

Ilizarov 술식을 이용한 하지 연장술

서울대학교 의과대학 정형외과학교실

이덕용 · 최인호 · 정진엽 · 이계형 · 김한수

= Abstract =

Our Experience on Leg Lengthening by the Ilizarov Technique — A Preliminary Report on the First Seventeen Patients —

Duk Yong Lee, M.D., In Ho Choi, M.D., Chin Youb Chung, M.D.,
Kye Hyoung Lee, M.D. and Han Soo Kim, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Seoul National University

Ilizarov device is a circular external skeletal fixator with crossed transfixation wires and connecting rods. Its stability depends on the tension in the wire and the spatial orientation of the fixator frame. It provides extreme versatility for correction of three dimensional complex deformities including angulation, rotation, shortening and translation.

In an attempt to identify the various factors that contributed to the outcome and the complications of lengthening, we reviewed the first 19 cases of leg lengthening by the Ilizarov technique in 17 patients with leg length inequality or dwarfism. Simultaneous correction of the three dimensional deformities was also aimed at in 13 patients, and osteosynthesis of congenital pseudarthrosis of the tibia in 2 patients. Follow-up periods averaged 1.6 years, ranging from 1 year to 2.8 years.

The results were summarized as follows :

1. The amount of lengthening averaged 5.2cm, ranging from 2.0cm to 9.8cm.
2. The percentage increase was 27 %, ranging from 9 % to 58 %.
3. The average healing index (month/cm) was 1.3 months/cm and it was higher in the groups that had premature consolidation, complete osteotomy, single level corticotomy and neurologic compromise as compared with the groups that had adequate corticotomy, double level corticotomy and no neurologic complication.
4. The desired lengthening was obtained in 14 cases. Simultaneous correction of the deformities and osteosynthesis for nonunion were also achieved satisfactorily during lengthening.
5. There were sixteen cases of problems (84 %), which were pin tract inflammation (7 cases), Transient sensory change (3 cases), knee joint flexion contracture (2 cases), nut breakage (2 cases). There were thirteen cases of obstacles (68 %), which were equinus deformity (5 cases), premature consolidation (3 cases), pathologic fracture (3 cases), and delayed consolidation (2 cases). There was only one ture complication case.

In conclusion, the Ilizarov technique was very effective for leg lengthening in children, particularly when three dimensional deformities were combined with leg length shortening. But a thorough knowledge of the Ilizarov technique and meticulous care during lengthening are mandatory to pre-

* 본 논문은 1990년도 서울대학교병원 임상연구비의 보조로 이루어진 것임.

* 본 논문의 요지는 1989년도 대한정형외과학회 추계학술대회에서 구연되었음.

vent the pitfalls and complications.

Key Words : Ilizarov technique, Leg lengthening.

서 론

Ilizarov기구는 1.2-2.0mm의 가는 강선을 사용하는 원형의 골외고정 장치로서, 그 안정성은 강선에 가해지는 신장력(tension)과 외고정 장치의 공간배열(spatial orientation)에 의해 결정되며, 강선에 신장력이 가해질 경우 아주 견고한 외고정을 이룰 수 있고 길이 조절이 가능한 금속 막대(telescoping rod)와 경첩 등의 적절한 공간 배열로 하지 연장술에서만 아니라 하지 변형의 삼차원적인 교정에 사용되고 있다. 또한 이 기구는 조기 체중 부하를 통한 주기적 축성 미세 운동을 허용하여 골절 치유와 골재형성을 촉진시킴으로써 불유합의 치료에도 우수한 효과가 보고되고 있다^{14, 26)}.

저자들은 1987년부터 10월 국내 최초로 Ilizarov기구를 사용하여 하지연장술에 성공한 바 있으며 집필 당시인 1990년 9월까지 총 32례의 하지부동 혹은 하지단축증 환자들이 이 방법으로 치료받았다. 저자들은 이들 환자중 1년 이상 추시가 가능했던 최초 17명, 19례를 분석하여 치료 결과에 영향을 주었던 요소들과, 치료중 혹은 치료 후 야기된 합병증 등을 분석하고 이에 대하여 논하고자 한다.

연구 대상

하지 연장술을 받은 17명의 환자에 대한 데이터는 Table 1에 요약하였다.

저자들은 단축된 하지를 연장시킬 목적으로 17명의 환자, 19례에서 Ilizarov기구를 사용하였다. 이중 13례에서는 하지 연장과 동시에 변형 고정술, 그리고 선천성 경골가관절증 2례에서는 골유합도 얻고자 하였다. 성별분포는 남자가 12례, 여자가 7례이었다. 연령은 2년 2개월에서 15세로 평균 7.7세이었다. 골연장술은 5례에서는 대퇴골에, 그리고 14례에서는 경골에 시행하였다. 경골 연장을 14례중 5례에서는 종골과 증족골에 강선을 관통시킨 후 반원형 링을 부착시켜 족관절 변형의 동시 교정을 꾀하였다. 2명에서는 양측 경골에 Ilizarov기구를 장치하였다(case 7, 11). 5례에서는 경골의 근위

부와 원위부에서 각기 절골술을 시행하는 소위 이중절골술(bifocal or double level corticotomy)을 시행하였다. 선천성 비골 결손 1례(case 8)에서는 대퇴골에는 Orthofix dynamic monofixator를, 그리고 경골에는 Ilizarov를 사용하여 이중으로 골연장술을 시도하였다. Ilizarov기구를 사용하게 된 원인별 질환으로는 후감염성 혹은 후외상성 골단판 손상으로 하지 단축과 변형이 8례로 가장 많았다(Table 2). 골연장의 목표 길이는 환자의 나이, 골연령, 환측 및 건측 골의 길이 등을 고려하여 결정하였으며, 이를 위해 Moseley식²³⁾, Green & Anderson식⁵⁾, White & Stubbins식³⁶⁾ 및 Gill & Abbott식¹⁷⁾등을 종합하여 이용하였다.

수술 시기 및 술후 처치

골연장을 목적으로 시술한 경우, 강선 삽입이나 절골술을 시행하는 과정에서 골막 및 골수의 손상을 줄임으로써 영양동맥, 골수강내 혈류, 그리고 골막 등을 최대한 보존하는데 중점을 두었다. 먼저 절골 상하 부위에서 지면에 평행하게 두 강선을 교차 관통시킨 후, 대퇴골에서는 과상부에서 후외방 도달법을, 그리고 경골에서는 근위경골 또는 과상부의 골간단 또는 골간단과 골간의 이행부위에서 전방도달법을 사용하여 5mm 너비의 절골도(osteotome)로 골둘레의 약 2/3 내지 3/4에 피질절골술(corticotomy)을 시행한 후 나머지는 도수절골시킴으로 인해 영양동맥과 골수강내 혈류를 보존하고자 하였다.

강선 삽입시에는 골 관통시의 마찰 및 회전에 의한 골손상을 줄이기 위하여 두 피질골을 통과한 후에는 망치로 쳐서 밀어넣었고, 관절의 운동 범위를 보존하기 위하여 신전근면을 통과할 때는 인접 관절을 최대한 굴곡하고, 굴곡근면을 통과할 때는 최대한 신전하여 근육이 늘어난 상태에서 강선이 통과하도록 하였다²⁾. 한편 전체적인 안정성 및 견고성을 높이기 위하여 강선은 장관골 표면에 수직이 되도록 하여 가능한 한 골수강의 중심부를 지나도록 삽입하였고, 일단 삽입한 후에는 강선을 링에 맞추지 않고 링을 강선에 맞도록 고정함으로써,

Table 1. Data on 17 patients treated by the Ilizarov technique for leg lengthening

Case	Sex/Age	Diagnosis	LLD (cm)	Target length(cm)	Length gain(cm)	P.I. (%)	H.I. (mos/cm)	Corticotomy		Problem	Obstacle**	Result
								Level	Quality			
1*	F/13	Epiph. arrest, DT Talipes varus, Lt.	5.2	5.4	4.2	15	1.7	PT, DT	G	TSC	Equinus	Satisf.
2*	M/2+5	Epiph. arrest, DT. Talipes varus, Lt.	2.2	2.2	2.4	18	1.8	DT	G	none	none	Satisf.
3*	M/5+1	Epiph. arrest, DF Genu valgum, Rt.	2.1	2.1	2.1	9	4.8	DF	P	PTI, KFC	PF	Unsatisf.
4*	M/2+7	Cong. pseudarthro. tibia, united, Lt.	0.6	2.5	2.5	17	2.0	DT	P	PTI, TPNP	Equinus	Satisf.
5*	F/10+10	Cong. absence of fibula, Lt.	8.1	8.1	8.4	35	0.5	DT	G	none	Equinus	Satisf.
6*	M/4+3	Cong. posteromed. bowing of tibia, Rt.	3.5	3.5	2.6	15	2.9	DT	P	Equinus	DC	Satisf
7*	M/9+2	Achondroplasia Genu varum, Bilat.	Rt. -0.5	max.	9.6	57	0.9	PT, DT	G	PTI, NB	PF, Equinus	Satisf.
8	M/15+1	Cong. absence of fibula, Rt.	13.8	9.0	8.7	33	1.1	PT	P	TSC, KFC	Equinus	Satisf.
9*	F/13+1	Epiph. arrest, PT equinovalgus, Rt.	9.4	max.	7.3	29	1.2	PT, DT	P	PTI, NB	DC	Satisf.
10*	M/6+4	Epiph. arrest, DF Genu varum, Rt.	7.6	max.	2.0	9	2.0	DF	G	PTI	KFC, PC	Unsatisf.
11*	F/5	Morquio's ds. Genu varum, Bilat.	Lt. -0.2	8.0	6.8	51	0.9	PT, DT	G	none	none	Satisf.
12*	M/2+2	Epiph. arrest, DF Genu valgum, Lt.	1.8	1.8	1.8	11	2.7	DF	P	none	none	Satisf.
13	F/12+5	Epiph. arrest, DT Lt.	3.3	4.3	4.3	16	1.4	PT, DT	G	none	none	Satisf.
14	F/12+5	Epiph. arrest, DT, Rt.	1.8	3.0	3.0	10	2.3	DT	G	TSC	PC	Satisf.
15	F/8+8	Cong. pseud- arthrosis, Rt.	9.5	max.	8.5	57	1.0	DT	G	none	none	Satisf.
16*	M/11+4	Cong. pseudarthro. tibia, united, Lt.	3.1	3.1	3.1	12	1.3	DT	G	PTI	PF	Satisf.
17*	M/13+2	Cong. coxa vara, Rt.	3.6	5.0	5.4	14	1.2	DF	P	PTI	none	Satisf.

LLD = leg length discrepancy, P.I. = percentage increase, H.I. = healing index, DT = distal tibia, DF = distal femur, PT = proximal tibia, G = good, P = poor, TSC = transient sensory change, PTI = pin tract inflammation, KFC = knee joint flexion contracture, NB = nut breakage TPNP = transient peroneal nerve palsy, PF = pathologic fracture, PC = premature consolidation, DC = delayed consolidation

*Deformity correction was performed simultaneously. **Case 10 had true complications.

Table 2. Result according to disease pattern

Disease	No. of Cases	Obtained Length (cm)	P.I.* (%)	H.I.** (month/cm)
Epiphyseal injury	8	3.4	15	2.0
Cong. pseudarthrosis of tibia	3	4.7	29	1.1
Cong. fibular hemimelia	2	8.4	35	0.8
Achondroplasia	2	9.7	56	0.9
Morquio's disease	2	7.0	52	0.9
Cong. posteromed. bowing of tibia	1	2.6	15	2.8
Cong. coxa vara	1	5.4	14	1.1

$$*: \text{Percentage Increase (P.I.)} = \frac{\text{obtained length (cm)}}{\text{original length (cm)}} \times 100 (\%)$$

$$**: \text{Healing Index (H.I.)} = \frac{\text{total treatment time (month)}}{\text{obtained length (cm)}}$$

강선에 가해지는 장력의 방향이 바뀌지 않도록 주의하였다.

근위경골의 피질골 절골술시에는 원위부를 외회전하여 완전 피질골절골술을 시킴으로서 내회전으로 생길 우려가 있는 비골신경의 꼬임(kinking)을 방지하고자 하였으며, 골막을 다시 복구(repair)하여 주었다. 한편 15° 이하의 각 변형을 동시에 교정하고자 한 경우에는 피질골절골술 대신 교정골절술(corrective osteotomy)을 시행하여 수술 도중 어느 정도 교정을 얻었고 수술 후 점차적으로 변형 교정 및 골 연장을 추가로 얻도록 하였다.

6례에서는 골막반분리술(hemicircumferential periosteal division), 또는 골막박리술(periosteal stripping)을 같이 시행하여 골막에 의한 tethering의 영향을 줄이고자 하였다. 경골 절골술시에는 비골 절골술을 선행하였으며 조기(premature consolidation)을 피하기 위하여 약 3mm 정도 분절 절제하였다.

수술 후 초기 신연은 수술 후 7일 내지 14일 경부터 시작하였고, 그 속도는 대개 하루에 0.25mm씩 4회 신연하여 총 1mm/day로 신연하였다. 이중 절골술을 시행한 례(case, 1, 7, 9, 13)에서는 근위 및 원위절골술 부위에서 각각 1mm/day씩 하루에 2mm를 신연하였다. 증례에 따라 방사선 검사로 가골 형성의 정도를 평가하여 신연 속도를 조절하였다. 각 변형이 동반된 경우에는 변형 방향에 따라 올리브 핀(olive pin)과 경첩(hinge)을 적절히 삽입 혹은 연결하였으며 Ilizarov 환(ring)을 연결하는 각 금속막대의

신연속도를 달리 함으로써 변형의 동시 교정을 피하였다. 그리고 신연으로 인한 신경학적 증상, 혈행장애 또는 관절의 구축 등이 나타날 때는 그 증상의 완화 내지 소실을 위하여 신연 속도와 리듬을 조절하였다. 관절운동은 수술 초기부터 권장하였고 신연 도중 또는 목표 도달 후 필요에 따라 연부조직 해리술을 시행하여 최대한의 관절운동 범위가 유지되도록 하였다. 저자들은 경골연장술시에는 연장에 따른 침착 변형을 방지하고자 Ilizarov 원형고리에 연결하는 족부 부목을 장치하고 이를 이용하여 족관절의 수동적인 배굴운동을 피하도록 하였다.

신연에 의한 신경 손상으로 더 이상의 골연장을 할 수 없을 때에는 신연은 중지하되 경첩 효과(hinge effect)를 이용하여 변형 교정은 계속하였다. 계획한 길이의 골연장을 얻은 후에는 목발 보행과 더불어 적극적인 체중부하 보행을 더욱 권장하여 신연 간격(distraction gap)의 고정화(consolidation)를 촉진시키고자 하였으며, 임상적 및 방사선 소견상 고정화가 뚜렷해지고(solid consolidation), 피질골화(corticalization)와 골수강의 재형성이 어느 정도 진행되면 Ilizarov기구를 제거하였고, 필요할 경우 피질골화가 완전히 보일 때까지 석고붕대로 고정하거나 보조기를 착용하여 골절이 발생하지 않도록 하였다.

결 과

골연장을 위하여 Ilizarov기구를 사용하였던

Table 3. Result according to age distribution

Age	No. of Cases	Obtained Length (cm)	P.I. (%)	H.I. (month/cm)
Less than 5 yrs	7	3.6	25	1.5
6-10yrs	5	7.7	43	0.9
11-15yrs	7	5.0	17	1.3

Table 5. Result according to the number of corticotomy

	No. of Cases	Obtained Length (cm)	P.I. (%)	H.I. (month/cm)
Single level	14	2.8	11	2.3
Double level	5	7.0	34	1.1

Table 7. Result according to the site

Site	No. of Cases	Obtained Length (cm)	P.I. (%)	H.I. (month/cm)
Femur	4	2.8	11	2.3
Tibia	15	5.7	31	1.1

17명의 환자, 19례에서 최소 2.0cm, 최대 9.8cm로 평균 5.2cm 연장하였다. 이를 술전 골 길이에 대한 연장율 (Percentage Increase, P.I.)로 표현하면, 최소 9%에서 57%로 평균 27%이었다. 이들은 대부분 술전 연장 목표에 도달하였고, 동시에 시행한 변형교정도 모두 만족스러운 결과를 보였다. 대퇴골에서 연장 길이가 2-3cm로 짧았던 예들은 주로 변형 교정이 주목적이었으며, 역시 만족스러운 결과를 얻을 수 있었다. Healing Index [기구 장치부터 제거까지의 개월 수/연장된 길이 (cm)]¹⁶⁾는 최소 0.5 month/cm에서 최대 4.8 months/cm로 평균 1.3이었으며 연장 길이가 짧을수록 감소하였다.

(1) 골연장의 결과와 관계되는 제 요소들

1. 원인 질환

단축의 원인이 되는 각 질환마다 증례가 많지 않아 통계적인 비교는 어려우나 골단판 손상의 경우 연장된 길이가 작고 H.I.도 2.0 months/cm로 컸던 반면, 연골무형성증, Morquio증후군 등 (case 7, 11)에서 비교적 많은 길이를 연장하였고 H.I.도 비교적 낮았다. 선천성 비골 결손 2례 (case 5, 8)에서는 기대 이상으로 골신연이 잘 되어 H.I.도 0.8 month/cm로 낮았다 (Table 2).

Table 4. Result according to the quality of corticotomy

Quality	No. of Cases	Obtained Length (cm)	P.I. (%)	H.I. (month/cm)
Good	11	5.9	42	1.3
Poor*	8	3.7	15	1.7

*Poor : initial distraction or displacement

Table 6. Result according to the neurologic compromise

	No. of Cases	Obtained Length (cm)	P.I. (%)	H.I. (month/cm)
Presence*	8	4.8	25	1.8
Absence	11	5.4	31	1.2

* : sensory change, motor weakness, etc.

Table 8. Problems, obstacles, and complication

Problems, obstacles and complication	No. of cases
Problems	
Pin tract inflammation	7
Transient sensory change	3
Knee joint flexion contracture	2
Nut breakage	
Transient peroneal nerve palsy	1
Equinus deformity	1
Obstacles	
Equinus deformity	5
Premature consolidation	3
Pathologic fracture	3
Delayed consolidation	2
Complication	
Premature consolidation and knee joint flexion contracture	1

2. 나이

연령별로는 5세 미만, 6-10세, 11-15세로 구분하여 분석해 본 결과 6세부터 10세까지의 환자에서 연장 길이가 평균 7.7cm로 가장 많았으며, H.I.는 0.9 month/cm이었다 (Table 3).

3. 피질골절골술의 수 및 질

피질골절골술시에 초기 신연이나 전위가 없는 예에서 결과가 좋았는데, 특히 H.I.의 차이가 컸다. 경골의 근위부와 원위부에 이중으로 절골술을 시행한 4례에서는 단일골절골술을 한 예보다 많이 골연장을 얻을 수 있었고, 이 경

우 H.I.도 1.1 months/cm으로 약간 줄어들었다 (Table 4, 5).

4. 신경학적 증상

감각 이상, 근력 감소 등의 증상이 나타난 예에서는 증상의 감소 또는 소실까지 신연 속도를 감소하였으므로 H.I.가 커졌고, 연장 길이도 다소 짧았다 (Table 6).

5. 부위

대퇴골과 경골을 비교할 때 경골에서 더 많은 길이를 연장할 수 있었고 H.I.도 매우 낮은 것으로 나타났다. 대퇴골의 경우 2례 (case 3, 10)에서 변형교정이 주목적이었으며, 이들에서는 고관절 및 슬관절의 운동 범위 유지가 용이하지 않았다 (Table 7).

6. 조기 골고정화 (Premature consolidation)

비골 2례 (case 11, 14), 경골 1례 (case 7), 대퇴골 1례 (case 10)가 각각 발생하였는데, 모두 재절골술이 시행되었다. 조기 골고정화가 발생한 예에서는 재절골술로 인한 치료 기간의 증가로 인하여 H.I. (1.4 months/cm)가 조기 골고정화가 발생하지 않은 예 (H.I., 1.1 months/cm)보다 높았다.

합병증은 Paley²⁷⁾의 분류에 따라 문제점, 방해점 및 합병증으로 나누었다. 문제점은 치료과정중 보존적 방법으로 치유가 가능했던 경우로 11명의 환자에서 16가지의 문제점이 있었는데, 강선 삽입부위의 염증이 7례로 가장 많았고, 다음으로 일시적인 감각 및 운동장애, 슬관절 구축, 너트파손, 경미한 침묵변형등이 발생하였다.

방해점은 치료과정중 수술적인 방법으로 치유가 가능했던 경우로써, 11명의 환자에서 13가지의 방해점이 발생하였다. 5례에서는 침묵변형이 발생하여 (case 1, 4, 5, 7, 8) 모두 아킬레스건연장술을 시행받았다. 3례에서는 조기골고정이 발생하여 (case 7, 11, 14) 재절골술이 시행되었고, 그밖에 골조충증으로 인한 병적골절, 지연유합등이 있었다. 지연유합이었던 두 환자는 (case 6, 9) 신연간격에 골이식술이 시행되었다. 그러나 이러한 문제점이나 방해점은 골연장의 최종목표에는 큰 영향을 미치지 않았다. 방해점이 발생한 예들의 H.I.는 1.8 months/cm으로 문제점만 있었거나 전혀 합병증이 없었던 예 (H.I. 1.2 months/cm)에서보다 월등히 높은 H.I.를 나타내었다. 진정한 의미의 합병증은 1례에서 있었다 (case 10). 이 환자는 두차례의 조기골고정과 슬관절 구축, 그리고 환자의 비

협조로 신연도중, 치료를 중단하여야 했다.

증 례 예 시

증례 1

9년 2개월의 남자 환아로 연골무형성증 및 우측슬내반의 진단하에 하지 연장 및 슬내반의 교정을 위해 양측 경골에 이중절골술 (bifocal corticotomy)을 시행하고 Ilizarov기구를 장치하고 술후 1주부터 1mm/day로 신연을 시작하여 술후 8주에 우·좌측 각각 4.1cm과 4.5cm 연장하였으나 술후 9주에 좌측 경골의 근위부 절골부위에 조기골고정화가 발생하여 재절골술을 시행하였다. 술후 5개월후에는 보다 많은 골연장을 위하여 양측 비골절골술을 시행하고 Ilizarov기구를 재배치하였고 술후 6개월후에 우측 9.6cm, 좌측 9.8cm의 골연장을 얻었다. 골고정화가 완성된 술후 9개월에 Ilizarov기구를 제거하고는 Delbet gaiter를 하고 체중부하보행을 권장하였다. 술전 경골의 길이는 우측 16.9cm, 좌측 18.2cm이었으며, 우측 슬관절이 내반 6°, 좌측 슬관절이 외반 22°였는데, 최종적으로 우측은 술전 경골길이에 대하여 57%, 좌측은 54%의 골연장을 얻었으며 Healing Index (H.I.)는 우측 0.94 month/cm, 좌측 0.92 month/cm이었다 (case 7, Fig. 1).

증례 2

10년 10개월의 여아로 좌측 비골의 선천성 결손으로 진단하여 좌측 경골 원위 골단부에 피질골절골술 시행후 11일부터 1mm/day의 속도로 신연을 시작하였으며 신연 도중 골형성이 왕성하여 1.5mm/day로 속도를 올려 신연하였다. 술전 8.1cm의 단축이 있었는데 술후 10주에 목표(8.1cm)에 도달하였고 18주(4.5개월)에 기구를 제거하였다. P.I.는 35%였으며, H.I.는 0.5 month/cm이었다 (case 5, Fig. 2).

증례 3

13세 여자 환아로 감염에 의한 좌측 경골 원위부 골단부 손상으로 인하여 5.2cm의 하지 단축 및 내반측 변형이 있었다. 경골 근위 및 원위부에서 이중피질골절골술을 시행하고 10일 후부터 1mm/day의 속도로 신연하였다. 4개월에 4.2cm 연장한 상태에서 족관절의 구축으로 신연을 중단하였으며 술후 7개월에 기구

Fig. 1. A nine year and two month-old-boy with achondroplasia. (a) The patient had tibial length 16.9 cm on Rt. and 18.2 cm on Lt. He had genu varum (6°) on Rt. and genu valgum (22°) on Lt. (b) At 6th week after distraction, callus formation is not adequate yet at the distraction gap.

를 제거하였다. H.I.는 1.7 months/cm였고, P.I.는 15%이었다 (case 1, Fig. 3).

고 찰

Fig. 1. (c) Consolidation was well formed at postop. 6 months. (d) Final radiograph of the tibia after removal of the device, length gain were achieved 9.6 cm on the 9.8 cm on the left, respectively.

1905년 Codivilla¹²⁾가 대퇴골 절골술 후 종골 견인 방법을 소개함으로써 수술적 방법에 의한 하지연장술이 시작된 이래 Putti³²⁾, Abbott³⁾, Anderson⁶⁾ 등이 여러방법을 고안하였으나, 대부분 기술상의 어려움과 많은 합병증 등으로 좋은 성과를 얻지 못하였다. 1960년대 이후 세

Fig. 2. A ten years and ten month-old-girl with congenital absence of fibula, (a) There was 7.5 cm of shortening on the right leg. (b) Ilizarov device application and supramalleolar corticotomy were performed. There was no initial distraction or displacement.

가지 새로운 방법들이 나타나게 되었는데, 먼저 Wasserstein³⁵⁾은 신연 간격을 동종의 피질골 이식을 통하여 채워지게 하였고, 다음으로 1971년 Wagner^{1,34)}는 견고한 골신연장치를 이용하여 골연장을 얻은 후 신연 간격에 장골 이식을 하고 내고정하는 방법을 고안하여 많은 예에서 대퇴골 연장을 성공적으로 시행하였고 이후 비교적 보편화되어 이용되었다. 마지막으로 Ilizarov^{19,20,24)}는 신연 신생골형성술 (Distraction osteogenesis)라는 개념을 도입하였는데, 이는 장골 방향으로 지속적인 장력이 가해지도록 적당한 속도로 주기적 신연을 함으로써 신연 간격 자체에서 골형성이 일어나도록 유도하는 방법으로 그는 독특한 형태의 골외고정장치를 고안하여 하지 뿐 아니라 상지 연장에도 이용하였고 그밖에 복잡한 변형의 교정, 골절의 치료에까지 이용하는 등, 정형외과 영역에서 치료가 용이하지 않았던 여러 질환의 치료에 성공함으로써 매우 각광을 받게 되었고 그 치료 결과에서도 매우 좋은 성적을 얻고 있는 것

으로 보고되고 있다^{14,15,19,26)}.

Wagner 장치와 같은 종래의 외고정장치가 4-6mm 직경의 굵은 핀의 강직성에 그 안전성을 의존하였던 반면에 Ilizarov기구는 1.2-2.0mm 직경의 가는 강선에 가해지는 신장력 (80-130kg)과 외고정장치의 공간 배열에 그 안정성을 의존하게 된다. Ilizarov기구는 가는 강선을 사용함으로 해서 피부와 골조직에 대한 자극이 적고, 반흔 형성이 적으며, 공간 배열의 조절이 용이하며, 각변형, 전이변형 및 염전변형에 대한 삼차원적인 교정을 하지 연장술과 동시에 할 수 있으며, 또한 생역학적으로 적절한 외고정장치로써 각변형력, 전단력 및 전염력에 대하여도 안정성을 유지하면서 주기적 축성 미세운동 (cyclic axial micromotion)을 유발하여 골치유와 골재형성을 촉진하게 된다^{25,28)}. Aronson^{7,9)}과 Paley^{24,25)}는 Ilizarov기구와 같은 고리형 (ring)의 골외고정장치는 평면성 구조 (uniplanar frame)보다 굴곡력 (bending)이나 염전력 (torsion)에 대하여 부하 (stress)를 고르게 분

Fig. 2. (c) The target length was achieved 10 weeks after distraction. (d) Final follow-up radiograph at 1 year after corticotomy. Corticalization was complete at the distraction site.

산하며, 강선에 장력을 가하여 강직도(rigidity)를 증가시킴으로써 가는 강선을 사용했음에도 불구하고 다른 기구보다 신연 간격으로 더 큰 축성 부하를 전달할 수 있으며, 또한 강직도(rigidity)가 강할수록 골형성을 촉진한다는 실험 결과를 보고하였다. 본래 Ilizarov는 하지 연장술시에 경피적 절골술(percutaneous corticotomy)을 함으로 해서 골막 및 영양동맥과 골수강내 혈류를 보존하고, 5일 내지 7일동안 기다려 어느정도 골형성능력이 왕성하고 골수강내 혈류가 복구된 후, 골연장을 시작하였는데, 이는 절골 간격에서의 골형성에 있어서, 골막 가골의 형성 이외에도 절골된 골단에서 절골 간격의 중심을 향하여 직접 골형성이 일어나며, 또한 골수강 자체의 골형성능력도 기여한다는 이론에 근거한 것이다²⁹⁾. 반면 De Bastiani¹⁶⁾는 관혈적 골막하 절골술후 10일 내지 2주를 기다려 골막 가골이 형성된 후, 이러한 골형성 능력이 있는 가골을 신연함으로써 골연장을 시도한 가골 신연(callus distraction =

callotasis)이란 개념을 도입하였다. 술후 신연을 시작하기까지의 휴지기간(latency period)은 절골술 시행시에 초래될 수 있는 골수강내 혈행의 복구, 국소 염증의 소실 등에 필요한 시간으로 환자의 나이가 많을 수록, 뼈가 치밀할 수록, 또 절골술에 동반된 외상이 클수록 길어진다고 하였다²⁵⁾. Rubin³³⁾등은 비전위성 골절의 경우 reparative period는 4일 내지 12일 사이에 시작된다고 하였다. 저자들은 피질골 절골술시 최소한으로 골막 및 골수강내의 혈류 차단을 줄이도록 하였다. 특히 골막의 손상이 가해지지 않도록 세심한 노력을 기울였다. 저자들은 피질골절골술이 완벽할 경우에는 휴지기를 5-7일로 잡은 반면, 골내막 손상의 가능성이 있는 경우에는 휴지기를 10-14일로 하여 가골 신연술의 방법으로 골연장을 피하였다.

Ilizarov는 하루에 1mm를 0.25mm씩 4번에 나누어 늘릴 것을 권장하였는 바, 실험을 통하여 하루에 0.5mm씩 늘릴 경우 조기골고정(premature consolidation)이 발생하며, 1.5mm

Fig. 3. (a) A thirteen year-old girl with left leg shortening of 5.2cm due to postinfectious premature fusion of the distal tibial physis and associated calcaneovarus deformity. **(b)** Ilizarov device application and double level metaphyseal corticotomy was performed proximally and distally.

씩 늘릴 경우 국소 저혈을 야기하여 골형성에 지장을 초래한다고 하였다. 과거 Anderson술식⁶⁾과 Wagner술식³⁴⁾에 의한 하지 연장에서 좋은 성적을 얻지 못한 것도 신연 속도가 하루에 1.5mm 내지 2.0mm로 술후 즉시 신연을 시작하였다는 사실과 밀접한 관계가 있다고 간주된

다. 한편 1mm를 연장함에 있어서도 몇번에 나누어서 할 것 (rhythm)인가에 대하여도 많은 연구가 있었는데, Ilizarov^{19,20)}는 여러번에 나누어 늘릴수록 골형성이 촉진된다고 보고한 바 있다. 실제로 그는 자동신연기 (autodistractor)를 이용하여 지속적인 신연을 가하여 하루에 1mm가 늘어나도록 시도해 보았는데, 이런 조건하에서 근섬유, 신경조직, 혈관조직, 근막과 교원질 등의 조직이 현미경적으로 정상적인 형태를 유지하면서도, 각각의 증식이 가장 왕성해지는 사실을 관찰하였다. 또한 그는 신연 기간동안 신연 간격에 있는 골수의 조혈 기능이 일시적으로 감소하며, 신연 중단과 함께 다시 정상으로 돌아간다고 하였다¹⁹⁾.

Ilizarov나 De Bastiani의 방식에 의한 피질골 절골술후에 그 신연 간격에 새로운 뼈가 형성되는 과정은 골절후에 가골이 형성되는 일반적인 과정과 다른 면이 있다. 즉, 새로 생겨난 골소주는 신연 방향에 따라 종적으로 배열하며, 골절후에 보이는 가골과 달리 매우 규칙적으로 배열해 있다. Ilizarov¹⁹⁾와 Peltonen²⁹⁾은 절골된 양쪽 골단에서 신연 간격의 중심부를 향해 각기 골소주가 자라나와 그 사이에 중간대 (Interzone)를 만들며, 여기에서 미분화된 간엽세포가 골아세포로 이행하고 이 세포가 직접 유골 (osteoid)을 형성하게 되는데 이러한 과정은 연골을 만들지 않고 이루어지며 막내골화의 과정과 같다고 하였다. 저자들의 예에서도 종골 방향의 신연골 형성이 술후 3-4주가 되면 방사선 촬영에도 잘 나타났으며, 신연 간격 중간에 존재하는 중간대 (Interzone)를 확인할 수 있었다. 일단 신연을 완성하게 되면 골화 또는 피질골화의 과정을 거치게 된다. 중간대는 신연을 중단하면 급속히 골화 (ossify)하며 주위의 신연 간격에 생긴 골은 피질골화하게 되는데 Ilizarov기구는 이 기간동안 축방향의 부하에 대하여 탄성 변형 (elastic deformation)을 가능하게 하며 이것은 충관골로의 전환을 도와준다고 하였다³¹⁾.

많은 학자들이 Ilizarov술식을 이용하여 하지 연장술을 시행하여 대부분 좋은 성적을 보고하고 있다. Dal Monte와 Donzelli¹⁵⁾는 13례의 선천성 경골저형성증 환자에서 4cm에서 11.5cm까지 늘렸는데 평균하여 본래 길이의 36% (31% to 45%)를 연장했으며 이중 6례에서 관절 구축의 합병증이 발생했다고 하였다. 또 그들은 Wagner술식과 Anderson술식을 Ilizarov술

Fig. 3. (c) Hazy density of callus formation was visible at the distraction site proximally and distally, at 5th week after corticotomy. (d) Corticalization was complete at the distraction site at 10 months after corticotomy and varus deformity was also satisfactorily corrected as well.

식과 비교하여, Ilizarov술식으로 가장 많은 길이를 연장할 수 있었고 합병증도 가장 적었다고 보고하였다¹⁴⁾. Monticelli와 Spinelli²²⁾는 43명의 환자중 42명에서 본래 목표하였던 길이를 얻었으며 평균 7cm 연장하였고 족관절 구축이 생긴 11명을 포함하여 37%에서 주합병증이 있었다고 보고했다. Cambras¹¹⁾는 Ilizarov 기구를 변형하여 14세부터 37세까지 38명의 환자중 33명에서 만족할 만한 결과를 얻었다고 하였다. 합병증은 32%에서 있었고 감염이 가장 많았다고 하였다. Paley²⁵⁾는 18명의 선천성경골결손 및 경비골저형성증 환자에서 평균 9.8cm를 연장하였고 H.I.는 1.0 month/cm이며 가장 많은 합병증은 관절 운동 범위가 감소한 것이라 하였다. 그는 합병증을 다시 세가지로 나누어, 치료 과정에서 생긴 것으로 치료 종료전 보존적 요법으로 해결할 수 있는 것을 문제점(problem), 역시 치료 도중 생긴 것으로 치료 종료 전까지 수술적 요법으로 해결할 수 있는 것을 방해점(obstacle), 치료 종료 후에도 남아

있어서 해결을 위해 수술적 요법이 필요하거나, 목표 길이를 다 얻기 전에 치료를 종료하게 만든 증상을 합병증(complication)으로 구분하였다²⁷⁾.

저자들은 Paley의 방법에 따라 문제점, 방해점, 합병증으로 나누어 분석하였다. 문제점으로는 강선삽입부위염증이 가장 많았던 반면, 방해점으로는 침착변형이 가장 많았다.

저자들은 17례에서 Ilizarov술식을 이용하여 대부분 소아에서 하지연장술 및 하지변형교정술을 시행하였는 바, 최대 9.8cm, 평균 5.2cm 연장하여 술전 골길이에 대한 연장률(Percentage Increase)은 합병증의 발생 없이 최대 57%가 늘어나서, Dal Monte¹⁵⁾가 보고한 45%보다도 훨씬 높았다. 반면 Healing Index (H.I.)는 Ilizarov²⁰⁾와 Paley²⁵⁾가 각각 1 month/cm로 발표하였던 반면 저자들은 1.3 months/cm로 약간 길었는데, 그 이유는 아마도 변형의 조기 교정을 위하여 피질골절골술 대신 완전절골술이 시행되었던 경우, 골막분리술이나 박리술로 인한

골수장 및 골막 등의 손상이 동반 경우 등등 초기의 기술적인 제약때문에 초래된 것으로 생각되며, 여기에 덧붙여 조기 체중부하를 적극 권장하지 않았던 때문으로 생각된다. Paley는 나이가 증가할수록 치유지수(healing index : H.I.)가 증가한다고 하였으나 저자들의 결과에 따르면 6-10세에서 치유지수가 가장 낮았는데, 이는 증례가 많지 않아 통계적 의의는 찾기 어려울 것으로 생각된다. H.I.면에서 선천성 질환인 경우에서 결과가 좋지 않다고 하였으나 저자들이 경험한 선천성 비골 결손 2례에서는 H.I.가 0.8로 낮은 것으로 나타났다. 하지 변형의 교정시에는 양측의 금속막대의 신연률(distraction rate)을 다르게 함으로 해서 골의 양측 피질면의 연장길이를 조절하여 골연장과 더불어 변형의 교정도 만족스럽게 얻을 수 있었다. 또한 전염각이 50°인 선천성내반고 1례(case 17)에서는 부속 기구들을 추가로 장치하여 신연과 동시에 대퇴골의 염전 교정(derotation)을 시도하여 만족할 만한 결과를 얻었다.

요약 및 결론

저자들은 1987년 10월부터 Ilizarov술식을 이용하여 하지 연장을 시행한 환자들 중에서 1년 이상 추시가 가능했던 최초 17명, 19례를 대상으로 본 연구를 시행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 신연 길이는 최소 2.0cm, 최대 9.8cm로 평균 5.2cm이었으며, 본래 길이에 대한 신연 길이 비율(Percentage Increase, P.I.)은 최소 9%, 최대 57%로 평균 27%였다.

2. 치유 지수(Healing Index, H.I.)는 1.3 months/cm이었고, 피질골 절골술시 손상을 적게 줄수록, 이중절골술을 시행한 경우에, 그리고 신경 증상이나 조기골고정화 등의 합병증이 없었던 경우 낮았다.

3. 골연장과 더불어 변형 교정을 얻고자 한 13례, 골유합을 동시에 얻고자 했던 2례에서도 만족할 만한 결과를 나타내었다.

결론적으로 Ilizarov술식은 소아의 하지 연장 및 동반된 변형의 교정 또는 골유합을 얻는데 있어서 매우 효과적인 방법으로 생각되는 한편 이 술식에 대한 철저한 이해 및 올바른 술후 처치가 치료 결과를 향상시키고 합병증을 예방하는데 필요하다고 하겠다.

REFERENCES

- 1) 이덕용, 이춘기, 민학진, 이종석: 대퇴골 연장술 25례 치험. 대한정형외과학회지, 23-4: 1097-1108, 1988.
- 2) 최인호: 하지연장술. 최신의학. Vol. 32., 11: 11-18, 1989.
- 3) Abbott, L.C.: *The operative lengthening of the tibia and fibula.* J. Bone and Joint Surg., 9: 128, 1927.
- 4) Aldegheri, R.: *The callotasis method of limb lengthening.* Clin. Orthop., 241: 137-145, 1989.
- 5) Anderson, M., Grren, W.T. and Messner, M. B.: *Growth and predictions of growth in lower the extremities.* J. Bone and Joint Surg., 45A: 1-14, 1963.
- 6) Anderson, W.V.: *Leg - lengthening, In proceedings of the British Orthopedic Association.* J. Bone and Joint Surg., 34 - B: 150, 1952.
- 7) Aronson, J., Harrison, B., Boyd, C.M., Cannon, D.H. and Lubansky, H.J.: *Mechanical induction of osteogen-esis; The importance of pin rigidity.* J. Pediat. Orthop., 8: 396-401, 1988.
- 8) Aronson, J.: *The calcium dynamics of controlled mechanical distraction osteogenesis. Presented at the International Conference on the Ilizarov Technique for the management of difficult skeletal problems, New York, Nov. 1-3, 1987.*
- 9) Aronson, J., Harrison, B.H., Stewart, C.L. and Horp, J.H.: *The histology of distraction osteo-genesis using different external fixators.* Clin. Orthop., 241: 106-116, 1989.
- 10) Behrens, F.: *General theory and principles of external fixation.* Clin. Orthop., 241: 15-23, 1989.
- 11) Cambras, R.A., Puente, J.J.J., Perez, H.B. Angulo, M.A.B. and Concepcion, T.P.: *Limb lengthening in children.* Orthopedics., 7: 468-476, 1984.
- 12) Codivilla, A.: *On the means of lengthening, in the lower limbs, the muscles and tissues which are shortend through deformity.* Am. J. Orthop. Surh., 2: 353, 1905.
- 13) Coleman, S.S.: *Equalization of lower-limb ine-*

- quality by lengthening. *ICL.*, 38: 317-324, 1989.
- 14) Dal Monte, A. and Donzelli, O.: *Comparison of different methods of leg lengthening. J. Pediat. Orthop.*, 8: 62-64, 1988.
 - 15) Dal Monte, A. and Donzelli, O.: *Tibial lengthening according to Ilizarov in congenital hypoplasia of the leg. J. Pediat. Orthop.*, 7: 135-138, 1987.
 - 16) De Bastiani, G., Aldegheri, R.A., Renzi-Brivio, L. and Triviella, G.: *Limb lengthening by callus distraction (callotaxis). J. Pediat. Orthop.*, 7: 129-134, 1987.
 - 17) Gill, G.G.: *Practical method of predicting the growth of the femur and tibia in the child. Arch. Surg.*, 45: 286, 1942.
 - 18) Grill, F.: *Correction of complicated extremity deformities by external fixation. Clin. Orthop.*, 241: 166-176, 1988.
 - 19) Ilizarov, G.A.: *Clinical application of tension-stress effect for limb lengthening. Clin. Orthop.*, 250: 8-26, 1990.
 - 20) Ilizarov, G.A.: *The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues; Part. II. The influence of the rate and frequency of distraction. Clin. Orthop.*, 239: 263-285, 1989.
 - 21) Mezhenina, E.R., Roulla, E.A., Pechersky, A. G., Babich, V.D., Shadrina, E.L. and Mizhevich, T.V.: *Methods of limb elongation with congenital inequality in children. J. Pediat. Orthop.*, 4: 201-207, 1984.
 - 22) Monticelli, G. and Spinelli, R.: *Leg lengthening by closed metaphyseal corticotomy. Ital. J. Orthop. Traumatol.*, 9: 139-150, 1983.
 - 23) Moseley, C.F.: *A straight-line graph for leg length discrepancies. J. Bone and Joint Surg.*, 49A: 174-179, 1977.
 - 24) Paley, D., Fleming, B., Pope, M. and Kristensen, T.: *A comparative study of fracture gap motion and shear in external fixation. Presented at the Conference on Recent Advances in External Fixation., Riva Del Garda, Sep. 28-30, 1986.*
 - 25) Paley, D.: *Current technique of limb lengthening. J. Pediat. Orthop.*, 8: 73-92, 1988.
 - 26) Paley, D.: *Ilizarov treatment of tibial nonunions with bone loss. Clin. Orthop.*, 241: 146-165, 1989.
 - 27) Paley, D.: *Problems, obstacles and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. Clin. Orthop.*, 250: 81-104, 1990.
 - 28) Paterson, D.: *Leg-lengthening procedures; a historical review. Clin. Orthop.*, 250: 27-33, 1990.
 - 29) Peltonen, J., Karaharju, E., Aalto, K., Alitalo, I. and Hietaniemi, K.: *Leg lengthening by osteotomy and gradual distraction; An experimental study. J. Pediat. Orthop.*, 8: 509-512, 1988.
 - 30) Price, C.T. and Cole, J.D.: *Limb lengthening by callotaxis for children and adolescents. Clin. Orthop.*, 250: 105-111, 1990.
 - 31) Price, C.T.: *Metaphyseal and physal lengthening. ICL.*, 38: 331-336, 1989.
 - 32) Putti, V.: *The operative lengthening of the femur. J.A.M.A.*, 77: 934, 1921.
 - 33) Rubin, C.: *Fracture healing, in Albright J.A., Brand R.A.: The scientific basis Orthopedics, ed 2. Norwalk, Appleton & Lange, 1987, pp 327-329.*
 - 34) Wagner, H.: *Operative lengthening of the femur. Clin. Orthop.*, 136: 125-142, 1978.
 - 35) Wasserstein, I.: *Distraction compression method of elongation of the lower extremity with use of bone tubular homograft. Orthop. Traumatol. Protez.*, 29: 5, 44-48, 1968.
 - 36) White, J.W. and Stubbins, S.G.Jr.: *Growth arrest for equalizing leg lengths. J.A.M.A.*, 126: 1146, 1944.