

경피적 골성장판 유합술

한양대학교 의과대학 정형외과학교실

황건성 · 박희철 · 하태성 · 김성준

— Abstract —

Percutaneous Epiphysiodesis

Kuhn-Sung Whang, M.D., Hee-Cheul Park, M.D.,
Tae-Sung Ha, M.D. and Sung-Joon Kim, M.D.

*Department of Orthopaedic Surgery, Hanyang University,
School of Medicine, Seoul, Korea*

Leg length discrepancy in the growing children was developed by multiple causes ; such as congenital, infection, traumatic, and mechanical factors etc. The discrepancy have been treated by several methods including bony lengthening which is preferable method, but epiphysiodesis also has been one of the valuable methods in which was applied to the treatment of mild to moderate leg length discrepancy in the growing children. We report on patients(15 cases) with leg length discrepancy treated by percutaneous epiphysiodesis since July 1986. There were 8 males and 7 females and the average age of them was 12.6 years old. And we also performed an experimental study which was to find out the effectiveness of the percutaneous physal destruction comparing the techniques between curette and drill in the bony models.

The causes of leg length discrepancy were trauma in 8 cases and osteomyelitis in 2 cases, congenital dislocation of the hip in 2 cases, poliomyelitis, Legg-Calve-Perthes disease, congenital hemihypertrophy in each 1 case. The average preoperative leg length discrepancy was 2.6cm(range:1.9-3.7cm), and average anticipated discrepancy without operation have been 3.7cm(range:2.2-6.3cm) at maturity. The final discrepancy was 0.9cm after 43 months follow-up. According to the result by experimental study, percutaneous epiphysiodesis with curette technique would be more effective and safe than drill technique.

Percutaneous epiphysiodesis might be one of the useful methods for the treatment of mild to moderate degree of leg length discrepancy in the growing children, and also could be applied combining with bony lengthening for treatment of severe degree of leg length discrepancy.

Key Words : Leg length discrepancy, Percutaneous epiphysiodesis

※ 통신저자 : 황 건 성

서울특별시 성동구 행당동 산 17번지
한양대학병원 정형외과학교실

서 론

성장기 소아의 하지부등은 선천성 기형, 감염, 외상등의 다양한 원인에 의해 발생된다. 치료에는 구두창 높임, 골단축술, 골연장술등이 있으며, 최근 단축하지에 대한 골연장술로 길이의 복원하는 것이 이상적인 치료법으로 적용되고 있다. 그러나 많은 합병증의 동반이 있어 단축정도가 적은 경우에는 골성장판 유합술도 유용한 치료법으로 적용되었고, 최근에는 영상장치의 발달로 경피적 골성장판 유합술이 시행되고 있다.

이에 본 교실에서는 경피적 골성장판 유합술에 대해 실험적으로 골모형을 통한 비교연구를 하였고, 성장판의 유합이 이루어 지지 않은 성장기 하지부등 환자 15명(15례)에 대한 치험례를 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

연구 대상 및 방법

1. 실험적 연구

대퇴골과 경골의 인조 골모형을 이용하여 골성장판 부위의 내외측에 직경이 각각 5mm, 7mm, 1cm인 천공구(perforating hole)를 만들어 이를 통하여 큐렛과 드릴을 사용하여 골성장판 부위를 파괴 한뒤 골성장판의 파괴양상과 전체 면적에 대해 파괴한 단면적의 비율을 산출하여 비교하였다.

2. 임상적 연구

1) 연구대상

1986년 7월 부터 1993년 8월 까지 경피적 골성장판 유합술을 시행한 15명(15례)을 대상으로 하였다. 남자가 8명, 여자가 7명이었으며, 수술당시 나이는 5년 9개월에서 15년 5개월로 평균 연령은 12.6년이 었다.

하지부등의 원인은 외상에 의한것이 8례(53%)로 가장 많았으며, 대퇴원위부 골절과 동반된 성장판 손상 3례, 대퇴근위부 골절 2례, 하지의 좌절창 1례, 경골원위부 골절 1례 그리고 족관절 골절 및 탈구와 동반된 성장판 손상이 1례 이었다. 다른 원인으로 골수염과 선천성 고관절 탈구에 의한것이 각각 2례이었으며, 선천성 편측비대증, 소아마비 그리

고 Legg-Calve-Perthes병에 의한것이 각각 1례 이었다(Table 1, 3).

2) 연구방법

수술전 3개월이상의 간격을 두고 3회이상 하지길이 방사선 검사(scanogram)를 시행하여 각각의 하지부등치를 측정하고, 동시에 좌측 수부 방사선 검사를 연령비교도(Greulich Pyle Atlas⁹⁾)와 대조하여 골연령을 측정하였으며, 이 측정치를 Moseley graph¹²⁾에 대입하여 성장완료시 예상 되는 하지 부등치를 판정하고, 또한 골성장판 유합술의 적절한 부위와 시기를 결정하였다.

골성장판 유합술이 시행된 부위는 대퇴골 원위성장판과 경골 및 비골 근위성장판이 8례, 대퇴골 원위성장판 6례 그리고 대퇴골 대전자부가 1례이었다(Table 2).

수술후 6주부터 수술부위의 완전유합이 확인 될때 까지 약 1개월간격으로 방사선 검사를 시행하여 유합의 여부 및 시기를 관찰하였으며, 술후 성장이 완료되는 시기까지 6개월 내지 1년간격으로 하지길이 방사선 검사를 시행하여 하지부등의 교정정도를 측정하였다. 또한 술후 환자의 자각증상, 보행상태 및 운동범위의 제한여부등을 관찰하였다.

3) 수술방법

수술방법으로는 영상증폭장치의 조절하에 일차적

Table 1. Etiology of leg length discrepancy

Cases	No. of cases
Trauma	8
Osteomyelitis	2
CDH	2
Poliomyelitis	1
LCP disease	1
Congenital hemihypertrophy	1
Total	15

Table 2. Site of epiphysiodesis in 15 patients

Sites	No. of cases
Distal femur & proximal tibia/fibula	8
Distal femur	6
Greater trochanter	1

Table 3. Clinical data for Patients who have undergone percutaneous epiphysiodesis

Case	Sex/Age (Yr+Mo)	Bone age (Yr+Mo)	Diagnosis	Sites	Leg length discrepancy(cm)				F/U (Yr+Mo)
					At Op.	Last F/U	without Op.	with Op.(cm)	
1	F/11+9	12	LCP disease, Lt.	DF, PT & FI*	2.2	0.2	2.9	0.3	6+1
2	M/15+5	15	Poliomyelitis	DF, PT & FI	2.0	1.1	2.5	1.5	1+11
3	M/14+4	13+6	Fx. comm. distal femur, Rt.	DF, PT & FI	1.9	0.7	3.0	-1.2 ^o	4+10
4	F/14+2	13+4	Fx. prox. 1/3, femur, Lt	DF, PT & FI	1.9	-0.4 ^o	2.3	1.0	4+9
5	M/13+11	14	Fx. ankle, Rt.	DF, PT & FI	1.9	1.6	3.0	1.0	6+1
6	F/12+5	12	Fx. prox. tibia, Rt.	DF, PT & FI	2.5	0.8	3.5	-0.5 ^o	4+0
7	M/14+6	14	Osteomyelitis, distal tibia, Rt.	DF**	2.4	1.7	3.4	1.0	4+0
8	F/11+8	12	Fx. distal femur, Rt.	DF	2.0	0.7	2.2	0.2	2+7
9	F/11+6	11	CDH, Lt.	DF	3.5	0.8	4.2	0.7	2+7
10	M/13+9	14	Fx. distal femur, Lt.	DF, PT & FI	1.9	0.9	4.0	0.3	4+5
11	M/5+9	6	Osteomyelitis, Prox, femur, Rt.	Greater trochanter	2.0	1.2	—	—	6+4
12	M/13+1	13	Fx. prox. 1/3, femur, Lt.	DF	3.7	0.8	5.5	1.0	1+6
13	F/11+10	12	Crushing injury, thigh & leg, Lt.	DF	3.0	2.0	6.3	3.5	1+9
14	F/12+6	12	CDH, Rt.	DF	2.2	0.7	3.5	1.5	1+5
15	M/13	12+6	Congenital hemihypertrophy, Lt	DF, PT & FI	3.2	0.3	6.0	1.8	1+0

* PT & FI : Proximal tibia & proximal fibula

** DF : Distal femur

@ : Over correction

: Skeletally mature group at last f/U : Case 1-10

으로 전후면 사진상 정확한 골성장판의 위치를 설정하고 시상면(sagittal plane)에서 골성장판의 정중부를 설정하여 삽입부를 결정하였다.

삽입부에 5mm의 피부를 중절개한후 연부조직과 골막까지 박리한후 3mm의 직선 큐렛으로 영상조절하에 골성장판의 측면에 천공구(perforating hole)를 만들었다(Fig. 1). 이 천공구를 통하여 직선과 곡선큐렛을 이용하여 골성장판의 내외측에서 각각 측방 1/3씩 파괴하여 전체 골성장판 단면적의 1/3(66%) 정도를 파괴하였다(Fig. 2). 대퇴골 원위 성장판은 파상형이므로 이를 고려하여 시술에 가장 유효한 지점을 삽입부로 결정하였으며, 경골 및 비골 근위성장판은 골성장판 부위가 평면이므로 골성장판 측면에 기구를 삽입하여 경피적 골성장판 유합술을 시행하였다. 특히 비골 근위성장판 부위는 비골신경의 손상의 위험이 있어 2cm의 피부절개를 시행하여 비골두를 확인하고 전면에서 천공하여 골성장판 유합술을 시행하고 이 절개부위를 통하여 경골 근위성장판의 외측부에 골성장판 유합술을 시행하였다. 수술후 탄력 붕대로 수술부위에 압박 고정하였으며, 술후 4일만에 능동적 관절운동을 시행하였으며 술후 평균 4주에 부분적 체중부하를 시행하였다.

결 과

1. 실험결과

골 모형에 의한 실험결과 천공의 직경이 5mm인 경우 큐렛술식은 대퇴골 원위성장판과 경골 근위성장판 부위에서 80%이상 파괴하였으나, 드릴술식은 약 60%이었고, 천공의 직경이 7mm 이상일때 큐렛술식은 대부분의 골성장판을 파괴하였으나, 드릴술식은 1cm일때도 약 90%만을 파괴하였으며, 삽입부의 인접되는 측방부위에서 골성장판의 파괴에 어려움이 있었다(Table 4, Fig. 3).

2. 임상결과

수술전 하지부등이 평균 2.6cm(범위:1.9-3.7cm)이었으며, 성장완료시 예상되는 하지부등은 평균 3.7cm(범위:2.2-6.3cm)이었다. 추시기간은 최단 12개월에서 최장 76개월사이로 평균 43개월이었으며, 최종추시에서 하지부등은 평균 0.9cm으로 교정되었다. 또한 성장이 완료된 10례(case 1-10)에서 Moseley graph¹²⁾를 이용하여 산정한 골성장판 유합술 시행후에 예상되는 하지부등(최종부등치)은 평균 0.9cm(범위:0.2-1.2cm)로 Moseley graph에 의한 예상치와 유사하였으며, 예상치와 실제교정정

Fig. 1. Under image intensifier guide, the perforating hole was made in medial and lateral aspect of physal growth plate.

도의 비교에서 예상부등치와 실제부등치가 작은 과소예측이 3례(case 1, 2, 4), 과다예측이 7례로 예상부등치와 최종부등치사이에는 평균 0.6cm(범위:0.1-0.7cm)의 차이가 있었다. 또한, 9례는 과소교정이었으나, 1례(Case 4)에서는 단측보다 0.4cm 짧아진 과다교정을 나타내었다. 그러나 모든 례에서 임상적 혹은 기능적으로 특별한 문제는 없었다

(Table 3).

추시 방사선 소견상 수술후 성장판의 골유합은 3개월에서 6개월사이로 평균 4개월에 이루어졌으며, 이학적 검사상 수술후 일시적인 관절운동장애는 있었으나 점진적으로 호전되었으며, 2례에서 비후성 반흔 체질로 인한 수술부위의 반흔이 나타난 것 이외에 신경장애나 감염, 골절 혹은 각 형성 변형과 같은 특별한 합병증은 없었다.

Table 4. Results of experimental study

Hole diameter(mm)	% of destruction area			
	distal curette	femur drill	Proximal curette	tibia drill
5	82	59	85	63
7	97	71	98	73
10	98	88	99	90

Fig. 2. It shows performing of curettage for of epiphyseal diaphysis under the image intensifier.

Fig. 3. The effectiveness of the physeal destruction of percutaneous epiphyseal diaphysis comparing between curette and drill technique in bony models ; The dark area of bony models was presented the cross sectional view of physeal destruction area after performing by curette or drill technique.

증례

증례 1.

11년 9개월된 여아로 9세때 좌측 Legg-Calve-Perthes disease로 치유기에 내원하여 피부견인 및 외전 보조구 착용등의 보존적 치료를 시행받았던 환아로, 2년 6개월후 좌측 대퇴골 근위성장판의 조기 유합으로 인한 하지부등에 대해 우측 대퇴골 원위성장판과 경골 및 비골 근위성장판에 경피적 골성장판 유합술을 시행 하였다. 수술시 골연령은 12년이었으며, 하지길이 방사선 검사상 좌측하지에 2.2cm의

단축이 있었고, 성장완료시의 예상 하지부등치는 2.9cm이었다. 술후 6년 1개월후 최종 추시 방사선 소견상 성장완료된 상태로 하지부등은 0.2cm이었으며, 정상적인 보행을 보이고 있다(Fig. 4-A,B,C).

증례 2

13년 9개월된 남아로 5세경 교통사고로 발생한 좌측 대퇴원위부 골절과 동반한 Salter-Harris II형의 성장판 손상으로 타의원에서 보존적 치료를 받은 후 발생한 하지부등을 주소로 내원하였다. 내원당시 방사선 소견상 좌측 대퇴골 원위성장판의 조기유합과 6.2cm의 단축이 보였으며, 성장완료시 예상 하

Fig. 4. A 11 year 9 month old girl with leg length discrepancy due to sequalae of Legg-Calve-Perthes disease of left hip.

- A. Initial radiograph demonstrating the healed stage Legg-Calve-Perthes disease of left hip.
- B. Preoperative scanogram showing the 2.2cm leg length discrepancy, and anticipated discrepancy was 2.9cm.
- C. Last follow up scanogram showing corrected the leg length discrepancy.

지부등치는 14.2cm이었다(Fig. 5-A, B). 치료는 일차적으로 환측대퇴부에 일측성 연장기(Orthofix[®])를 이용하여 3년간격으로 두차례의 골연장술을 시행하여 약 13.1cm의 골연장을 얻었다(Fig. 5-C). 최종연장후 3년 3개월 추시소견상 환측에 1.9cm의 단축이 있었고 더이상의 골연장술을 원하지 않아 건측의 대퇴골 원위성장판과 경골 및 비골 근위성장판에 경피적 골성장판 유합술을 시행하였다(Fig. 5-D). 수술시 골연령은 14년이었으며, 성장완료시의 예상 하지부등치는 4cm이었다. 추시 방

사 소견상 성장완료된 상태로 하지부등은 0.9cm이었으며(Fig. 5-E), "정상적인 보행을 보이고 있으며, 관절운동도 정상범위를 보였다.

고 찰

성장기 아동의 하지부등은 외상, 선천성 기형, 감염, 마비성 질환 등으로 발생하며 성장에 따라 부등의 정도가 변화하므로 정기적인 하지길이의 추시 관찰과 동시에 적절한 치료가 적용되어야 한다.

Fig. 5. A 13 year and 9 month old boy with leg length discrepancy due to sequele of Fx. distal femur, Lt. with epiphyseal injury (Salter-Harris type II).

A. Intial radiogram demonstrating early epiphyseal closure of left distal femoral epiphysis.

B. Initial scanogram showing the 6.2cm leg length discrepancy, and the anticipated length of shortening

was 14.2cm at that time.

C. Radioram showing two stage lengthening with Orthofix[®].

D. After lengthening, the scanogram showing 1.9cm leg length discrepancy, and anticipated discrepancy was 4cm at that time.

E. Last follow up scanoram showing mild leg length discrepancy, but no clinical problem.

하지부등의 치료로는 근래 외고정기기의 발달과 술식의 개선으로 이를 이용한 단축하지의 연장을 시행하여 길이의 복원을 하는 골연장술이 가장 이상적인 방법으로 보편화되어 시행되고 있으나 부등의 정도에 따라서 건측의 골단축술도 우수한 치료법으로 시행되어오고 있다.

이같은 골단축술에서 골성장판의 유합술은 1933년 Phemister¹⁴⁾가 골성장판의 양측방에서 bone block을 만들어 180도 회전시켜 골성장을 억제하는 유합술을 처음으로 시도하였으며, Blount³⁾는 Staple에 의한 성장억제술을 소개하며 길이교정을 이룬후에 staple을 제거하므로 성장을 재개한다고 장점을 소개하였으나 각 형성등 많은 합병증의 발생과 큰 수술부위 반흔형성으로 근래에는 사용되지 않고 있다⁴⁾.

1983년 Bowen⁴⁾은 영상증폭장치하에 큐렛을 이용하여 경피적 골성장판 유합술을 보고하였고, 비교적 손쉽게 시행할 수 있으며 입원기간이 짧고 유병율이 낮은 장점을 주장하였으며, Canale⁶⁾과 Ogilvie¹³⁾는 drill과 burr를 이용한 경피적 유합술을 소개하였다.

골성장판의 유합기전에 대하여, Bowen⁴⁾은 큐렛을 이용하여 골성장판의 내측과 외측 1/3 부위를 각기 파괴하여 골성장의 중단을 유도하는 변연부 골가교(Peripheral bony bridge)형성의 개념을 주장하였다. 한편, Canale⁶⁾과 골성장판의 중심부를 파괴하여 중심부 골가교(central bony bridge)를 형성함으로써 골성장판 유합을 이루는 기전⁷⁾으로 골성장판 중심부를 파괴하여 충분한 골성장판 유합을 얻었고, 각형성등 특이한 합병증은 없었다고 하였다. 그러나, Bowen 등¹⁸⁾은 열에 의한 연부조직의 손상이 발생하며, 성장판이 변연부 파괴가 어려워 골유합술로서의 단점을 지적하였다.

저자들은 큐렛과 드릴술식에 대한 비교연구에서 드릴술식은 드릴 삽입부 근처의 변연부의 파괴에는 비효율적이었고, 천공구의 크기도 상대적으로 큐렛술식보다 크게 형성되었으나, 큐렛술식은 천공구의 크기가 작아도 중앙부와 주변부의 시술에 용이하였다. 한편 drill이나 burr를 사용하는 경우 시간은 짧아질 수 있으며, 술자의 방사선 피폭량을 줄일수 있으나, 빠르게 회전하는 기구를 사용하므로 열에 의한 삽입부의 손상, 그리고 특히 대퇴 원위성장판 유합에서는 대퇴과간와(intercondylar fossa) 후측부의 함몰로 슬관절 주위의 혈관, 신경등 주요 기관의

손상과 대퇴과간와를 뚫음으로서 대퇴 과간골절의 가능성이 많다는 주의점이 지적되었다^{6,13,18)}. 이에 따라 저자들은 드릴 보다는 큐렛에 의한 경피적 골성장판 유합술이 더욱 안전하며 확실한 골 유합을 얻을 수 있는 방법으로 사료되었다.

골성장판 유합술의 적용범위는 Stephen¹⁶⁾의 경우 하지부등의 정도가 2.5cm에서 8cm까지 가능하다고 하였으며, Bowen^{5,18)}은 2cm에서 5cm까지의 하지부등인 경우와 각변형의 교정에 적용될 수 있다고 하였고, Blair²⁾는 2cm에서 5cm의 부등지에서 시행할 것을 권유하고 있다. 그러나 저자들은 근래 신연골형성술(distraction osteogenesis)과 연장기기의 발달로 인해 보다 용이하게 우수한 결과를 얻을수 있으므로, 2cm에서 3cm 가량의 하지 부등의 경우에 유용하고, 3cm이상 의하지부등에서는 골연장술을 권유하며, 주로 실내에서 이루어지는 한국인의 일상 생활양식에서 구두창에 의한 하지부등 교정술은 비효율적인 방법으로 사료된다. 또한 성장중인 아동의 진행성 하지 부등에서 양측의 하지 부등의 차이가 클 경우 골연장술과 함께 경피적 골성장판 유합술을 병합하여 적절한 시기에 시행하는 것이 치료기간을 단축하며, 신장의 과도한 단축을 피할수 있으며, 우수한 교정을 이룰수 있는 좋은 방법으로 사료된다(case 10, 13). 또한 성장완료 인접한 환자에서는 예상 가능한 성장완료시 부등치의 변동가능성이 적어 정확한 수술시기를 결정할 수 있어 유용한 술식으로 사료되며, 대개 부등의 정도가 적은 경우로써 본 연구에서도 6례의 성장 완료에 근접되고 있는 경우에 술전 평균 2cm의 하지부등(예상부등: 평균 3cm)이 평균 1.1cm로 교정이 이루어져 있음을 보여주었다.

술후 성장판의 유합은 4-6개월사이에 이루어 진다고 하였으며¹⁸⁾, 저자들의 경우에서도 평균 4개월(범위:3-6개월)에 방사선의 유합을 보였다. 방사선 추시는 술 후 6주경에 시행하고 그후 정기적인 방사선 검사로 유합 여부를 점검하고 단순 방사선 소견상 골유합이 불분명 할때에는 골주사검사나 단층촬영을 시도하여 골성장판의 유합을 확인하여야 한다^{10,18)}. 또한 근래에 Synder 등¹⁷⁾은 자기공명영상을 시행하여 성장판 유합술후의 성장판의 해부학적 변화 및 골가교(bone bridge)형성시까지의 기간을 정확히 관찰할수 있음을 보고하였다.

술후 합병증은 감염, 굴곡구축, 반흔, 부분적 골단 유합으로 인한 각형성등이 있고^{5,11,13,19}, 술전 예교정과 실제 교정치의 차이에 의한 교정의 오류도 있다^{1,2,18}. 그러나 저자들의 경우에는 2례에서 비후성 반흔 체질로 인한 수술부위 반흔 형성이외에 특별한 합병증은 없었으며, 예상부등치와 실제 최종부등치 사이에 평균 0.6cm(범위:0.1-1.7cm)의 차이를 보였으나, 임상적으로는 문제가 없었고, 대퇴골 대전자부에 시행한 1례(case 11)의 경우 만족스러운 결과를 얻지 못하였는데 이는 대전자부의 성장이 8세 이후에는 약 50%의 실질 성장(appositional growth)에 의한것으로 실시연령이 중요한 요소로 사료되었다^{8,15}.

정확한 예측에 따른 적용시기 결정을 위해 술전 성장상태의 추시로 정확한 골연령과 성장양상을 측정하고 이에 따른 적절한 수술시기 및 방법을 통해 기대한 교정을 이룰수 있다고 하였으며^{2,16,18}, 저자들의 경우에도 Moseley graph를 이용하여 산정한 예상부등치와 실제 최종부등치가 비교적 유사하였으며, 정확한 골연령의 측정과 하지길이 방사선 검사에 의한 성장상태의 추시가 가능하다면 Moseley 방법을 사용하여 정확한 유합부위와 시기를 결정하고, 예상 부등치를 산정하는것은 비교적 정확하리라 사료되었다.

요 약

수술전 하지부등은 평균 2.6cm(범위:1.9-3.7cm)이었고, 성장 완료시 예상되는 하지부등은 평균 3.7cm(범위:2.2-6.3cm)이었으며, 경피적 골성장판 유합술 후 평균 43개월 추시결과 평균 0.9cm으로 교정되었다.

골 모형에 의한 실험결과 성장판 유합술 시행시 쿨렛술식을 이용한 경우가 드릴술식보다 더욱 효과적이고 안전하였다.

결론적으로 경피적 골성장판 유합술은 술전 정확한 계측 및 예측으로 적절한 수술시기 및 유합부위를 결정하는 것이 중요하며, 성장기 소아의 하지부등의 치료중 하지단축의 범위가 2-3cm 정도로 작은 경우 유용한 방법으로 사료되며, 또한 하지부등의 범위가 큰 경우에도 골연장술과 병행하여 적용할수 있을것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) Anderson M, Green W and Messner MB : Growth and predicions of growth in th lower extremities. *J Bone Joint Surg*, 45-A:1-14, 1963.
- 2) Blair VP, Walker SJ and Schoenecker PL : Epiphysiodesis : a problem of timing. *J Pediatr Orthop*, 2:281-284, 1982.
- 3) Blount WP and Clarke GR : Control of bone growth by epiphyseal stapling. *J Bone Joint Surg*, 31-A:464-477, 1949.
- 4) Bowen JR and Johnson WJ : Percutaneous epiphysiodesis. *Clin Orthop*, 190:170-173, 1983.
- 5) Bowen JR, Torres RR and Forlin E : Partial epiphysiodesis to adress genu varum of genu valgum. *J Pediatr Orthop*, 12:359-364, 1992.
- 6) Canale ST, Russel TA and Holcomb RL : Percutaneous epiphysiodesis : experimental study and preliminary clinical results. *J Pediatr Orthop*, 6: 150-156, 1986.
- 7) Ford TT and Key AJ : A study of experimental trauma to the distal femoral epiphyses in rabbits. *J Bone Joint Surg*, 38:84-92, 1956.
- 8) Gage JR and Cary JM : The effects of trochanteric epiphysiodesis on growth of the proximal end of the femur following necrosis of the capital femoral epiphysis. *J Bone Joint Surg*, 82-A:785-794, 1980.
- 9) Greulich WW : *Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist*. 2nd ed. California, Stanford university press, 1959.
- 10) Howan-Geles R : Partial growth plate closure : apex view on bone scan. *J Pediatr Orthop*, 5:109-111, 1985.
- 11) Menelaus MB : Correction of leg length discrepancy by epiphyseal arrest. *J Bone Joint Surg*, 48-B:336-339, 1986.
- 12) Moseley CA : A straight line graph for leg length discrepancies. *J Bone Joint Surg*, 59A:174-179, 1977.
- 13) Ogilvie JW : Epiphysiodesis : evaluation of a new technique. *J Pediatr Orthop*, 6:147-149, 1986.
- 14) Phemister DB : Operative arrestment of longitudinal growth of bones in the treatment of deformities. *J Bone Joint Surg*, 15:1-15, 1933.
- 15) Raney EM, Ogden JA and Grogan DP : Premature greater trochanteric epiphysiodesis. secondary to intramedullary femoral rodding. *J Pediatr Orthop*, 13:516-520, 1993.

- 16) **Stephen DC, Herrick W and MacEwen GD :**
Epiphysiodesis for limb length inequality : results
and indication. *Clin Orthop*, 136:41-48, 1978.
- 17) **Synder M, Harcke HT, Bowen JR and Caro PA :**
Evaluation of physeal behavior in response to epi-
physiodesis with the use of serial magnetic reso-
nance imaging. *J Bone Joint Surg*, 76A:224-229,
1994.
- 18) **Timperlake RW, Bowen JR, Guille JT and Choi
IH :** Prospective evaluation of fifty three consecu-
tive percutaneous epiphysiodesis of the distal femur
and proximal tibia and fibula. *J Pediatr Orthop*,
11:350-357, 1991.