fragment)
- 증후 4: 근위 골절편의 주영양 정맥분지(ascending branch of main nutrient vein)
- 증후 5: 골절편 간의 골막성 가골을 통과하는 정맥(periosteal callus vein)

Fig. 3. Schematic drawing of X-ray findings of osteomedullography with phlebocompression.

관찰대상 및 방법

1) 대 상

1974년 7월부터 1976년 7월 사이에 치료한 경골골절 환자중 41예에서 54예에 걸쳐 골수강내 조영술을 실시하였으며, 한 예의 경골골절에 대해 가장 많이 실시한 경우는 4회이며 양측 경골 골절상을 입은 환자에서 6회 실시한 경우도 있어서 평균 1.3회의 조영술을 실시하였다.

골절부위를 살펴보면 원위부 골절이 21예로서 가장 많았고 중간부 골절은 14예이었으며 나머지 6예는 근위부 골절에이었다.

골절의 모양별로 분류해 보면 분쇄골절이 25예로서 가장 많았고, 사골절(斜骨折)은 11예였다. 단순골절은 25예이었고 개방성 골절은 16예이었으며 이중 14예는 원위부에 발생한 것이었다(표 1).

이들 환자 중에서 단순 석고외고정만으로 치료하였던 26예중 3예에서 골 이식술을 실시한 반면 재래식 금속판에 의한 내고정 방법으로 치료한 12예중에서는 한 예에서만 골이식술을 실시하였고 가압금속판으로 치료한 3예에서는 골 이식술은 시행하지 않았다(표 2).

2) 관찰방법

관찰 대상이된 환자들을 치료 방법에 따라 3군으로 나

Table 1. Type and location of tibial fracture in which osteomedullographic examination was done.

Type of fracture \ Location	Proximal third	Middle third	Distal third	Total
Transverse		1		1
Oblique	4	4	3	11
Spiral			2	2
Comminuted	2	7	16	25
Segmental		2		2
Total	6	14	21	41
Open		2	14	16
Closed	6	12	7	25
Total	6	14	21	41

Table 2. Number of cases and osteomedullogram in each type of treatment

Type of treatment	No. of cases	case	bone graft	osteomedullogram
Conservative treatment	26		3	36
Conventional plate & screws	12		1	15
Compression plate & screws	3		0	3
Total	41		4	54

누었으며, 석고외고정군을 제 1군, 재래식 금속판 내고정군을 제 2군, 가압 금속판 내고정군을 제 3군으로 정하였으며, 각군의 수는 각각 26예, 12예 및 3예였다.

제 1 및 2군의 전예에서 임상적 골유합시기인 골절 치료 시작 후 3개월에 첫 골수 강내 조영술을 실시하여 출현하는 정맥의 종류 및 빈도를 기록하였다. 골수강내 조영상 각종 증후의 발현이 음성인 경우에는 1개월 후 재차 실시하여 양성이면 석고 고정술을 계속하였고, 다시 음성인 경우에는 골이식술을 실시하여 2개월 후에 다시 조영술을 실시하였다.

가압 금속판을 사용하였던 제 3군에서는 빠른 골절치유를 예상하여 제 1군이나 2군보다 빠른 시기인 수술 후 1개월에 1예에서 조영술을 실시하였고, 2예는 3개월에 실시하였다.

성 적

A) 석고외고정만으로 치료한 26예의 제 1군중 석고 고정 후 3개월에 조영상 각종 증후가 양성으로 판명된 것은 20예로서 양성율은 77%이었다. 증후의 발현이 음성으로 판명된 6예중 3예는 1개월 후 재검사에서 양성으로 판명되었고, 나머지 3예는 계속 음성으로 판정되어 골이식술을 실시하였다. 골이식술후 2개월에 재차 실시한 조영상에서 2예는 양성으로 판명되고(그림 4, 1a & 1b), 나머지 1예는 이식술후 3개월에 양성으로 되었다(표 3).

조영상 출현하는 정맥의 빈도는 증후 2가 가장 많았으며, 그 다음이 증후 1, 증후 5, 증후 4 그리고 증후 3의 순서였다(표 4).

B) 재래식 금속판을 사용한 12예의 제 2군중 수술 후 3개월에 10예가 골수 조영상 양성으로 판명된 것은 10예로서 양성율은 83%였으며, 음성인 2예중 1예는 1개월 후 재검사에서 양성으로 전환되었고(그림 4, 2a & 2b), 나머지 1예는 골이식술후 2개월에 양성으로 되었다(표 3).

출현하는 정맥의 빈도는 증후 2, 증후 1, 증후 5, 증후 4, 증후 3의 순서로서 제 1군과 동일하였다(표 4).

C) 가압 금속판으로 치료한 3예의 제 3군중 술후 1개월에 조영술을 실시한 예에서는 양성으로 판명되고(그림 4, 3a & 3b), 나머지 2예는 술후 3개월에 처음 실시하였으나 모두 양성으로 판명되었다(표 3).

조영상 출현하는 특정 정맥의 발현빈도는 증후 2, 증후 1 및 증후 3, 증후 4의 순서였고 증후 5는 발견되지 않았다(표 4).

Fig. 4. Photographs of osteomedullographic X-ray with phlebocompression

1 a & 1b; At 8 weeks after bone graft. Sinusoidal vein and branch of main efferent vein in the proximal fragment and periosteal callus vein are seen.

2 a; 3 months after fixation with conventional plate and screws. No Kaski sign is observed. Venous shadow on the top is that of soft tissue.

2 b; 1 month after that of 2a. Intra-osseous crossing vein, sinusoidal vein and ascending branch of main efferent vein are seen in the proximal fragment.

3 a & 3 b; 1 month after fixation with compression plate and screws. Sinusoidal vein and ascending branch of main efferent vein in the proximal fragment are seen. Veins passing through soft tissue are seen on the posterior aspect of fibula.

Table 3. The number of cases of osteomedullogram and with positive finding in each group

Group	No. of case	Month							
		1	2	3	4	5	6	7	8
I	OMG			26	6	0	3	1	
	Positive			20 (77%)	3	0	2	1	
II	OMG			12	2	0	1		
	Positive			10 (83%)	1	0	1		
III	OMG		1	2					
	Positive		1	2 (100%)					

이들의 모든 소견들을 종합하여 볼 때 치료 후 3개월에 골수강내 조영술상 특수 증후가 양성으로 나타나는 비율은 제 1 군과 2군에서는 각각 77%와 83%이고, 제 3 군은 관찰예수가 적어 100분율로 표하기는 곤란하나 전예에서 양성으로 나타났다(표 3).

출현하는 정맥증후중 각군에서 공통적으로 가장 흔히 출현하는 것은 증후 2였고 그 다음이 증후 1이었으나, 제 1 군에서만은 증후 5가 증후 2 다음으로 흔히 나타났으며 증후 3과 4의 출현빈도는 각군에서 특별한 차이가 없고 또한 낮았다(표 4).

Table 4. The number of various Kaski signs visualized in each month

Group	Month		1	2	3	4	5	6	7	8	Total
	Kaski sign										
I	1				11	2	0	2	1		16
	2				20	3	0	2	1		26
	3				8	1	0	0	1		10
	4				10	1	0	0	0		11
	5				15	1	0	1	1		18
II	1				8	1	0	0			9
	2				10	1	0	1			12
	3				5	0	0	1			6
	4				6	1	0	0			7
	5				6	1	0	1			8
III	1	1			1						2
	2	1			2						3
	3	1			1						2
	4	0			1						1
	5	0			0						0

II 활

골절이 치유되는 과정은 가골 형성기, 가골내 혈관 진입기, 가골의 화골기, 정상골로의 전환기의 4단계로 크게 나누어지며 이런 과정을 잘 이해하여야 골절의 치료 및 예후판정에 도움이 될 수 있게 된다.

골절과 함께 연부조직에 손상이 생기면 출혈에 의한 혈종이 골면사이에 채워지고 국소혈관의 확장이 일어나며 수시간이 경과하면 골절부 주위의 골막이 빠른 속도로 증식하게 된다. 이와 동시에 섬유소의 혈종내 침착과 섬유모세포의 출현 및 혈종내 침입으로 혈종은 기질화(organization)되며 3~4일이 경과하면 혈종내로 신생혈관이 진입하여 육아조직성가골 혈관신생기(callus vascularization)로 된다(Wray¹³⁾, 1965). 신생혈관의 기원에 대해 이미 기존해 있던 혈관에서 기시한다는 것은 잘 알려진 사실이나 Rhinelander와 Baragry⁸⁾(1962)는 골수강내 동맥에서 주로 생긴다고 주장한 반면 Gotham³⁾(1962)은 가골 주위의 연부조직에서 주로 기시한다고 하였으며, Schenk와 Willenegger¹⁰⁾(1964)는 골절면 사이에서 압력이 가해졌을 때는 Havers 씨계의 혈관들에 의해서 주로 신생혈관이 생긴다고 하였다. Olerud⁴⁾와 Danckwardt-Lillieström⁷⁾(1968)은 골 내막골막 및 Havers 씨계에서 혈관이 기

시하여 골절부에서 서로 문합한다고 하였으며 골절후 4~5주에 Spalteholz 법으로 확인할 수 있다고 하였다. 즉 골절면을 견고하게 고정하지 못한 경우와 압력을 가하여 견고하게 고정한 경우 신생되는 혈관의 종류에 차이가 생겨 골절치유에 영향을 줄 수 있으므로 이것을 조기에 확인하면 골절치료를 효과적으로 할 수 있을 것이다.

그러나 동물실험에서와는 달리 인체에서 이런 골절 치유과정을 Spalteholz 법을 이용하여 직접 육안으로 관찰할 수 없으므로 골수강내 정맥 조영술에 의해 정맥의 수복을 관찰함으로써 간접적으로 확인할 수 있다고 본다.

저자들은 골 이식술 후에 단순 X-선상 이식골과 치유과정에서 생기는 가골과의 구별이 뚜렷하지 않은 경우에 골수강내 조영술로써 구별할 수 있었다. 즉 골이식술 후 2~3개월 이내에 골이식술을 실시하였던 4예에서 모두 조영술상 Kaski 증후가 양성으로 나타나서 단순 X-선상 불가능하였던 치유과정을 확인할 수 있었다.

Kaski(1974)는 다섯가지 정맥들 중에서 골절부위를 통과하는 골수강내정맥, 증후 1이 가장 흔히 발견되었다고 하였으나 저자들의 경험으로는 근위골절편의 동양정맥동인 증후 2가 가장 흔히 발견되었고 그 다음이 증후 1이었는데 그 이유는 가압금속관을 사용하면 골절편간의 거리가 좁혀져 육안으로 골절선을 확인하기

어려워 이를 통과하는 정맥이 증후 1인지 구별하기 어렵고 간혹 정맥의 직경이 아주 작아 보이지 않는 경우도 있을 것이라고 생각되기 때문이다. 그러나 골절부를 통과하는 골수강내 정맥이 보이지 않는다고 해서 이 정맥이 없다고 단언할 수는 없으며, 근위 골절편내에 동양정맥동이나 골막정맥 혹은 주영양정맥 분지등이 발견되면 골절부를 골수강내 정맥이 통과하였다고 볼 수 있다. 다른 정맥은 발견되지 않고 골막성 가골을 통과하는 정맥인 증후 5만 발견되는 경우에는 골절치유가 잘 되어간다고 단언하기는 어려우며 골절부의 견고한 고정기 결핍되어 있다고도 생각할 수도 있다. 즉 석고의 고정만 하였던 제 1군에서 증후 5가 다른 군에 비해 많이 발견되었는데 이것은 골막성 가골의 형성이 타군에 비해 치유과정에서 주역할을 하기 때문이라고 생각되며 반면 가압금속판으로 치료하였던 1군에서는 단순 X선상 골막성 가골을 확인할 수 없었음은 물론 조영술상 증후 5는 출현하지 않았다. 치료후 3개월에 실시한 조영술상의 각 정맥의 출현율은 제 3군, 2군, 1군의 순서로 빈도가 높아 각각 100%, 83%, 77%였는데 이것은 가압금속판에 의한 고정이 보다 더 우수한 치료법임을 암시한다고 볼 수 있다.

일반적으로 경골골절환자에서 조영술을 치료 후 3개월에 실시하여 음성인 경우에는 1개월 후 재 촬영하여 이때에도 음성인 경우, 골이식술을 실시하는 것이 좋고 골이식 2~3개월 후에는 조영술에 의해 치유과정을 판단할 수 있다고 본다.

조영술 수기에서 전후면 외에도 측면 X선을 반드시 촬영해야 하는데 그 이유는 조영제가 경골 주위 연부 조직내의 정맥계로 빠져 나오는가를 확인해야 하기 때문이며 전후면 X선만으로는 구별하기 힘든 경우가 많기 때문이다.

결 론

1974년 7월부터 1976년 7월까지 2년간 치험한 경골골절 환자중 41예에서 치료 후 3개월부터 실시한 54회의 골수강내 정맥조영술을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 치료 후 3개월에 출현한 정맥중 근위골절편의 동양정맥동이 가장 많이 발견되었고 골절부위를 통과하는 정맥, 골막성 가골을 통한 정맥과, 근위골절편의 주영양정맥 분지 근위골절편의 골막정맥의 순으로 많이 나타났다.

2. 석고의 고정만으로 치료하였던 제 1군에서 고정후

3개월에 조영술상 정맥출현율이 가장 낮았고(77%), 골막성 가골을 통과하는 정맥인 증후 5의 빈도가 다른 군에 비해 높았다.

3. 가압금속판으로 치료한 제 3군에서는 증후수는 적으나 3개월 이내에 3예 모두에서 조영술상 Kaski 증후의 양성율이 가장 높았고(100%) 증후 5는 발견되지 않았다.

4. 골이식을 시행했던 4예에서는 수술 후 모두 조영술상 정맥의 출현이 관찰되었다.

5. 골수강내 조영술은 임상적 골절유합기인 골절후 3개월에 실시하는 것이 이상적으로 생각되며 4개월 이후에도 계속 정맥들이 나타나지 않는 경우 골이식술이 필요하였다.

이상의 임상소견을 분석한 결과 골수강내 조영술이 골절치유과정의 조기 판단과 골이식술후 치유과정의 판별에 유용한 특수 검사라고 믿어진다.

REFERENCES

1. Ellis, H.: *The Speed of Healing After Fracture of the Tibial Shaft. J. Bone and Joint Surg.*, 40-B: 42-46, 1958.
2. Gotham, L.: *Local Arterial Changes Associated with Experimental Fractures of the Rabbit's Tibia Treated with Encircling Wires (Cerclage). A microangiographic study, Acta Chir. Scandinavica*, 123:17-27, 1962.
3. Kaski, P.: *Osteomedullography of the Tibia. Intra-Osseous Phlebography with Compression of the Soft Tissue Veins. Acta Radiol., Supplementum* 312, 1971.
4. Kaski, P & Puranen, J.: *The Clinical Significance of Osteomedullography in Fractures of the Tibial Shaft. J. Bone and Joint Surg.*, 56-A: 759-776, 1974.
5. Nicoll, E.A.: *Fractures of the Tibial Shaft. A Survey of 705 Cases. J. Bone and Joint Surg.*, 46-B: 378-387, 1964.
6. Olerud, S. & Danckwardt-Lillieström, G.: *Fracture Healing in Compression Osteosynthesis in the Dog. J. Bone and Joint Surg.*, 50-B: 844-851, 1968.
7. Rhineland, F.W., & Baragry, R.A.: *Microa-*

- ngiography in Bone Healing. I. Undisplaced Closed Fractures. *J. Bone and Joint Surg.*, 44-A: 1273-1298, 1962.
8. Rhinelander, F.W.: *The Normal Microcirculation of Diaphyseal Cortex and its Response to Fracture.* *J. Bone and Joint Surg.*, 50-A: 784-800, 1968.
 9. Schenk, R., & Willenegger, H.: *Zur Histologie der primären Knochenheilung.* *Langenbecks Archiv für klinische Chirurgie*, 308, 440, 1964.
 10. Steinbach, H.L.: *Osseous Phlebography.* *Surg., Gynec., and Obstet.*, 104:215-226, 1957.
 11. Trueta, J.: *The Role of the Vessels in Osteogenesis.* *J. Bone and Joint Surg.*, 45-B: 402-418, 1964.
 12. Wray, J.B.: *Vascular Regeneration in the Healing Fracture. An Experimental Study.* *Angiology*, 14:134-138, 1963.