

골단판 부분손상후 골성장수복을 위한 유리연골판 이식술의 효과

충남대학교 의과대학 정형외과학교실

이광진 · 이갑엽 · 나상연

= Abstract =

Experimental Study for the Effects of Free Physeal Transplantation to Regain Bone Growth after Partial Physeal Injury

Kwang Zin Rhee, M.D., Kap Yop Lee, M.D. and Sang Yeon Rha, M.D.

*Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Chungnam National University
Daejeon, Korea*

This study is performed to investigate whether free transplanted iliac physis can grow in the resected epiphyseal plate and prevent growth arrest secondary to an injury of epiphyseal plate.

Growth arrest, angulation and regeneration of epiphyseal plate after free physeal transplantation from iliac crest in the partial resection of epiphyseal plate on the lateral aspect of the distal femoral epiphysis were analysed in process of time and compared with those of the simple partial resection of epiphyseal plate of distal femur. Seventy-six skeletally immature, three month-old rabbits with an initial weight of about 1200 to 1400 gm were used for this study.

The following experimental groups were made after partial resection of epiphyseal plate on lateral aspect of distal femoral epiphysis ($2 \times 7 \times 3$ mm). Group A: partial resection alone (19 rabbits); Group B: muscle piece interposition (19 rabbits); Group C: free autogenous iliac crest physeal transplantation (38 rabbits). The opposite side of the leg was used as a control. Animals were killed and examined at the following time-intervals (14, 21, 30, 60 and 90 days after operation).

The following results were obtained.

1. In the group of partial resections alone, the bone-bridge formation between the femoral epiphysis and metaphysis revealed as early as 14 days, and this bridging was found consistently in all animals, which led to the growth arrest and valgus deformity.
2. In the group of muscle piece interpositions, the interposition materials were found temporarily effective for the prevention of epiphysiometaphyseal bone-bridge formation, but the effect was not significant to regain bone growth.
3. Histological studies showed that the grafted physis united with the residual part of the original femoral physis at 14 days after transplantation, and regained its columnar arrangement. The physeal graft appeared to be viable and contribute endochondral bone formation in following section (60, 90 days).
4. In the group of free autogenous iliac-crest physeal transplantations, the transplanted physis prevented or minimized the formation of a bone bridge, growth arrest, and valgus deformity in most animals.

Although not all of the physeal transplants were successful, physeal grafts would be most successful method regaining bone growth after focal injury of epiphyseal plate.

Key Words: Physeal transplantation, Growth, Partial physeal injury.

I. 서 론

골단판은 연골판으로 골단과 골간단 사이에 있고 장골의 성장을 담당한다. 골단판의 부분손상 후 발생할 수 있는 골단판의 조기 폐쇄 현상은 골단과 골간단 사이에 골교가 형성되면서 골성장의 장애를 유발시켜 굴곡변형 및 성장의 단축을 초래할 수 있다^{6, 7, 16, 18}). 이러한 후유증이 없이 정상적인 골성장을 위한 실험적 노력이 많은 학자들에 의하여 지난 80여년간 끊임없이 시도되어 왔다²²). 골단판의 부분 폐쇄로 인한 골성장 장애의 치료로는 절골술, 골단 유합술, 하지단축술 및 연장술 등의 고식적치료 방법이 시행되어 왔으나 가장 이상적인 치료는 손상 받은 부위를 제거하고 정상적인 골단판과 기능을 담당할 수 있도록 하는 수술방법이 될 것이다. 따라서 골단판의 손상후 골성장 장애를 유발하는 골교를 제거한 후 골교의 재형성을 방지하기 위하여 gel-foam^{6, 21}), bone wax⁷), 연골²⁰), 근육편¹⁸), 지방^{6, 17, 20}), 골시멘트¹⁹), silastic⁹), silicone rubber²) 등을 사용하여 골성장의 수복을 시도한 바 있으나 이러한 삽입물질이 인체에서 성공적으로 골성장수복을 유도할 수 있는지에 관하여는 의문시되고 있다. 또한 이론적으로 골성장 수복에 가장 이상적인 방법이라고 할 수 있는 이식술에 관한 연구도 여러 학자들에 의하여 시도되어 왔으나 사용된 시도방법이 다르고, 조직학적 연구의 부족, 이식받은 골단판의 성장능력에 관한 연구부족 등으로 그 결과를 다른 물질을 삽입한 경우의 결과와 비교하기는 매우 어려울 뿐만 아니라 임상에 적용되어 좋은 결과를 얻었다는 보고는 찾기 힘들다^{23, 24}).

따라서 저자는 이상의 여러가지 문제점에 대한 지견을 바탕으로 미성숙가토에서 대퇴골 원위골단판의 외측부분을 일정한 크기로 부분절제를 시행한 후 근육편삽입술을 시행하여 나타나는 골성장의 변화를 관찰하면서 골성장수복에 더욱 효과가 있을 것으로 생각되는 유리자가장골능 연골판 이식술을 받은 미성숙가토를 중심으로 유리연골판의 삽입이 골단과 골간단을 연결하는 골교의 형성을 방지할수 있는지 여부와 나아가서 이식된 골단판이 성장을 지속할 수 있는지를 규명하고 시일이 경과함에 따라 이식된 골단판의 상태와 기존의 골단판과의 관계를 관찰하고 골성장의 단축과 외반변형의 발생여부와 이에 따르는 조직학적 소견을 비교 검토하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재 료

실험동물로는 생후 12주 내외의 체중 1200~1400 gm 인 한국산 미성숙가토를 암 수 구별없이 사용하였으며, 실험기간 중 같은 사료로 동일한 조건하에 사육하였다.

2. 방 법

실험동물은 ether와 ketamine을 복합하여 전신마취를 시행하고 좌측 대퇴원위부와 슬관절부위를 깨끗이 삭모하고 betadine과 alcohol을 사용하여 무균처치한 후 대퇴원위부와 슬관절에 약 4cm가량의 외측방 절개를 가한 후 슬개골을 내측으로 전위시키고 대퇴골원위골단판의 외측을 노출시켰다. 골막을 절개후 육안으로 확인된 골단판을 중심으로 골단과 골간단을 노출시키고 scapel과 작은 curet을 사용하여 상하높이 2mm내외, 후방에서 전방으로 7mm내외(시상단면), 외측에서 내측으로 약20도 경사지도록 3mm 깊이(관상단면)로 골단판을 절제한 후 삽입물질을 사용하지 않은 상태로 창상을 봉합한 군을 A군으로, 외측고근의 일부를 채취하여 근육편을 삽입한 군을 B군, 장골능에서 채취한 유리연골판을 이식한 군을 C군으로 하였다(Fig. 1).

장골능의 연골판 채취방법은 좌측장골능의 후반부에 무균처치를 시행한 후 피부절개하여 근육과 골막을 박리시킨 후 연골판을 포함하여 8mm×5mm 넓이로 채취한 후 연골판의 상층에 있는 연골막과 섬유연골을 제거하고 하층에 있는 골간단을 제거시킬때는 연골판의 성숙연골대에서 분리되도록 더욱 작은 연골판을 만들어 절제된 대퇴골 골손부위에 정확한 방향으로 확고하게 삽입시킨 후 관절막과 골막을 6-0 dextron으로 봉합하였다. 모든 동물의 좌측대퇴골을 수술하지 않은 우측대퇴골과 비교하였다. 수술 후 창상감염의 예방목적으로 첫날만 piperacillin sodium(100mg/kg)을 근육주사 하였으며 석고붕대 고정은 하지 않았다. 술후 14일, 21일, 30일, 60일, 90일에 A, B, C군을 각각 희생시켜 좌측대퇴골의 육안적소견, 방사선소견, 조직소견 등을 우측대퇴골과 비교 관찰하였다. 실험가토 76마리 중 각 군마다 사용된 가토 수는 A군 19마리, B군 19마리, C군 38마리였다(Table 1).

대퇴골의 길이는 실험가토를 희생시킨 후 분리된 대퇴골을 이용하여 대퇴골두 상단에서 대퇴골외과 하단까지 눈금자를 이용하여 촬영된 사진을 통하여 각각 측정하였다(Fig. 1).

조직표본은 골단을 관상단면으로 절단하여 10% formalin에 고정한 후 탈석회 과정 및 paraffin 고

Table 1. Difference of femoral length measured of each time-interval postoperatively in Group A, B, C

Days	Group(No. of rabbits)	Difference of femoral length(mm)						Mean \pm SD
		0	1	2	3	4	5	
14	A (3)	1	2	—	—	—	—	0.7(\pm 0.47)
	B (3)	2	1	—	—	—	—	0.3(\pm 0.47)
	C (4)	4	—	—	—	—	—	0.0(\pm 0.00)
21	A (3)	—	2	1	—	—	—	0.1(\pm 0.47)
	B (3)	2	1	—	—	—	—	0.3(\pm 0.47)
	C (4)	3	1	—	—	—	—	0.3(\pm 0.43)
30	A (3)	—	1	2	—	—	—	1.7(\pm 0.47)
	B (3)	1	1	1	—	—	—	1.0(\pm 0.82)
	C (6)	3	2	1	—	—	—	0.7(\pm 0.75)
60	A (5)	—	1	—	2	2	—	3.0(\pm 1.10)
	B (5)	—	—	2	2	1	—	2.8(\pm 0.75)
	C (12)	7	—	4	1	—	—	0.9(\pm 1.11)
90	A (5)	—	—	—	—	3	2	4.4(\pm 0.49)
	B (5)	—	—	—	2	1	2	4.0(\pm 0.89)
	C (12)	5	3	1	1	2	—	1.3(\pm 1.49)
Average	A (19)	2.5(\pm 1.53)						
	B (19)	2.1(\pm 1.67) $P>0.1^*$						
	C (38)	0.8(\pm 1.18) $P<0.001^{**}$						

*, Statistically insignificant differences, **, Highly significant difference

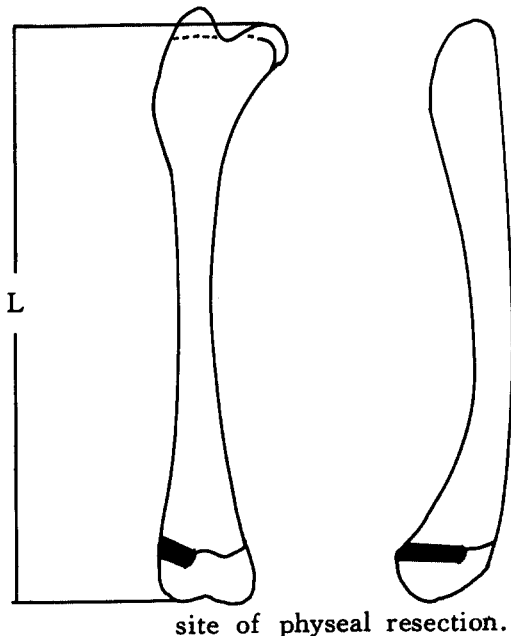


Fig. 1. The experimental diagram. L: Total length of femur.

정 과정을 거쳐 hematoxylin-eosin 염색법 및 toluidine blue 염색법으로 염색한 후 현미경으로 관찰하

였다.

III. 성 적

1. 육안적소견(골단축과 외반변형의 정도)

골단판을 부분절제한 후 삽입물질을 사용하지 않은 A군은 수술 14일 및 21일 소견에서 6예중 4예에서 1mm, 1예에서 2mm의 경미한 골단축과 X-선상 골단판의 부분폐쇄현상을 나타내었으며 수술 후 30일 소견에서 골단축소견이 더욱 증가하여 평균 1.7(\pm 0.47)mm의 골단축을 보였고, 60일과 90일 소견에서는 외반변형이 명백하게 나타났으며 90일에 최저 4mm에서 최고 5mm(4.4 \pm 0.49)의 골단축소견을 보였으며 골단축의 정도가 심할수록 외반변형의 정도도 심하였다. 그러나 전방굴곡과 같은 심한 변형은 전예에서 발생하지 않았다. 근육전 삽입술을 시행한 B군은 14일과 21일 그리고 30일 소견에서 9예중 3예에서 1mm, 1예에서 2mm의 골단축소견을 보였고 5예에서는 골단축소견이 없었으나 60일과 90일 소견에서는 각각 평균 (2.8 \pm 0.75)mm, 4.0(\pm 0.89)mm의 골단축소견을 보여 A군과 유의적인 차이가 없는 골단축소견과 외반변형을 보였다($P>0.1$). 이러한 B군의 결과는 삽입된 근

육편이 골단판의 골성장수복에는 일시적효과 밖에 나타내지 않음을 알 수 있었다(Table 1).

유리창골능 연골판을 이식한 C군의 경우는 술후 14일에서 30일 사이에 희생된 동물의 골단을 관찰 단면으로 절단하여 보면 이식된 연골판과 기존의 골단판과 육안적 구별이 가능하였으며 14일에 희생된 4예중 전예에서 골단축 소견이 없었고, 21일에 4예중 3예, 30일에 6예중 3예, 60일에 12예중 7예, 90일에 12예중 5예에서는 골단축이 없었고 90일까지 원격추시한 12마리 가토 중에서 최고 4mm의 골단축을 보인 예가 2예 있었으나 정확한 위치와 방향으로 연골판을 이식받은 가토는 술후 90일까지 원격추시한 결과에서 골단축이나 외반 변형은 없었다. 전체적인 결과에서 A, B, C군은 각각 2.5(± 1.53), 2.1(± 1.67), 0.8(± 1.18)mm의 골단축 소견이 나타나 C군은 A군과 B군에 비하여 월등하

게 유의성 있는 차이를 보였다($P < 0.001$, $P < 0.005$). 따라서 연골판 이식군은 골성장수복에 상당한 효과가 있음을 보여주었다(Table 1).

2. 조직학적 소견

삽입물질을 사용하지 않은 A군은 술후 14일 소견에서 가골 및 섬유조직으로 공백이 채워져 있었고 21일 소견에서는 골단과 골간단을 연결하는 골교형성으로 변화되었고(Fig. 2), 결손주위에 섬유연골 조직이 드물게 발견되는 경우도 있었지만 기존의 연골세포로부터 절제된 골단판이 대체될 정도로 재생되는 소견은 없었다.

근육편삽입술을 시행한 B군은 14일과 21일 그리고 30일 소견에서 육아조직과 섬유조직으로 채워져 있어 골교의 형성은 볼 수 없었으나 술후 60일 소견에서 골단과 골간단을 연결하는 광범위한 골교의 형성소견과 골교형성을 방지하였던 섬유조직은 살아짐을 볼 수 있었다(Fig. 3). 한편 다른 군에서는 볼 수 없었던 비특이성 염증반응이 동반되어 나타난 경우가 3예가 있었던 것은 유의할 만한 소견이었으나 육안적으로는 관찰되지 않았다.

유리자가장골능 연골판을 이식한 C군에서는 술후 14일 소견에서 이식된 연골판의 두께가 원래의 대퇴골골단판 두께의 2배내지 3배정도 이었으며

Fig. 2. Bone-bridge made 21 days after creation of a physal defect. There is no tendency for the physal cartilage to reconstitute the defect. At the lower right, note the intact epiphyseal plate (H-E. X40).

Fig. 3. The muscle graft replaced by fibrous connective tissue(60 days after muscle interposition). At the upper, a lamellar bone bridge united epiphyseal bone with metaphyseal bone (H-E. X100).

Fig. 4. The early histological findings made 14 days after physal transplantation. The physal graft appeared to be intact and viable (H-E. X40).

Fig. 5-A. The histological findings made 21 days after physeal transplantation. The grafted physis is noted with maintenance of physeal height. The graft is approximately two times as thick as the persisting physis. The periosteum was reformed(Toluidine blue. $\times 100$).

Fig. 5-B. High-power findings in Fig. 7-B. The good union of the graft at the graft-host junction. The transplanted physis is the at lower left. There is no bone bridge between the epiphyseal and metaphyseal bone(Toluidine blue. $\times 200$).

이식연골판과 기존골단판의 경계를 구별할 수 없을 정도로 정확한 위치에 주위조직과 결합되어 이식연골판의 각층이 그대로 건전함을 보였으나 연골내골화 형성 여부는 확실하지 않았다(Fig. 4). 술후 21일된 이식연골판은 골단판 기능을 나타내는 연골내골화 형성을 보였고 외측의 연골막도 정상소견으로 재생되었다. 또한 연골판의 두께와 연골세포의 지주상 배열이 유지되었고 연골판 내로 신생골의 형성이나 혈관의 출현은 없었다(Fig. 5A, B). 이와 같은 소견은 30일된 이식연골판에서도 계속 볼 수 있

Fig. 6. The histological findings made 30 days after physeal transplantation. There is a thin layer of bone at the graft-host junction, but growth arrest has not occurred(H-E. $\times 100$).

Fig. 7-A. The histological findings made 60 days after physeal transplantation. The transplanted physis was evident by maintenance of physeal height, and production of metaphyseal bone. The vascular invasion of the transplanted cartilage has not occurred(H-E. $\times 100$).

었는데 경우에 따라 이식술 당시에 이식연골판과 기존 골단판 사이에 틈이 생긴 부위는 부분적인 신생골 형성이나, 소량의 골교형성 및 혈관의 출현이 나타난 6예와 이식연골판과 세포배열의 혼돈과 퇴행성 변화가 있었던 2예가 있었으나 육안적으로 인지할 만큼의 골성장 장애는 일으키지 않았다(Fig. 6). 술후 60일된 이식연골판에서 연골판의 기능을 나타내는 골단판의 두께 유지 및 세포의 지주상 배열 연골내골화 형성이 활발하였다 (Fig. 7A, B). 술후 90일된 이식연골판은 두께가 감소하고 연골세포의 퇴행성 변화를 보였지만 원래의 기존 골단판 보다는 오히려 골성장 기능이 오래 지속되는 소견을 보였다(Fig. 8). 또한 A군과 C군에서 각각 2예의 ex-

Fig. 7-B. High-power histological findings in Fig. 7-A. The transplanted physis noted the good orientation of the proliferating and hypertrophic-cell layer(H-E. $\times 200$).

Fig. 8. The histological findings made 90 days after physal transplantation. The transplanted physis is still clearly seen in maintaining its height at the left, but the original femoral physis nearly closed(Toluidine blue. $\times 100$).

Table 2. Histological findings of rabbits examined at each days postoperatively(Group A and B)

Histological findings	Group	Days				
		14	21	30	60	90
Woven bone bridge	A	2	2	—	—	—
	B	—	—	—	—	—
Lamellar bone bridge	A	—	1	3	5	5
	B	—	—	—	5	5
Fibrous tissue bridge	A	1	—	—	—	—
	B	—	3	2	—	—
Organized hematoma	A	—	—	—	—	—
	B	3	—	—	—	—
Subperiosteal exostosis	A	—	—	—	1	1
	B	—	—	—	—	—
Inflammatory reaction	A	—	—	—	—	—
	B	—	—	1	1	1
Inadequate removed physis	A	—	—	—	1	—
	B	—	—	1	—	—

ostosis가 연골판 상부에서 발생하였는데 이것은 골단판 절제시 떨어져 남은 연골 세포에서 기인된 것으로 생각된다(Table 2, 3).

3. 골성장수복에 대한 평가

실험성적의 평가는 술후 90일이 경과된 가토를 대상으로 수술한 좌측 대퇴골을 수술하지 않은 정상 우측 대퇴골의 길이와 비교하여 대퇴골두 상단에서 대퇴외과골 하단까지의 길이 차이가 없는 경우는 우수(excellent), 대퇴골 길이가 1mm의 단축을 보인 경우는 양호(good), 2mm에서 3mm 미만의 단축을 보인 경우는 보통(fair), 그리고 3mm이상의 차이가

있고 육안적으로 뚜렷한 외반변형을 보인경우는 불량(poor)으로 평가하였다. A군과 B군에서는 시일이 경과함에 따라 술후 90일에 각각 $4.4(\pm 0.49)$, $4.0(\pm 0.89)$ mm의 골단축과 외반변형을 초래하여 A군과 B군간에 유의적인 차이를 얻을 수 없었으며($P>0.1$) A군과 B군의 실험가토 10예중 전례에서 골성장수복은 불량하였다.

한편 유리 연골판 이식술을 받은 38마리 가토중 90일 이후에 희생된 12마리에서 골단축소견이 없었던 우수한 경우 5예, 양호 3예, 보통 1예, 불량 3예였다. 따라서 유리자가 연골판 이식술은 우수와 양호한 예를 포함하여 67%에서 만족할만한 골

Table 3. Histological findings of rabbits examined at each days postoperatively (Group C)

Histological findings	Days				
	14	21	30	60	90
Excellent graft functioning	—	—	2	5	4
Fair graft functioning	3	4	2	2	2
Complete bone bridge	—	—	—	3	3
Partial bone bridge	—	—	2	3	3
Premature colsure of graft	—	—	—	1	1
Fragmentation of graft	—	1	2	2	2
Inadequate thickness of graft	—	1	1	1	1
Poor orientation of graft	—	—	1	2	1
Subperiosteal exostosis	—	—	1	1	—
Total loss of graft	1	—	—	2	3
Inadequate removed physis	—	—	1	2	—

성장수복을 나타내었다.

IV. 고 찰

성장의 잠재능력을 가진 골단판에 대한손상은 여러가지 기전에^{1,27,30)} 의하여 이루어지지만 그 중에서 골절은 큰 비중을 차지하고 있으며 실제 성장기 소아골절의 6%내지 15%는 골단판손상을 동반하며 이런 손상의 10%는 임상적으로 의미를 가지는 변형을 초래하게 된다^{14,24)}. 따라서 골단판의 손상 후 골성장의 단축과 굴곡변형의 성장장애소견이 올 수 있다. 골성장의 장애와 굴곡변형을 유발시키는 중요한 인자로는 골단동맥 손상시 이차적으로 골단판의 정지연골대의 무혈성괴사로 인한 연골세포의 성장장애 또는 비정상적으로 골단과 골간단 사이의 혈액순환의 교통으로 골교형성이 되면서 골단판의 부분적 조기 폐쇄를 들 수 있다^{3,28)}. 부분적으로 형성된 골교를 제거하고 정상적인 골성장 수복을 위한 노력으로 여러가지 방법이 시도되어 왔다. 형성된 골교라 할지라도 그 형성된 정도가 적으면 성장장애에는 영향을 미치지 않는 것으로 보고 되었으며^{6,14)}, 본 실험에서도 연골판 사이에 부분적인 골교가 형성되어 있는 경우가 있었으나 성장 장애에는 영향을 주지 않았다.

어떤 원인으로 골단동맥과 골간단 동맥사이에서 서로 교통이 이루어지면 골화세포에 의한 골교가 형성되며 이와같은 교통을 차단할 목적으로 여러가지 삽입물질이 사용되었다. 이렇게 다양한 물질들이 사용되었음에도 불구하고 그 어느것도 이상적인 골성장수복을 보인다고 할 수 없으며 골성장 수복을 위한 이상적인 삽입물질을 주장하는 보고자는 없었다. 본 실험에서도 근육편을 삽입한 가토와 절제된

골단판을 공백으로 둔 가토와 비교하여 볼 때 수술 후 일시적으로 골교형성을 감소시켰으나 골성장수복에는 유의적인 차이가 없었다. 그러므로 부분적으로 파괴된 골단판과 조직학적 및 기능적으로 동일한 연골판을 이식하여 정상적인 골성장을 시도하는 것이 이상적인 방법이라고 할 수 있다^{10,19,22)}.

연골판은 혈관이 없는 조직이며 확산과 흡수에 의존하여 생존하기 때문에 불필요한 조직의 부착은 이식연골판의 영양공급을 차단하게 된다^{8,11,13)}. 따라서 장골능 연골판의 경우에서 영양공급을 차단하는 상층의 연골막과 섬유연골을 제거하고 하층에 있는 성숙연골대에서 분리되도록 조작하여 정확한 위치와 방향으로 부분절제된 골단판위치에 삽입하면 이식된 연골판이 생존할 것으로 기대된다. Harris¹⁰⁾와 Ring²²⁾ 등이 가토의 척골과 요골 원위 골단판을 이용한 연골판이식술에 대한 보고에 의하면 이식연골판내에 성장세포를 포함시켜 채취하기 어렵고 확고하게 고정시키기 어려운 점과 조직액의 불충분한 확산등의 기술적인 단점을 열거하고 성공적인 이식연골판이 되기 위하여는 혈관에 의한 영양공급을 받지 않는 7일내지 10일간의 무혈관시기에 확산과 흡수에 의하여 생존할 수 있도록 조건이 갖추어져야 한다고 하였다¹⁰⁾. 이식된 연골판이 얇은 골조직이라도 부착되면 영양공급을 위한 확산장애로 인하여 연골세포는 죽고 이식된 연골판은 흡수되어 골조직으로 대체되고 혈관조직의 침입을 받게된다.

본 실험에서 술후 14일째 조직학적 소견상에 이식연골판의 생존가능성을 확인할 수 있었지만 우수한 기능을 나타내기 시작한 것은 술후 30일째 소견부터였으며 이식연골판속으로 혈관의 침입은 없었다. 또한 장골능 연골판의 상층에 부착된 연골막과 섬유연골을 제거함으로써 성장세포에 더욱 효과적

으로 영양이 확산되도록 하는 것이 중요한 이식조건중의 하나라고 할 수 있다¹⁹⁾. 정지연골대의 연골세포에 손상이 가지 않도록 하는 것이 또한 중요하다¹⁹⁾. 이상의 열거한 조건을 바탕으로 Olin¹⁹⁾은 연골판 이식술의 결과, 실험가토의 70%에서 양호한 결과를 얻었다. 저자의 실험에서도 유리연골판 이식술을 시행한 군에서 만족할만한 골성장수복을 얻은 경우가 67%였으며 단순절제술을 시행한 군과 근육편을 이식한 군에서는 시일이 경과하면 할수록 원적추시 결과 현저한 성장장애, 골교형성 및 외반변형을 초래하여 근육편삽입술은 골성장수복에는 효과적인 방법이 되지 못하였다. 또한 정상 골단판을 절제한 후 공백으로 남겨둔 군에서도 주위의 건전한 성장연골 세포로부터 재생되는 증거는 볼 수 없었다. 이와같은 증거는 성장세포의 손상시 미성숙 동물에서는 부분적으로 재생가능성이 있으나 성숙한 동물에서는 섬유화 육아조직 및 섬유연골과 같은 다른 조직으로 치환된다는 견해와 일치한다^{4,7,9)}.

최근 미세혈관수술법이 발달하면서 혈관 조직을 포함한 유리골²⁰⁾ 및 전관절이식술이²¹⁾ 주목을 받고 있으나 장시간의 수술이 필요할 뿐 아니라 고도의 수술기법을 극복하여야 되는 단점을 가지고 있어 임상에 적용하여 효과를 얻기에는 요원한 문제인데 비해 부분적으로 손상된 골단판에 대한 재건술로서 유리장골능 연골판이식술은 효과적으로 전망하고 있다¹⁹⁾. 본 실험에서 유리연골판 이식술이 모두 성공을 하지는 않았지만 일단 생존한 이식연골판은 기존의 대퇴골 골단판과 경계를 구별할 수 없을 정도로 우수한 결합을 보였으며 주변부를 싸고 있는 연골막도 원래의 모양으로 재생되어 groove of ranvier²²⁾ 부위에서 연골막과 연결되었고 연골판은 연골내 골화형성에 참여하였다. 또한 골성장 과정에서 골막의 역할도 중요하기 때문에^{5,12,23)} 본 저자도 창상봉합시 골막의 봉합에 유념하였다.

이상의 고찰을 통하여 볼 때 유리연골판 이식술은 골단판에 국소적인 골교를 형성하여 생기는 내반경골을 가진 환자의 치료방법으로 그리고 소아에서 골단판 골절 후 생기는 국소적 골교에 의한 골단축 및 골반변형을 방지하는 치료방법으로 임상에 적용할 만한 가치가 있는 실험적 연구로 사료된다.

V. 결 론

저자는 미성숙가토 76마리를 이용하여 대퇴골원위골단판의 외측에 일정한 크기(2×7×3mm)의 부분절제를 시행한 후 단순절제군, 근육편삽입군, 유리장골능 연골판이식군으로 나누어 술후 14일, 21

일, 30일, 60일 및 90일에 각각 육안적소견, 방사선소견 및 조직학적 변화를 비교하여 골교형성 방지 여부, 성장의 단축과 외반 변형의 발생여부와 이식된 골단판의 재생 및 골성장능력에 대하여 관찰하고 유리장골능 연골판이식술의 실제적 방법을 기술하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 삽입물질을 주입하지 않은 군에서는 술후 14일째부터 골교가 형성되면서 골성장정지소견 및 외반변형이 시일이 지날수록 더욱 증가하였다.

2. 골단판 손상부위에 근육편을 삽입한 군에서는 일시적으로 골교형성을 감소시켰으나 골성장수복에는 효과적인 방법이라고 할 수 없었다.

3. 조직소견상으로 이식된 유리연골판은 술후 정지연골대, 증식연골대, 성숙연골대의 배열이 건전하였으며 시일이 경과함에 따라 연골내골화형성이 이루어져 이식연골판 자체가 생존함을 보였다.

4. 장골능연골판 이식술을 시행한 군에서는 골교의 형성, 성장정지, 외반변형방지에 의의가 있었다(P<0.001).

이상의 결과를 종합하여 볼 때 유리연골판 이식술이 모두 성공적인 결과를 초래하지는 않았지만 적절한 기술을 사용한다면 더욱 양호한 효과가 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

- 1) Arkin, A.M. and Katz, J.F.: *The effects of pressure on epiphyseal growth. J. Bone and Joint Surg.*, 38-A: 1056-1076, 1956.
- 2) Bright, R.W.: *Operative correction of partial epiphyseal plate closure by osseous-bridge resection and silicone rubber implants. J. Bone and Joint Surg.*, 56-A: 655-664, 1974.
- 3) Campbell, C.J.; Grisolia, Anders and Zanconato, George: *The effects produced in the cartilaginous epiphyseal plate of immature dogs by experimental surgical traumata. J. Bone and Joint. Surg.*, 41-A: 1221-1242, 1959.
- 4) Calandruccio, R.A. and Glimmer, W.S.: *Proliferation, regeneration and repair of articular cartilage of immature animals. J. Bone and Joint Surg.*, 44-A: 431-440, 1962.
- 5) Crilly, R.G.: *Longitudinal overgrowth of chicken radius, Journal of Anatomy*, 112, 11-18, 1972.
- 6) Ford, L.T. and Key, J.A.: *A study of experimental trauma to the distal femoral epiphysis*

- in rabbits. *J. Bone and Joint Surg.*, 38-A: 84-92, 1956.
- 7) Ford, L.T. and Key, J.A.: *A study of experimental trauma to the distal femoral epiphysis in rabbits-II*. *J. Bone and Joint Surg.*, 40-A: 887-896, 1958.
 - 8) Freeman, B.S.: *Growth Studies of Transplanted Epiphysis*. *Plast. and Reconstr. Surg.*, 23: 584-598, 1959.
 - 9) Friedenberg, Z.B.: *Reaction of the epiphysis to partial surgical resection*. *J. Bone and Joint Surg.*, 39-A: 332-340, 1957.
 - 10) Harris, W.R.; Martin, Robert and Tile, Marvin: *Transplantation of epiphyseal plates. An experimental study*. *J. Bone and Joint Surg.*, 47-A: 897-914, 1965.
 - 11) Hoffman, Saul; Siffert, R.R. and Simon, B.E.: *Experimental and clinical experiences in epiphysis transplantation*. *Plast. and Reconstr. Surg.*, 50: 58-65, 1972.
 - 12) Houghton, G.R. and Rooker, G.D.: *The role of the periosteum in the growth of long bones. An experimental study in the rabbit*. *J. Bone and Joint Surg.*, 61-B: 218-220, 1979.
 - 13) Hurwitz, P.J.: *Experimental transplantation of small joints by microvascular anastomosis*. *Plast. and Reconstr. Surg.*, 64: 221-231, 1979.
 - 14) Johnson, J.T.H. and Southwick, W.D.: *Growth following transepiphyseal bone grafts. An experimental study to explain continued growth following certain fusion operations*. *J. Bone and Joint Surg.*, 42-A: 1318-1395, 1960.
 - 15) Kleiger, B. and Mankin, H.J.: *Fracture of the lateral portion of the distal tibial epiphysis*. *J. Bone and Joint Surg.*, 46-A: 25-32, 1964.
 - 16) Langenskiold, A.: *An operation of partial closure of an epiphyseal plate in children, and its experimental basis*. *J. Bone and Joint Surg.*, 57-B: 325-330, 1975.
 - 17) Langenskiold, Anders: *Surgical treatment of partial closure of the growth plate*. *J. Pediat. Orthop.*, 1: 3-11, 1981.
 - 18) Nordentoft, E.L.: *Experimental epiphyseal injuries*. *Acta. Orthop. Scand.*, 40: 176, 1969.
 - 19) Olin, Antonio; Creasman, Chales; and Shapiro, Frederic: *Free physeal transplantation in the rabbit*. *J. Bone and Joint Surg.*, 66-A: 7-20, 1984.
 - 20) Osterman, Kalevi: *Operative elimination of partial premature epiphyseal closure, An experimental study*. *Acta. Orthop. Scand., Supplementum* 147, 1972.
 - 21) Reynold, F.D. and Ford, L.T.: *Experimental use of gelfoam to fill defects in bone*. *J. Bone and Joint Surg.*, 35-A: 980-982, 1953.
 - 22) Ring, P.A.: *Transplantation of epiphyseal cartilage. An experimental study*. *J. Bone and Joint surg.*, 37-B(4): 642-657, 1955.
 - 23) Rogers, L.F.: *The radiography of epiphyseal injuries*. *Radiology*, 96: 289-299, 1970.
 - 24) Salter, R.B. and Harris, W.R.: *Injuries involving the epiphyseal plate*. *J. Bone and Joint surg.*, 45-A: 587-622, 1963.
 - 25) Serafin, J.: *Effect of longitudinal transection of the epiphysis and metaphysis on cartilaginous growth*. *Am. Dig. Orthop. Lit.*, 1: 17, 1970.
 - 26) Shapiro, Frederic; Holtrop, M.E. and Glimcher, M.J.: *Organization and cellular biology of the perichondrial ossification groove of Ranvier. A morphological study in rabbits*. *J. Bone and Joint Surg.*, 59-A: 703-723, 1977.
 - 27) Siffert, R.S.: *The effects of staples and longitudinal wires on epiphyseal growth*. *J. Bone and Joint Surg.*, 38-A: 1077-1088, 1956.
 - 28) Siffert, R.S.: *The growth plate and its affections*. *J. Bone and Joint Surg.*, 48-A: 546, April 1966.
 - 29) Taylor, G.I., Miller, G.D.J. and Ham, F.J.: *The free vascularized bone graft. A clinical extension of microvascular technique*. *Plast. and Reconstr. Surg.*, 55: 533-544, 1975.
 - 30) Trueta, Josephs and Trias, Antoni: *The vascular contribution to osteogenesis. IV. The effects of pressure upon the epiphyseal cartilage of rabbits*. *J. Bone and Joint Surg.*, 43-B (4): 800-813, 1961.
 - 31) Warrell, E. and Taylor, J.F.: *The effect of trauma on tibial growth*. *J. Bone and Joint Surg.*, 58-B: 375-381, 1976.
 - 32) Whitesides, E.S.: *Normal growth in a transplanted epiphysis*. *J. Bone and Joint Surg.*, 59-A: 546-547, 1977.
 - 33) Wilson, J.N.: *Epiphyseal transplantation. A clinical study*. *J. Bone and Joint Surg.*, 48-A:

245-256, 1966.

- 34) Zaleske, D.J.; Ehrlich, M.G.; Piliero, Christopher; May, J.W.J.R.; Mankin, H.J.: *Grow-*

th-plate behavior in whole joint replantation in the rabbit. J. Bone and Joint Surg., 64-A : 249-258, 1982.

