대한정형외과학회지 제19권 제6호
J. of Korean Orthop. Assoc.
Vol. 19, No. 6, December, 1984

골단판손상후 골성장수복을 위한 시도에 관한 실험적 연구

연세대학교 원주기독병원 정형외과학교실

안 재 인·윤 여 승

= **Abstract** =

Surgical Attempt for Elimination of Transepiphyseal Closure after Physeal Damage

Jae In Ahn, M.D. and Yeu Seung Yoon, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Won Ju Christian Hospital Yonsei University, Kang Won Do, Korea

Approximately 15% of all fractures in children involve the physis.

Although the majority heal without impairment of the growth mechanism, epiphyseal growth plate fracture-seperation can lead to shortening and angulation.

The physiologic events in epiphyseal growth fracture seperation that lead to growth disorders relate to 1) destruction of the epiphyseal circulation and 2) communication between the epiphyseal circulation with its osteoprogenitor cells, thus forming a bony bridge.

Although the classic procedure of osteotomy, epitphysiodesis, leg shortening and leg lengthening have not lost their importance in the treatment of the sequeales of partial closure of an epiphyseal plate, the possibility of regaining growth in the affected region should be considered before other measures are taken.

Simple excision of the bone bridge is ineffective, since the large cancellous surface thus produced will allow for rapid reformation of the bridge.

Thus, a material has to be interposed into the defect created by removal of such a bridge in order to prevent its reformation.

Langenskiold first demonstrated that a bone bridge could be effectively resected and its reformation preventedby utilizing fat as an interposition material.

Other investigators have used a variety of different interposition materials to prevent bone bridge recurrence following operative removal including cartilage, Silastic, Methymethacrylate, bone wax, muscle flap, Gelfoam as well as fat.

Thus it is the purpose of this study to analysis and comparing shortening and angulation by resection of a bone bridge and its replacement with different interposition materials.

For this study, a total of 32 rabbits with an initial weight of about 600 to 800 gm was used.

Control group comprised 4 rabbits and after appropriate preparation, the medial condyle of the proximal tibia was exposed surgically.

One plug of bone was removed at the level of the epiphyseal plate using a small curet to a depth of 5 mm. and in the other groups, we made a defect with the same curet and filled it with an interposition material directly.

The following experimental groups were created.

Group 1 (N = 4) Control group : no interposition material

Group 2 (N = 4) Gelfoam interposition material

Group 3 (N = 4) Bone was interposition material

Group 4 (N = 4) Muscle flap interposition material
Group 5 (N = 4) Fat interposition material
Group 6 (N = 4) Bone cement interposition material
Group 7 (N = 4) Silastic interposition material

Postoperatively the animals were sacrificed 15wks following operation.
As sacrifice, tibia including fibular is removed, examined grossly and radiographed.
Tibia length and angular deformity were determined by measurement of radiographs.
Specimens stained with H-E stain were observed during 15 wks after operation.
Through these examination, following results were obtained.

1. In control group, coronal histological sections of each curetted proximal tibial growth plate revealed osseous bridging as early as 3 wks, and this bridging was found consistently in all control groups for the duration of the study.
2. The groups using gel foam, muscle flap and bone wax as interposition material were found effective for the prevention of the formation of epiphyseometaphyseal bone bridge to some extent.
3. The groups using Silastic or bone cement diminished both the angular deformity and growth retradation to a highly significant degree. Although the use of fat did reduce somewhat the amount of shortening and angular deformity when used as an interposition material, it was not effective as Silastic or bone cement.
4. Coronal histological section of the traumatized, margin of the growth plate, with an interposition material revealed thin fibrous layer and lose columnar orientation, foam rounded clone-like structures and randomness to growth.
   The injured portion of the cartilage may originate from the regeneration of the adjacent part of the growth plate.

From these morphological and radiological results, it is suggested that Silastic or bone cement is better interposition material in the elimination of trahsphyseal closure after physeal damage.

Key Words : Elimination, Transepiphyseal closure, Physeal damage.

I. 서 론

골 성장은 골단판내의 연골세포의 간질성 성장과 골화의 진행과정인 골간단면의 연골 석회화의 두가지 다른 과정에 의하여 일정하게 유지되는바 골단 성장시 성장세포의 손상을 받게되면 성장 장애를 초래할 수 있다. 특히 골단판 손상후 발생할 수 있는 부분 골단판의 조기 폐쇄현상은 골단과 골간단 사이에 골교가 형성되면서 골 성장의 장애를 유발시켜 굴곡 변형및 성장의 부전현상을 초래할 수 있다[10, 14, 19, 25]. 한편 경미한 부분적 골교 형성은 골 성장의 지속과 더불어 장력으로 인한 골교 부위의 골절을 유발시켜 후유증없이 정신적 골 발육이 가능하다[18] 골단판 전체에 손상을 받으면 환측은 건측에 비해 골 성장의 단축, 굴곡 변형 및 인접관절에 기형을 야기할 수 있다.

골 성장의 장애 및 만곡 변형을 유발시키는 중요한 인자로는 골단동맥 손상시 이차적으로 골단판의 정지연골대의 무혈 괴사로 인한 연골 세포의 성장장애 또는 비정상적으로 골단과 골간단 사이의 혈액 순환 교통 및 골교 형성을 들수 있다[6, 10, 25, 30]. 골단판의 부분 폐쇄로 인한 골 성장 장애의 치료로는 고전적 치료법으로 절골술, 골단 유합술, 하지 단축술 및 하지 연장술 등의 방법이 시도되어 왔으나 손상받은 부위에서의 성장을 수복할 수 있는 수술적 치료방법이 가장 이상적인 치료가 될 것이다. 골단과 골간단 사이에 형성된 이 골교의 단순한 제거술 만으로는 광범위하게 주위에 산재한 망상골이 골교의 조속한 재형성을 촉진시킴으로 치료의 효과를 거둘 수 없다. 그리하여 이러한 골교를 제거한 후 생기는 결손 부위 안에 이물질을 삽입함으로 골교의 재형성을 방지하여 골 성장 수복이 가능하게 된다. Langenskiold가 최초로 골교를 제거한 후 삽입 물질로 지방을 사용하여 골교의 재형성 됨을 방지함으로 최근까지 비교적 원격 추시 관찰이 가능하였고 다른 학자들 역시 Gelfoam[10, 28], Bone wax[7], Bees wax[11, 31], 근육편[31], 골 시멘트[29], 연골[27] 및 Silastic rubber implant[3] 등을 사용하여 골 성장의 수복을 위하여 시도한 바 있다. 그러나 이들 삽입

물질이 완전히 신체에서 성공적으로 골 성장 수복을 유도할 수 있는지는 의문이다. 저자는 이상의 여러가지 문제점에 대하여 관심을 두고 실험적으로 토끼의 우측 슬관절 부위의 경골 근위부 골단판 내측 부위에 절개를 가하여 골단판을 노출시키고 골 소파술을 시행하여 골단판을 부분파괴 시킨 후 여러 삽입 물질을 각기 주입하여 나타나는 골 성장의 변화를 광범위하게 관찰하고 또한 어떠한 삽입 물질이 골 성장 수복에 더욱 효과가 있는지를 검토하여 몇가지 결과를 얻었기에 문헌 고찰과 아울러 보고하는 바이다.

Ⅱ. 실험재료 및 방법

1. 실험재료 및 실험군의 구분

실험 동물로는 한국산 성장기에 있는 토끼(체중 600~800gm, 생후 6주) 32마리의 우측 경골 근위부 골단판을 사용하였으며 실험기간중 동일한 사료로 온도 및 습도 등이 같은 사육실에서 양육하였다. 실험군의 구분은 골 소파술만 시행한 군을 대조군(N=4)으로 하고 Gelfoam, bone wax, 근육편(N=4), 지방(N=4), 골 시멘트(N=4) 및 Silastic 삽입군(N=4)을 각각 실험군으로 대별하여 구분 관찰하였다.

2. 실험 방법

실험동물은 ether로 마취하여 우측 슬관절 내측부의 경골 근위부에 3.0-5.0cm의 종 절개를 하여 골단판을 노출시킨 후 골단판에 Curet으로 약 3.0 mm 직경, 5.0mm 깊이로 소파술을 시행하였으며

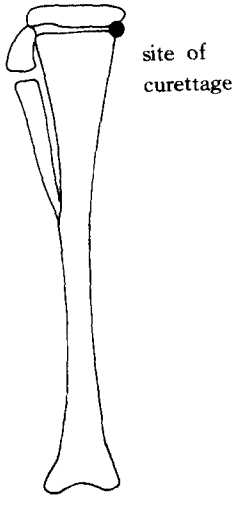

Fig. 1. Site of curettage. The medial aspect of physis of prox. tibia.

Table 1. Degree of varus deformity of tibia after operation

	Mean ± S.E.	P.vaule
Control	51.25° ± 2.39	
Gelfoam	37. 5° ± 3.26	0.01
Bone wax	38. 5° ± 3.78	0.025
Muscle flap	31. 5° ± 10.32	0.10
Fat	27. 0° ± 5.73	0.005
Bone cement	6.87° ± 6.06	0.0005
Silastic	10.25° ± 6.75	0.0005

Table 2. Shortening of tibia after operation

	Mean± S.E.)mm)	P. vaule
Control	14 ±0.577	
Gelfoam	9.3° ±0.88	0.01
Bone wax	10.67° ± 2.40	0.20
Muscle flap	10 ±2.08	0.10
Fat	6 ±2.52	0.025
Bone cement	2 ±0.577	0.0005
Silastic	5.75° ± 1.65	0.005

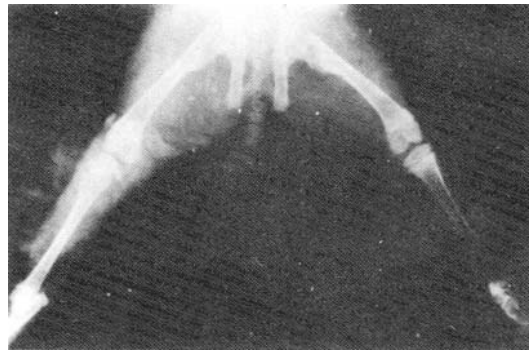

Fig. 2. Control group, 1 day after operation, showing the curetted site at medial aspect of physis of proximal tibia.

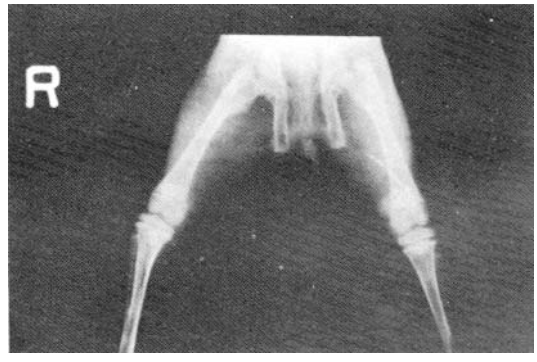

Fig. 3. Control group, 3 wks after operation, showing the bony bridge at curetted site.

대조군에서는 삽입 물질을 사용하지 않고 타군에서 각각 다른 삽입 물질을 사용하였다(Fig. 1). 수술후 토끼에 세파메친 근육주사를 3일간 계속 주사하였으며 관찰대상 모두 전실험 기간을 통하여 각각 3주, 6주, 9주, 12주 및 15주까지로 나누어 관찰하였으며 3주에 한번씩 X-선 촬영으로 변형을 관찰하였고 제15주 후에 희생시켜 경골 및 비골을 제거하여 경골의 길이 및 굴곡 변형을 X-선 상 나타난 소견에 의거하여 측정하고 골단판을 현미경적으로 재생 유무를 관찰하였다.

Ⅲ. 실험 성적

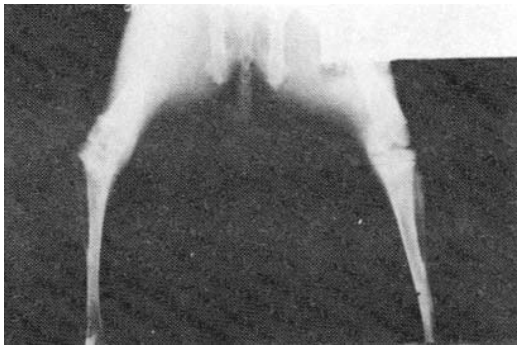

Fig. 4. Control group, 6 wks after operation, showing the some degree of varus deformity.

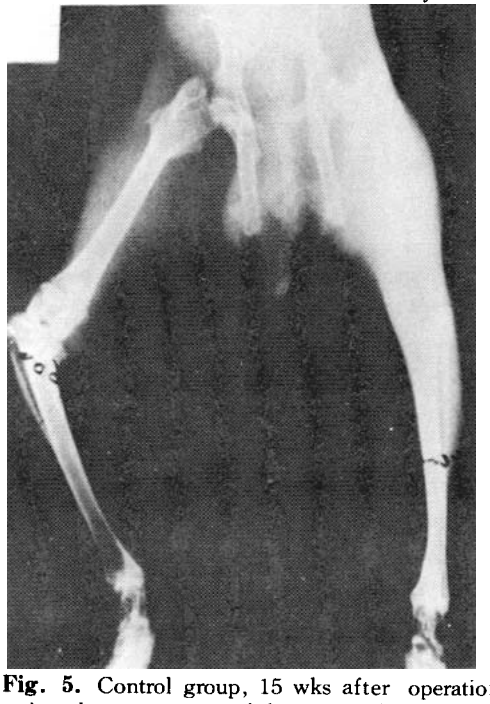

Fig. 5. Control group, 15 wks after operation, showing the severe varus deformity and bone shortening.

1. 육안적 소견(하지단축 및 만곡정도)

골 소파술 후 삽입 물질을 사용않고 공백으로 둔 제1군(대조군)에서는 술후 제3주부터 골교 형성

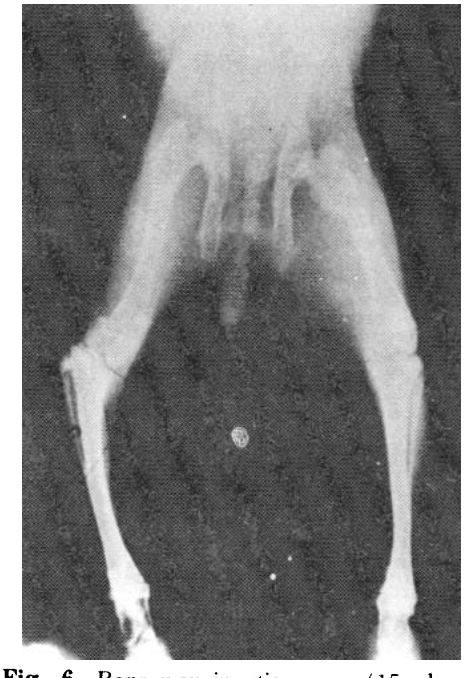

Fig. 6. Bone wax insertion group(15 wks after operation).

Fig. 7. Bone cement insertion group(15 wks after operation).

을 보이면서 골단판 조기부분 폐쇄 현상을 나타내었으며 15주째에는 51.25±2.39의 경골 내번 만곡 변화 및 14.0mm의 골단축 소견을 보였다. 제 2 군(Gelfoam 삽입군)에서는 37.5°±3.26, 9.3mm, 제 3 군(bone wax 삽입군)에서는 38.5°±3.78, 10.67 mm, 제 4 군(근육편 삽입군)에서 31.5°±10.32, 10.0mm의 내번 만곡 및 골 단축 소견을 각각 나타내어 대조군에 비하여 골 성장의 수복 효과를 경미하게 나타내었다. 제 5 군(지방 삽입군)에서는 27°±5.73 및 6.0mm로 Gelfoam, 근육편 또는 bone

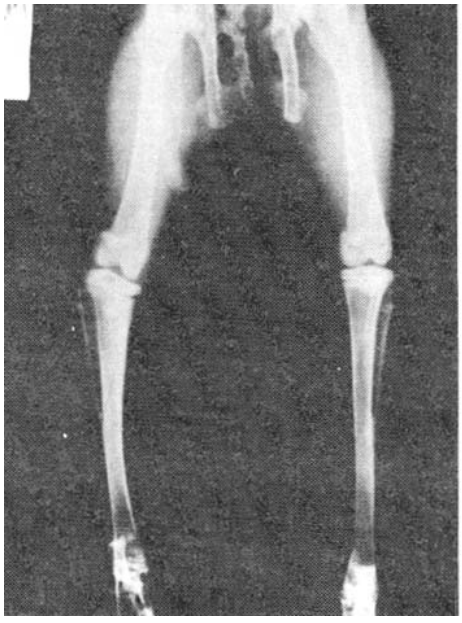

Fig. 8. Fat insertion group(15 wks after operation).

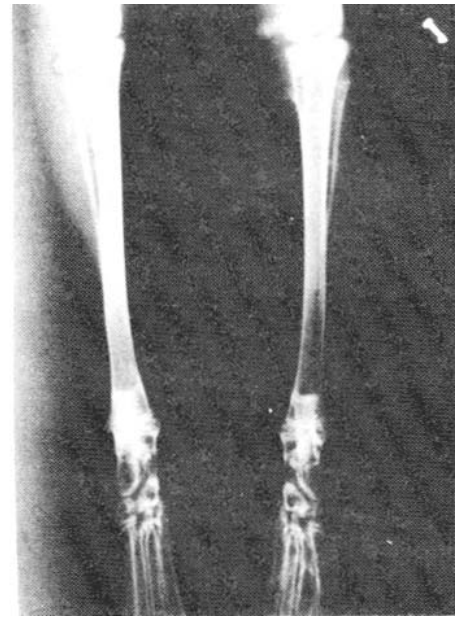

Fig. 10. Silastic insertion group(15 wks after operation).

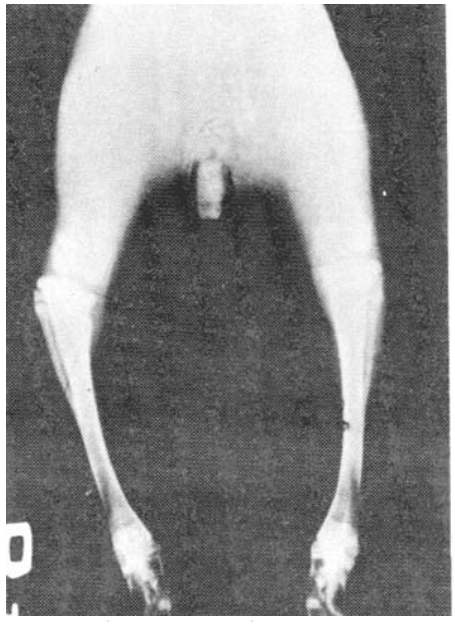

Fig. 9. Muscle flap insertion group(15 wks after operation).

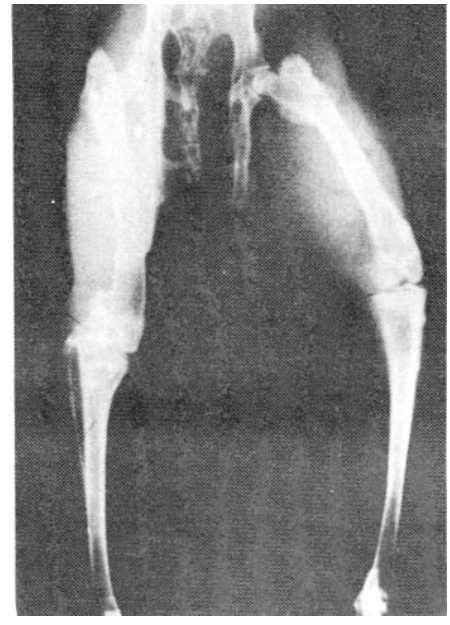

Fig. 11. Gelfoam insertion group(15 wks after operation).

Fig. 12. Photomicrography(40x) of longitudinal section cut through upper and of tibia of normal rabbit stained with H & E, showing the chondrocytes is stacked in columns whose longitudinal axes parallel that of the main bone.

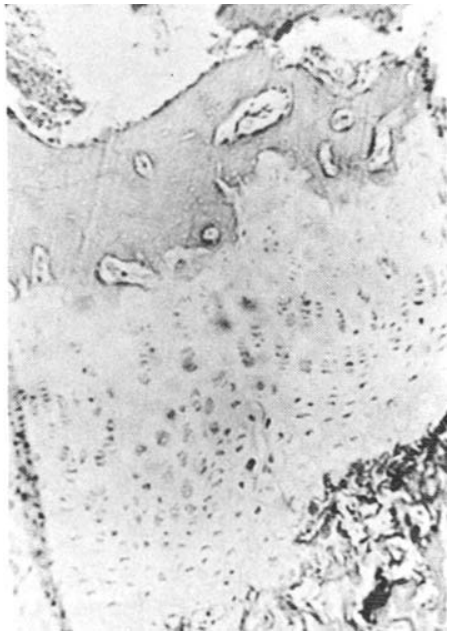

Fig. 13. Photomicrography(40x) of coronal histological section of the traumatized margin of the growth plate, with an interposition material revealed thin fibrous layer and lose columar orientation, foam rounded clone-like structures and randomnness to growth.

wax 삽입군에 비해 골 단축 및 만곡 변화에 더욱 예방 효과를 나타내었다. 한편 제 6 군(골 시멘트 삽입군)에서는 68.75°±6.06와 2.0mm 그리고 제 7 군(Silastic 삽입군)에서 10.25°±6.75, 5.75mm 로 지방 및 여타한 삽입물질을 사용한 군보다 더욱 양호한 골 성장 수복효과를 나타내었다(Table 1, Table 2), (Fig. 2-Fig. 11).

2. 조직학적 소견

제 1 군(대조군)에서는 술후 제 3 주부터 골교 형성과 아울러 골단판의 조기 부분 폐쇄 현상을 보이며 골단판의 재생 소견을 관찰할 수 없었다. 타군에서는 골단판 손상 부위에서 연골 세포의 불규칙한 성장과 거주상 배열이 소실되며 골교는 발견되지 않았다. 이들 비정상적인 연골 세포의 재생은 주위에 존재해 있는 건전한 연골 세포로 부터 비롯된 것으로 추측된다(Fig. 12, Fig. 13).

Ⅳ. 고 찰

소아에서 외상 후 모든 골절 환자의 약 15%에서 골단판 손상을 동반하며[1,2,9,12,26] 그 대부분은 골 성장기 전에 지장을 주지않고 치유될 수 있으나 골단판의 골절분리인 경우 골단판 손상으로 골의 단축 및 만곡변형 등의 성장 장애 소견을 나타낼 수 있다.

골단판은 조직학 소견상 정지 연골대, 증식연골대, 성숙연골대 및 석회화 연골대의 4 층으로 구분되어 왔으나 최근 다른 학자는 성장대, 연골 치환대 및 골화대의 3 층으로 나누어 구분하고 있다. 연골판인 이 골단판은 골단과 골간단 사이에 위치하며 연골세포의 간질성 성장과 골화의 진행과정인 골간단면의 연골 석회화의 두가지 다른 과정에 의해 장골의 성장을 일정하게 유지시킨다. 골단판의 영양은 골단동맥, 연골환 동맥 및 골간단 동맥에 의한다. 한편 정상의 골단판에서는 골단 동맥과 골간단 동맥사이에 접촉없이 분리하여 혈액 공급을 받게되며, 특히 성장 세포의 영향을 골단 동맥으로부터 받는데 골단 골절의 경우 혈관 손상이 동반되면 골단이 괴사되어 성장 장애를 초래하게 된다.

골단판 손상 후 성장 장애를 일으키는 생리학적 기전으로는 첫째, 골단동맥 손상으로 인한 부분 골단 괴사와 둘째, 골단과 골간단의 혈액 순환의 교통으로 인한 골교가 형성되면서 부분 골단판의 조기 폐쇄를 들수 있으며 이차적으로 골단축 및 만곡변형을 초래할 수 있다[10,6,14,25,30]. 한편 경미한 부분

적 골교 형성은 골성장시 장력으로 골교 부위가 골절되면서 후유증없이 정상적인 골 발육이 가능하나 골단판에 광범위한 손상을 받게되면 성장 장애를 초래한다. 부분 골단판의 골교 형성으로 인한 성장 장애와 더불어 만곡 변형의 수술적 치료에 대하여는 약 30년전 부터 실험적, 임상적 연구를 통하여 발전되어 왔다. 고전적인 치료법으로는 절골술, 골단유합술, 하지 단축술 및 하지 연장술 등의 방법들이 시도되어 왔으며 Heikel[13]은 골 성장 수복을 위한 실험적 골단 이식술을, Siffert 및 Katz[34]는 골단부위의 절골술로 굴곡변형 특히 관절면의 만곡도를 교정하려고 시도한 바 있다. 그러나 손상받은 골단판 부위에서 성장을 수복할 수 있는 치료방법이 가장 이상적인 치료 효과를 거둘 수 있을 것이다. 그리하여 부분적으로 파괴된 골단판에 골화과정을 지연시킬 수 있는 조직을 삽입시에 인접해 있는 건전한 연골 세포로 부터 횡으로 자라 들어오는 재생소견을 보여 골단판의 부분 폐쇄를 방지할 수 있다는 실험적 근거와[13,20], Lexer의 반흔 구축을 예방하기 위한 지방 이식 효과에 대한 연구에 기초를 두어 최초로 경골 근위부에 골단과 골간단 사이의 골교를 제거후 지방을 삽입하여 손상 부위의 골 성장 수복을 시도하였다[19]. 그 외에 여러 학자들이 골교를 제거 후 삽입 물질로 Gelfoam[10,28], Bone wax[7], Methylmethacrylate[29], Bees wax[11,31], 연골[27], 근육편[31] 및 Silastic[31]등을 이용하여 골 성장 수복을 위하여 시도한 바 있다.

그러나 이 삽입 물질들이 인체에서 성공적으로 골성장 수복을 유도할 수 있는지는 의문이다. Osterman[27]은 지방을 사용시 쉽게 얻을 수 있고 삽입하기 쉬운 장점이 있으나 부분적으로 괴사를 일으켜 괴사된 지방조직 안으로 빨리 성장하는 골세포에 의해 뼈가 치환될 수 있고 술후 혈종 형성으로 골교 형성을 재발할 수 있다고하여 신생 혈관의 재생을 방지하고 anticollagenase와 antitrypsine작용을 갖고 있는 인간 또는 소의 연골을 삽입하는 것이 더욱 효과가 있다고 주장하고 있다.

그러나 인체에서는 장골의 연골판에서 채취하여 골교의 제거 부위에 삽입할 크기를 알맞게 조작하기 어려운 단점이 있다. 본 실험에서도 여러가지 서로 다른 이 물질을 삽입하여 골단축 및 만곡 변형을 최소한 방지할 수 있었다.

연골세포 손상시 미성숙 동물에서는 부분적으로 보수 또는 재생의 가능성이 있으나 성숙한 동물에서는 섬유화 육아조직 및 섬유 연골과 같은 다른 조직으로 치환된다[5]. 특히 Langenskiold 등은 실험동물에서 손상된 골단판은 주위의 건전한 성장 연골세포로 부터 재생하여 횡으로 자라들어올 수 있다고 주장하고 있다[19]. 본 실험에서는 골 소파술 및 이물질 삽입 후 15주째에 도살 후 현미경 소견에서 삽입물질을 부착시킨 연골판 부위에 연골 성장세포의 지주상 배열이 소실되면서 성장상이 불규칙하여 거품모양의 둥근 분지계(clpne) 구조상을 보여, 불완전하나 손상받은 부위의 연골 세포들은 주위의 건전한 연골 세포로부터 기인된 것으로 추측된다.

Mayo clinic의 Klassen 및 Peterson[16]은 임상적으로 골단판 손상시 골교를 제거후 골 시멘트를 삽입물질로 사용함에 있어 적응증으로 앞으로 충분한 성장기간이 남아 있어야 하며 전체 골 성장판의 50%보다 더 적게 골교 형성이 되어 있어야 하면 만곡기형이 20°이상 존재시 절골술과 아울러 골교 제거술을 시행하여야 한다고 보고하였다.

Bright는 임상적으로 골교 제거후 Silastic을 사용시에 골단판 성장 부위를 정확히 알기 위해 Tomogram의 중요성을 강조하였으며 Klassen 및 Peterson과 같이 골교 형성이 50%보다 적게 침범되고 앞으로 골성장 기간이 2년이상 남아 있어야하며 손상받은 부위에 피부가 양호한 상태로써 만약 배농이 과거에 존재하였을 경우 최소한 치유된지 1년이 경과되어야 양호한 결과를 얻을 수 있다고 주장하였다.

Staheli[35]는 삽입 물질의 사용은 골교 형성의 재발을 방지할 뿐 아니라 경우에 따라서는 굴곡 변형을 역으로 만들어 거의 정상적 발육으로 수복할 수 있다고 하여 골단판과 삽입 물질 사이에는 완전히 접촉되어야 골교 형성을 방지할 수 있고 심지어는 골의 장축 성장을 자주할 수 있다고 보고하였다.

한편 골단판 손상후 굴곡 변형이 자연교정 되었다는 흥미로운 증례보고로는 Chadwick[3]이 경골 원위부 골단의 내전 손상후 발생한 족관절의 내반 변형이 수상 후 18개월에 교정되어 졌다고 하며 한편 Katz[15]는 대퇴 근위부의 경부 및 전자부에 심한 복잡골절을 받은 소아 환자에서 관혈 정복 및 내고정을 시행하였던바 수상 후 7개월에 대퇴골 근위부 골단판의 부분 성장 중지로 외반 변형을 보였으나 수상후 1년째부터 점차 굴곡 변형이 교정되면서 3년째에는 완전 정상각도로 회복됨을 보여 골단판 손상후 골 성장 수복술은 최소한 1년이상 관찰후에 시행해야 할 것을 주장하고 있다.

본 실험에서는 대조군에서 손상후 3주째부터 골교가 형성되면서 성장 장애로 시간이 경과됨에 따라 굴곡 변형 및 하지 단축 소견을 보였다.

아울러 저자는 손상받은 골단판 부위에 삽입물질을 주입시에 주위에 건전한 연골세포로 부터 횡으

로 자라 들어오는 재생 소견과 삽입물질을 골간단 부위로 점차 이행소견을 보여 성장이 수복되는 소견을 관찰할 수 있었다.

본 실험을 통하여 골단판 손상후 사용되는 여러가지 삽입 물질중 Silastic과 골 시멘트가 골교의 재형성을 방지하고 정상적 골성장을 수복시키는 가장 좋은 물질이라고 추정되며 특히 저자는 골성장의 장애를 일으킬 가능성이 높은 복잡 골절시는 손상받은 골단판 부위를 Gelfoam으로 도포한 후 삽입물질을 삽입한 경우 골성장 수복 효과에 더욱 좋은 방법이 될 것으로 사료된다.

V. 결 론

32마리의 성장기에 있는 토끼의 우측 슬관절 내측부의 경골 근위부에 골절관을 노출시켜 골 소파술을 시행후 여러가지 삽입 물질을 사용하여 나타나는 골 변화를 조사하여 다음과 같은 성적을 얻었다.

1) 삽입 물질을 주입하지 않은 토끼 대조군에서는 술후 3주째 부터 골교가 형성되면서 시간이 경과됨에 따라 굴곡 변형 및 하지 단축 소견을 보였다.

2) Gelfoam, bone wax 그리고 근육편을 사용한 군에서는 경미하나 굴곡 변형 및 하지 단축을 어느 정도 방지하였다.

3) 지방 삽입군에서도 골 성장 수복을 가능케 하였으나 특히 골 시멘트와 Silastic을 각각 사용한 군에서 굴곡 변형 및 하지 단축을 많이 방지하여 타 군들 보다 월등히 양호한 효과를 나타내었다.

4) 삽입 물질을 사용한 후 손상받은 골단판의 현미경적 관찰상에서 주위의 건전한 연골 세포로 부터 자라 들어 오는 재생 소견을 보이나 형태학적으로 불규칙한 연골 세포의 성장과 지주상 배열이 소실되는 세포 군상들을 관찰할 수 있었다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 골단판 손상후 골교 형성으로 인한 골단축 및 굴곡 변형을 방지하고 골 성장 수복을 위하여 삽입 물질로 Silastic 및 골 시멘트가 추천된다. 아울러 소아의 골단판 손상 의심이 높은 복잡 골절시 관혈 정복과 아울러 Gelfoam으로 도포후 삽입 물질로 Silastic 및 골 시멘트를 사용하여 초래될 수 있는 이차적 골 단축 및 굴곡 장취를 미연에 방지해 볼 가치가 있다고 추측된다.

REFERENCES

1) Aitken, A.P. : *Fractures of the epiphyses. Clin. Orthop., 4:19, 1965.*

2) Bouyala, J.M., Rigault, P.: *Les traumatismes du cartilage de conjugaison. Rev. Chir. Orthop., 65:259, 1979.*

3) Bright, R.W. : *Operative correction of partial closure by osseus bridge and silicone rubber implant. J. Bone and Joint Surg., 56-A: 655, 1974.*

4) Bright, R.W. : *Partial growth arrest. Orthop. Transact., 6:65, 1982.*

5) Calandrucio, R.A. and Glimer, W.S. : *Proliferation, regeneration and refair of articularcartilage of immature animals. J. Bone and Joint Surg., 44-A:431, 1962.*

6) Campbell, C.J. : *The effects produced in the cartilagenous of immature epiphyseal plate of immature dogs by experimental surgical trauma. J. Bone and Joint Surg., 41-A:1221, 1959.*

7) Campbell, C.J. :*The healing of cartilage defects. Clin. Orthop., 64:45, 1969.*

8) Chadwick, C.J. :*Spontaneous resolution of varus deformity at the ankle following adduction injury of the distal epiphysis. J. Bone and Joint Surg., 64-A:774, 1982.*

9) Compere, E.L. : *Growth arrest in long bones as result of fractures that include the epiphysis. J.A.M.A., 105:2140, 1935.*

10) 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, 1956.*

11) Fridenberg, Z.B. : *Reaction of the apoqhysis to partial surgical resection. J. Bone and Joint Surg., 39-A:332, 1957.*

12) Harris, W.R, : *Epiphyseal injuries. AAOS Instr Course Lectures., 15:206, 1958.*

13) Heikel, H.V.A. : *Experimental epiphyseal transplantation. Acta. Orthop. Scand., 30:1, 1960.*

14) Key, J.A. and Ford, L.T. : *Study of experimental trauma to the distal femoral epiphysis in rabbits. J. Bone and Joint Surg., 40-A: 887, 1958.*

15) Katz, J.F. : *Spontaneous correction of angulationat deformity of the proximal femoral epiphysis after cervical and trochanteric fracture. J. Pediatr. Orthop., 3:213, 1983.*

16) Klassen, R.A. and Peterson, H.A.: *Resection*

of traumatic partial epiphyseal closure. J. Bone and Joint Surg., 58-B:140, 1976.

17) Klassen, R.A. and Peterson, H.A.: *Excision of physeal bars. Orthop. transact., 6:65, 1982.*

18) Johnson, J.T.H. and Southwick, W.O.: *Growth following transepiphyseal bone grafts. J. Bone and Joint Surg., 42-A:1381, 1960.*

19) Langenskiold, A. and Edgren, W.: *An operation for partial closure of an epiphyseal plate in children and its experimental basis. J. Bone and Joint Surg., 57-B:325, 1975.*

20) Langenskiold, A.: *The possibilities of eliminating premature partial closure of an epiphyseal plate caused by trauma or disease. Acta. Orthop. Scand., 38:267, 1967.*

21) Langenskiold, A., and Osterman, K.: *Surgical treatment of partial closure of the epiphyseal plate. Reconstr. Surg. Traumatol., 27:48, 1979.*

22) Langenskiold, A. lnd Kiviluoto, O.: *Prevention of epidural scar formation after operations on the lumbar spine by means of free fat transplants. Clin. Orthop., 115:92, 1976.*

23) Langenskiold, A.: *Surgical treatment of partial closure of the growth plate. J. Pediatr. Orthop., 1:3, 1981.*

24) Lennox, D.W., Goldner, R.D. and Sussman, M.D.: *Cartilage as an interposition material to prevent transphyseal bone bridge formation. J. Pediatr. Orthop., 3:207, 1983.*

25) Nordentoft, E.L.: *Experimental epiphyseal injuries. Acta. Orthop. Scand., 40:176, 1969.*

26) Ogden, J.A.: *Injury to the skeletal mechanism. Skeletal Radiol., 6:237, 1981.*

27) Osterman, K.: *Operative elimination of partial premature epiphyseal closure. Acta. Orthop. Scand., 147:79, 1972.*

28) Reynolds, F.C. and Ford, Lt.: *An experimental study of the use of gelfoam to fill defects in bone. J. Bone and Joint Surg., 35-A:980, 1953.*

29) Ring, P.A.: *Excision and reimplantation of the epiphyseal cartilage of the rabbit. J. Anat., 89: 231, 1955.*

30) Shapiro, F.: *Epiphyseal growth plate fracture-seperations. Orthopaedics., 5-720, 1982.*

31) Serafin, J.: *Effect of longitudinaltransection of the epiphysis and metaphysis on cartilagenous growth. Am. Dig. Orthop. Lit., 1:17, 1970.*

32) Siffert, R.S.: *The growth plate and its affection. J. Bone and Joint Surg., 48-A:546, 1966.*

33) Siffert, R.S.: *The effect of trauma to the epiphyseal growth plate. Skeletal Radiol., 2: 21, 1977.*

34) Siffert, R.S. and Katz, J.F.: *Experimental intraepiphyseal osteotomy. Clin. Orthop., 82:234, 1972.*

35) Staheli, L.T. and Kvidera, D.J. *Epiphyseal bridge resection. Orthop. Transact., 5:91, 1981.*