

소아마비 환아의 골단유합술의 최종추시

서울대학교 의과대학 정형외과학교실

이덕용 · 이수용 · 태석기 · 정필현

= Abstract =

Final Follow-up of Epiphysiodesis at Skeletal Maturity in Residual Poliomyelitis

Duk Yong Lee, M.D., Soo Yong Lee, M.D., Suk Ki Tae, M.D. and Phil Hyun Chung, M.D.

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

During the twenty two years, Aug. 1963 through Aug. 1985, we performed 83 cases of epiphysiodesis on patients with leg length discrepancy due to poliomyelitis. In an attempt to determine the accuracy of predicted correction, we analyzed predicted final discrepancy at the time of operation and actual final discrepancy at or near skeletal maturity.

Of the 83 cases, 30 cases were available for final evaluation.

Among four methods of prediction that have been employed, those of White and Stubbins, and Anderson, Green and Messner were statistically reliable.

The method of Gill and Abbott was statistically not reliable in our series, presumably because it utilizes percentile distribution of stature based on Caucasian population in the United States.

Mosley's prediction was also made on 8 of the cases. However, we were unable to reach statistically significant conclusion, obviously because of short period of preoperative assessment on limited number of cases at this time.

Prediction of correction on 5 cases in which both lower extremities were affected, was statistically not reliable in all methods employed.

Key Words: Leg length equalization, Growth calculation, Epiphysiodesis, Residual poliomyelitis.

서 론

하지부동은 성장기소아의 마비성질환, 선천성기형, 혹은 외상등에서 흔히 접하게되는 문제로서 이의 치료는 단측의 하지를 길게 하거나 장측의 하지를 짧게 하는 여러가지 방법들이 있다¹⁾.

그중에서도 성장기에 있는 하지부동 환자의 치료로서 골단유합술은 술식이 간단하고, 합병증이 적으며 성공율이 높기 때문에 과거부터 널리 사용되어 왔다. 그 효과에 대한 평가는 여러 보고자들 간에 다소 의견의 차이가 있었고^{2, 30, 32, 34, 35, 37, 38)}, 또한 교정치의 예측방법에 대하여도 이론이 많았다^{3, 11, 13, 20, 22, 24, 32, 34)}.

저자들은 1963년이래 성장기 소아마비후유증 환

* 본 논문은 1985년도 서울대학교병원 임상연구비 보조로 이루어진 것임.

* 본 논문의 요지는 1985년 10월 19일 제29차 대한 정형외과 학술대회에 발표된 바 있음.

자의 하지부동에 대한 치료로서 83명에 대하여 골단유합술을 시행하였던 바, 이들 모두에 대하여 수술전에 흔히 사용되고 있는 골단성장치 예상측정방법인 Gill과 Abbott¹¹⁾, White와 Stubbins³⁰⁾ Anderson, Green 및 Messner³⁾, 그리고 최근에는 Mosley¹³⁾의 방법에 따라 골단유합술후의 예상교정치를 미리 구하고 수술에 임하였다. 이번에 이들중 성장이 종료된 63명중 추시가 가능하였던 30명에 대하여 성장종료후의 최종적인 실제하지부동치를 측정하여 (이하 최종부동치라 한다) 예상교정치 내지 예상부동치의 정확성을 각 방법별로 비교 검토하였다.

재료 및 방법

1. 대 상

서울대학교병원 정형외과에서 1963년 8월부터 1985년 8월까지 만 22년간 골단유합술을 시행하였던 환자중 선천성, 외상성, 염증성, 순환장애, 종양 및 뇌성마비등에 의한 하지부동 환자를 제외한

단지 소아마비 환자는 83명이었다. 이들중 성장이 끝났거나 Anderson, Green 및 Messner⁹⁾의 기준에 의하여 성장이 끝나기 1년전으로 추정되는 환자는 63명인 바, 이중에서 최종추시가 가능하였던 30명을 대상으로 하였다. 소아마비 환자중에서도 임시 성장억제술인 stapling 예가 60년대에 4례 있었으나 본 연구대상에서는 제외시켰다.

2. 하지부동 및 골연령의 측정

골단유합술을 시행한 모든 환자에서 수술전에 수정된 Bell과 Thompson⁹⁾기법으로 정확한 하지부동치를 측정하였다. 또 수부방사선사진을 Pyle, Waterhouse 및 Greulich의 atlas¹⁰⁾와 대조하여 골연령(bone or skeletal age)을 측정하였다.

3. 성장치 계산

모든 예에 대하여 Gill과 Abbott¹¹⁾, White와 Stubbs¹²⁾, 그리고 Anderson, Green 및 Messner⁹⁾의 세가지 방법으로 장측하지에 골단유합술을 시행할 경우의 하지부동 예상교정치를 계산하였다. 최근에는 이밖에도 술전에 2회이상 하지부동치 및 골연령이 측정된 8례에서는 Mosley¹³⁾방법에 의한 예상교정

치로 아울러 계산하였다.

4. 최종부동치의 측정

최종추시에서 역시 수정된 Bell-Thompson⁹⁾기법으로 최종부동치를 측정하였다. 또 수부방사선사진으로 골성장이 끝났는지의 여부를 확인하였다. 이때 만약 골단판이 아직 약간 남아있는 경우라도 pyle 등¹⁰⁾의 atlas에서 판독된 골연령이 골성숙완료 직전 단계인 남자 17세, 여자 14세 7개월까지는 이대상에 포함시켰다.

5. 예상부동치와 최종부동치의 비교 분석

최종부동치를 상수항으로 하고 술전부동치에서 예상교정치를 뺀 예상부동치를 변수항으로 하여 상관 그래프를 그리고 회기방정식 및 상관계수를 구하여 통계적으로 처리하였다¹⁴⁾.

6. 예상교정치 계산방법

A. Gill 과 Abbott 방법(Table 1)

전기한 방법으로 먼저 골연령을 얻고 현재신장과 양측하지의 대퇴골 및 경골의 길이를 구한다. 다음 Goff¹⁵⁾의 "percentile distribution of stature" Fig.

Table 1. Expected growth calculation by Gill and Abbott (1942).

Name of Patient _____		Sex _____		Date of Birth _____	
1. Chronologic Age _____		Bone Age (from Greulich & Pyle Atlas) _____			
2. Present Stature (Height with Pelvis Level) _____		cm _____		inches _____	
3. Bone Lengths (by Orthoroentgenography)					
	Right	Left	Amount of Shortening		
a. Femur	_____ cm	_____ cm	_____ cm		
b. Tibia	_____ cm	_____ cm	_____ cm		
c. Total	_____ cm	_____ cm	_____ cm	_____ inches	
Gill and Abbott					
4. Expected Final Stature (Adult Height of Patient from Percentile Chart)					
_____ inches		_____ cm			
5. Percentage of Normal Bone Length to Present Stature					
a. Femoral	$3a/2 \times 100$	_____ %			
b. Tibial	$3b/2 \times 100$	_____ %			
6. Corrected Probable Final Percentage of Adult Stature (from Tables)					
a. Femoral	$5a \pm \text{Age Factor}$	_____ %			
b. Tibial	$5b \pm \text{Age Factor}$	_____ %			
7. Expected Final Length of Each Normal Bone					
a. Femur	$4 \times 6a$	_____ cm			
b. Tibia	$4 \times 6b$	_____ cm			
8. Expected Growth of Normal Bone					
a. Femur	$7a - 3a$	_____ cm			
b. Tibia	$7b - 3b$	_____ cm			
9. Expected Growth from Distal Femur					
	$8a \times 70\%$	_____ cm			
	Proximal Tibia $8b \times 55\%$	_____ cm			
	Distal Tibia $8b \times 45\%$	_____ cm			

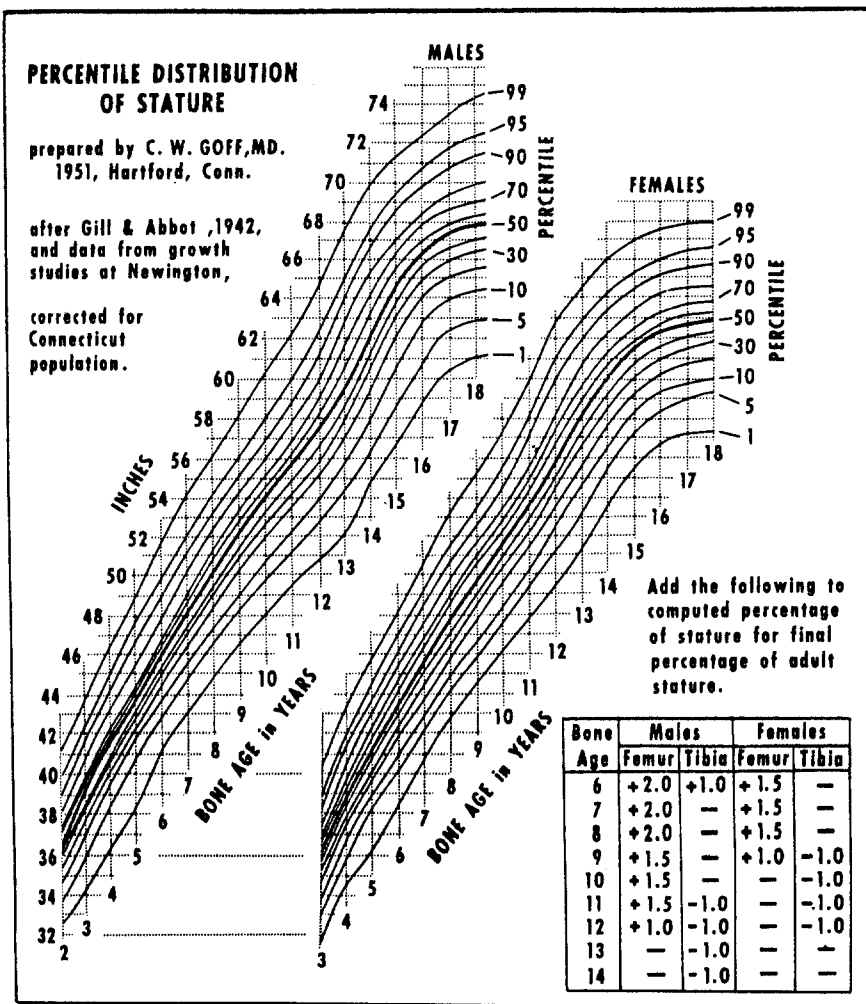


Fig. 1. Percentile distribution of stature by Goff (1951).

Table 2. Expected growth calculation by White & Stubbins (1944)

White and Stubbins

- a. Distal Femur $\frac{3}{8}$ inches per year until 15 in girls
b. Proximal Tibia $\frac{1}{4}$ inches per year until 16 in boys
- Number of Years of Growth Remaining _____
- Expected Growth from Distal Femur $\frac{3}{8} \times 2$ _____ inches
Proximal Tibia $\frac{1}{4} \times 2$ _____ inches

1)에 의하여 성인이되어 골성장이 끝난 후의 최종 신장을 판독하고 정상측 대퇴골과 경골이 현재신장에서 차지하는 비율을 구한다. 정상측 대퇴골 경골의 성인시 신장에 대한 예상비율과 그 예상길이를 구하고 현재의 골길이를 빼면 정상측 각 골의 예상성장치가 계산된다. 이것과 Gill과 Abbott¹¹⁾가

정한 각 골단판의 성장비율을 곱하면 각 골단에서의 예상성장치가 얻어지고 이 값이 곧 골단유합술을 시행하였을 때의 예상교정치가 되는 것이다.

B. White 와 Stubbins 방법(Table 2)

남자에서 16세까지 여자에서는 15세까지 원위대

Table 3. Anderson, Green and Messner (1963)

Growth in distal end of normal femur and proximal end of normal tibia observed in longitudinal series following given skeletal ages
(Growth recorded in centimeters; skeletal ages assessed from Greulich-Pyle Atlas)

50 Girls										50 Boys						
	8 ₃ *	9 ³	10 ³	11 ³	12 ³	13 ³	14 ³	15 ³	10 ³	11 ³	12 ³	13 ³	14 ³	15 ³	16 ³	17 ³
Distal End of the Femur (Total Growth Femur×71%)																
Mean	6.54	5.30	4.15	2.82	1.66	0.75	0.27	0.05	7.21	6.01	4.65	3.09	1.48	0.45	0.15	0.04
σ	1.14	0.92	0.78	0.53	0.40	0.30	0.18	0.08	1.28	1.14	0.91	0.78	0.50	0.23	0.12	0.06
Extreme	9.8	8.6	7.2	4.7	2.8	1.5	0.7	0.4	9.7	8.4	7.2	5.7	3.0	1.0	0.6	0.2
Percentiles																
90th	8.4	6.7	5.0	3.4	2.1	1.1	0.6	0.1	8.9	7.8	5.7	4.2	2.2	0.8	0.3	0.1
75th	7.2	5.8	4.6	3.2	1.9	1.0	0.4	0.1	8.3	6.7	5.2	3.5	1.8	0.6	0.2	0.1
50th	6.5	5.2	4.1	2.8	1.7	0.7	0.3	0.0	7.2	6.1	4.8	2.9	1.4	0.4	0.1	0.0
25th	5.8	4.8	3.7	2.4	1.4	0.6	0.1	0.0	6.3	5.2	4.1	2.6	1.2	0.3	0.1	0.0
10th	5.0	4.3	3.3	2.2	1.1	0.4	0.0	0.0	5.3	4.4	3.4	2.3	1.0	0.2	0.0	0.0
Extreme	4.1	3.1	2.2	1.6	0.7	0.1	0.0	0.0	4.8	3.8	2.8	1.6	0.4	0.1	0.0	0.0
Proximal End of the Tibia (Total Growth Tibia×57%)																
Mean	4.25	3.39	2.58	1.65	0.86	0.32	0.09	0.02	4.65	3.83	2.92	1.80	0.74	0.16	0.04	0.01
σ	0.74	0.58	0.50	0.32	0.26	0.17	0.06	0.03	0.83	0.75	0.62	0.53	0.35	0.12	0.06	0.02
Extreme	6.0	5.1	4.3	2.8	1.5	0.8	0.3	0.1	6.7	5.6	4.7	3.4	2.2	0.7	0.3	0.1
Percentiles																
90th	5.5	4.2	3.2	1.9	1.2	0.6	0.2	0.1	5.8	4.8	3.6	2.5	1.1	0.3	0.1	0.0
75th	4.6	3.7	2.7	1.8	1.0	0.4	0.1	0.1	5.3	4.3	3.3	2.0	0.8	0.2	0.0	0.0
50th	4.1	3.3	2.6	1.6	0.8	0.3	0.0	0.0	4.6	3.8	3.0	1.8	0.7	0.2	0.0	0.0
25th	3.8	3.0	2.3	1.5	0.7	0.2	0.0	0.0	4.0	3.2	2.6	1.4	0.5	0.0	0.0	0.0
10th	3.3	2.8	2.0	1.2	0.6	0.1	0.0	0.0	3.4	2.7	2.0	1.1	0.3	0.0	0.0	0.0
Extreme	2.5	1.9	1.1	0.9	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	2.3	1.6	1.0	0.1	0.0	0.0	0.0

* Figure indicate skeletal ages in years and months. Thus, 8³ is eight years and three months.

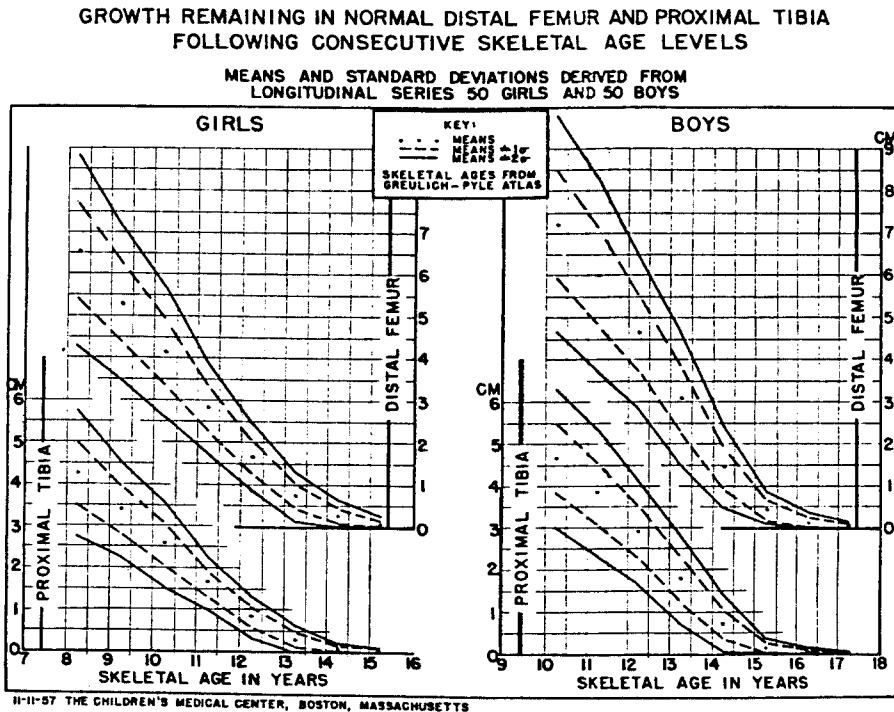


Fig. 2. Growth remaining chart by Anderson, Green and Messner(1963).

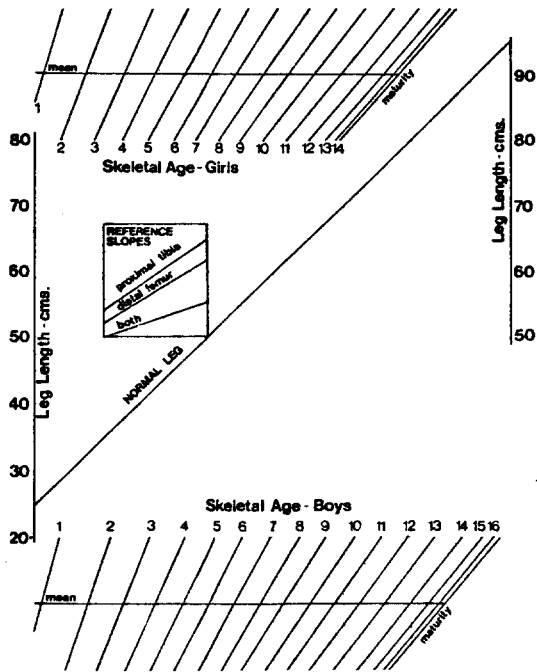


Fig. 3. Mosley's graph for calculation of past growth, timing of surgery, effect of surgery, and post surgical follow-up. (1977).

퇴골골단판은 1년에 $\frac{1}{8}$ 인치, 근위경골골단판은 1년에 $\frac{1}{4}$ 인치씩 성장하는 것으로 보고 현재의 골연령을 구하여 남은 성장년수에 $\frac{1}{8}$ 및 $\frac{1}{4}$ 을 곱하여 각 골단의 예상성장치를 계산하면 골단유합술시의 예상교정치가 된다.

C. Anderson, Green 및 Messner 방법(Table 3)

이들은 골연령상 남자에서 17 $\frac{1}{4}$ 세까지 여자에서는 15 $\frac{1}{4}$ 세까지 원위대퇴골골단판과 근위경골골단판의 남은 성장치를 정상인에서 구하여 그래프를 만들었다(Fig. 2). 이 그래프를 기준으로 각 골연령에 해당하는 평균잔여성장치를 구하면 이것이 예상교정치에 해당하게 된다. 또 Table 3에서와 같이 정상잔여성장치표를 이용하여 평균잔여성장치를 숫자로 직접 읽을 수도 있다.

D. Mosley 방법(Fig. 3)

두번이상 하지길이 측정과 골연령측정을 하여 정상하지선에 정상측 하지길이를 표시하고 그 수직선상에 단측하지의 길이를 표시한 후 이 수직선을 해당 연령점까지 연장한다. 후속점사시의 연령점도 같은 방법으로 결정한 다음 이들 두개이상의 점들의 평균점을 수평으로 골성숙선까지 연장하여 그 교차점에서 다시 수직으로 올려 그으면 처음 단측

Table 4. Chronologic Ages at time of operation

	Male		Female		Total	
	Unilat.	Bilat.	Unilat.	Bilat.	Unilat.	Bilat.
No. of patients	14	3	11	2	25	5
Average age (year)	14.6	14.1	13.8	14.4	13.7	14.2
(youngest-oldest)	(12.9-18)	(13.7-14.5)	(11.3-15.8)	(13-15.8)	(11.3-18)	(13-15.8)
Total	14.5 (12.9-18)		13.9 (11.3-15.8)		14.2 (11.3-18)	

Table 5. Bone Age at time of operation

	Male		Female		Total	
	Unilat.	Bilat.	Unilat.	Bilat.	Unilat.	Bilat.
No. of patients	14	3	11	2	25	5
Average age (year)	14.4	13.3	13.2	13.5	13.9	13.4
(youngest-oldest)	(13-16)	(13-14)	(11.3-14.6)	(12.3-14.6)	(11.3-16)	(12.3-14.6)
Total	14.2 (13-16)		13.3 (11.3-14.6)		13.8 (11.3-16)	

하지길이 2개이상의 점을 이은 연결선과의 교차점이 단측하지의 최종예상길이이다. 정상하지선상에서는 정상하지의 최종예상길이 구해진다. 이것들의 차이가 최종예상부동치이다.

단측하지의 최종예상길이점에서 골단유합술기준선에 평행하게 역으로 그으면 정상하지선과 부딪치는 점이 수술시기(연령 및 이때의 정상하지길이)가 된다.

결 과

가. 증례분석

성별로는 남자가 17명, 여자가 13명이었고 이중 편측성소아마비는 25명, 양측성소아마비는 5명이었다.

수술당시의 만력연령(calendar or chronologic age)은 남자평균 14.5세, 여자평균 13.9세였다 (Table 4). 골연령은 남자평균 14.2세, 여자평균 13.3세였다 (Table 5).

골단유합술을 시행한 부위별로는 원위대퇴골골단만 시행한 예가 16명이었고 원위대퇴골골단 및 근위경·비골골단을 동시에 시행한 예가 11명이었다.

3명에서는 거의 골성장이 끝날 무렵에 골단유합술이 시행되어 원위경·비골골단까지도 유합술을 시행하였다.

원위경·비골골단에 대한 예상성장치는 Gill과 Abbott¹¹⁾방법만이 계산가능하며 나머지 세 방법에서는 무시하고 있다 (Table 6).

최종추시까지의 술후추시기간은 평균 3.6년으로서 최장 8.5년, 최단 1년이었다. 최종 추시때의

Table 6. Sites of operation

	Male		Female		Total	
	Unilat.	Bilat.	Unilat.	Bilat.	Unilat.	Bilat.
No. of patients	14	3	11	2	25	5
Distal Femur	7	2	6	1	13	3
Distal femur and proximal tibia and fibula	5	1	4	1	9	2
All American*	2		1		3	

* distal femur, proximal and distal tibia and fibula.

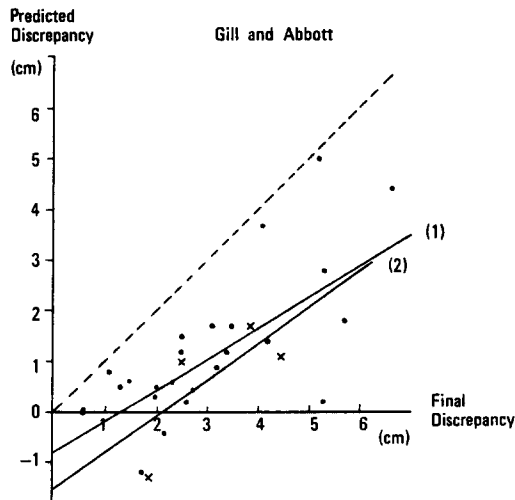


Fig. 4. Slope (1): 25 unilateral cases
 $y = -0.82 + 0.66x$ $r = 0.73$
 Slope (2): 5 bilateral cases
 $y = -1.49 + 0.72x$ $r = 0.68$
 • : unilateral case, x : bilateral case

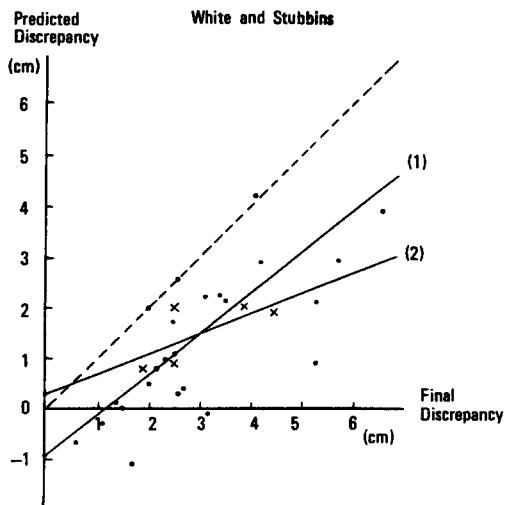


Fig. 5. Slope (1): 25 unilateral cases
 $y = -0.89 + 0.78x$ $r = 0.72$
 Slope (2): 5 bilateral cases
 $y = 0.32 + 0.39x$ $r = 0.70$
 • : unilateral case, x : bilateral case

만력연령은 남자에서 평균 18세, 여자에서 평균 17.6세였다. 이들의 최대나이는 남자 21세, 여자 23.6세였고 최소나이는 남자 15.3세, 여자 15세였다.

합병증은 골단불완전유합이 1례로서 원위대퇴골 전방부의 부분골단유합술을 다시 시행하였다. 그밖에 골단관분리나 감염 혹은 슬관절부위의 진행성변형은 없었다.

나. 최종부동치와 각 예상부동치와의 비교 분석

이상과 같이 하여 편측성소아마비 환자 25명에서는 Gill과 Abbott 방법으로 회귀방정식 $y = -0.82 + 0.66x$, 상관계수 $r = 0.73$ (Fig. 4)을 얻었고, White와 Stubbins 방법으로는 회귀방정식 $y = -0.89 + 0.79x$, 상관계수 $r = 0.72$ (Fig. 5), 그리고 Anderson, Green 및 Messner의 방법으로 회귀방정식 $y = -0.34 + 0.88x$ 상관계수 $r = 0.79$ (Fig. 6)를 얻었다.

양측성소아마비 환자 5명에서는 Gill과 Abbott의 방법으로 회귀방정식 $y = -1.49 + 0.72x$ 상관계수 $r = 0.68$ (Fig. 4)을 얻었고, White와 Stubbins 방법으로는 회귀방정식 $y = 0.32 + 0.39x$ 상관계수 $r = 0.70$ (Fig. 5), 그리고 Anderson, Green 및 Messner의 방법으로는 회귀방정식 $y = 0.37x$, 상관계수 $r = 0.29$ (Fig. 6)를 얻었다.

이상의 결과에서 예상부동치 예측방법별 상관계수(r)에 대하여 유의성검정을 한 결과 편측성 소아

마비의 경우 모두 통계적 의의가 있는 것으로 나타나($P < 0.05$) 이들 방법이 예측능력을 가진다고 할 수 있었다.

예상부동치와 최종부동치가 일치하는 이상적인 예측방법의 회귀방정식이 $y = x$ 로서 각 예측방법의 회귀방정식($y = a + bx$)에서 기울기(b)가 1인가를 t검정한 결과 Gill과 Abbott¹¹⁾ 방법은 통계적으로는 1이라고 볼 수 없었으며($P < 0.05$), 다른 두 방법은 1이라고 볼 수 있는 것으로 나타났다($P < 0.05$) y축의 절편(a)이 0인가 하는데 대하여 t검정한 결과로는 세가지 방법이 모두 $a = 0$ 라고 볼 수 있는 것으로 나타났다($P < 0.05$).

r, b, 및 a에 대한 통계적 검정을 종합하여 볼 때 White와 Stubbins¹²⁾ 방법과 Anderson등³⁾의 방법은 상관관계도 유의하면서 기울기(b)와 y축의 절편(a) 등이 이상적인 예측수식 $y = x$ 와 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났다.

White와 Stubbins¹²⁾ 방법과 Anderson등³⁾의 두 방법들 사이에 예측능력에 있어 우열의 차이가 있는지를 알기 위하여 두 예측방법의 기울기간의 차이를 t검정하였다. 그 결과 두 방법 사이에는 통계적으로 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$). 이는 White와 Stubbins¹²⁾의 방법과 Anderson, Green 및 Mess-

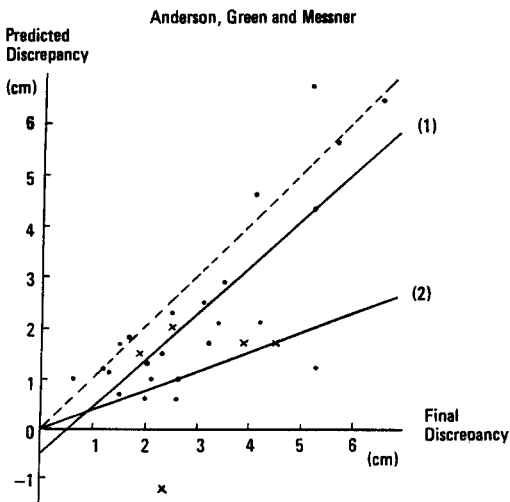


Fig. 6. Slope (1): 25 unilateral cases
 $y = -0.34 + 0.88x$ $r = 0.79$
 Slope (2): 5 bilateral cases
 $y = 0.37x$ $r = 0.29$
 • : unilateral case, x : bilateral case

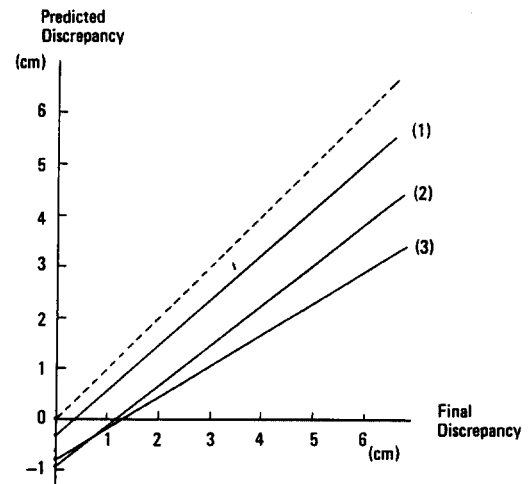


Fig. 7. Slopes in 25 unilateral cases
 (1) by Anderson, Green and Messner $y = -0.34 + 0.88x$ $r = 0.79$
 (2) by White and Stubbins $y = -0.89 + 0.79x$ $r = 0.72$
 (3) by Gill and Abbott $y = -0.82 + 0.66x$ $r = 0.73$

This nomogram shows the prediction of final discrepancy by Anderson, Green and Messner's method is apparently most accurate.

ner³⁾의 방법이 꼭 같이 믿을만한 예상교정치 측정 방법이라는 것을 의미한다. 이는 또한 Anderson 등의⁴⁾ 방법이 비록 도표상으로는 예상부동치가 최종

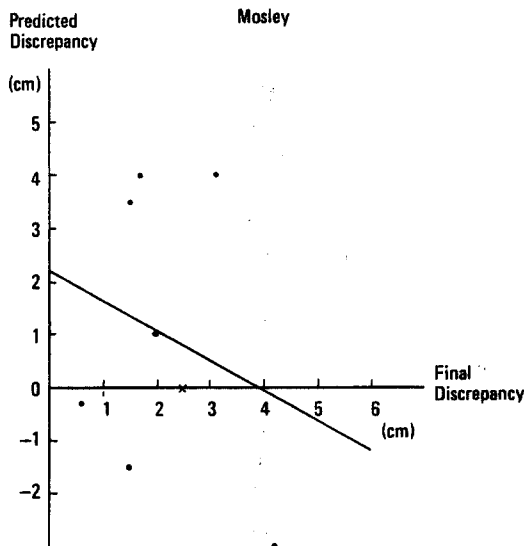


Fig. 8. Slopes and scatter graphy for 8 patients by Mosley $y = -2.20 - 0.58x$ $r = -0.24$
 • : unilateral cases, x: bilateral cases

부동치에 가장 접근하는 것으로 나타났지만 통계적으로 의의가 있는 것은 아니라는 뜻이다(Fig. 7).

양측성소아마비 환자에서는 상관계수의 검정에서 ($P > 0.05$) 으로 세 방법 모두 통계적으로 의의가 없는 것으로 나타났다. 결국 양측성소아마비 환자에서는 이 세가지 방법이 모두 예상교정치 측정방법으로는 정확치 않다는 것을 의미한다.

Mosley²⁵⁾ 방법에 의한 예상부동치 산출이 가능하였던 8 명에 대하여는 회귀방정식 $y = 2.20 - 0.58x$ 상관계수(r) 0.24를 얻었으나 (Fig. 8) 이 상관계수는 통계적으로 의의가 없는 것으로 나타났다.

고 찰

하지부동은 소아와 성인에서 공히 볼 수 있으나 그 교정방법은 소아와 성인에 따라 차이가 있다. 성인에서는 장축하지를 짧게 만드는 골단축술이나 단축하지를 길게 하는 골연장술등을 시행할 수 있으나^{10, 30)} 성장중인 소아에서는 골단축술은 적응되지 않으며 골연장술도 일차적으로 고려하기에는 적합하지 않다. 성장기 소아에서 단축하지의 성장촉진을 위하여 과거에 여러방법들이 시도되었으나 별로 효과가 없었다³¹⁾. 이들에서는 장축하지 성장의 일부분

Table 7. Final results compared with the predicted effect (unilateral cases)

	Gill & Abbott (No. of cases)	White & Stubbins (No. of cases)	Anderson Green, and Messner (No. of cases)	Mosley (No. of cases)
Result within 1.3cm of predicted amount	56% (14/25)	68% (17/25)	80% (20/25)	43% (3/7)
Result 1.3cm or more above predicted amount	44% (11/25)	28% (7/25)	16% (4/25)	29% (2/7)
Result 1.3cm or more below predicted amount	0	2% (1/25)	2% (1/25)	29% (2/7)

Table 8. Final results compared with the predicted effect (bilateral cases)

	Gill & Abbott (No. of cases)	White & Stubbins (No. of cases)	Anderson Green, and Messner (No. of cases)	Mosley (No. of cases)
Result within 1.3cm of predicted amount	0	40% (2/5)	40% (2/5)	0
Result 1.3cm or more above predicted amount	100% (5/5)	60% (3/5)	60% (3/5)	100% (1/1)
Result 1.3cm or more below predicted amount	0		0	0

억제 내지 소멸시켜 성장이 끝날 때 양측하지길이 가 같아지도록 하는 방법들이 보편적으로 사용되었다.

Phemister¹⁰⁾가 1933년 처음으로 골단유합술(epiphyseodesis)을 시행하였고 Blount¹¹⁾는 1952년 골단판에 staple을 박아 성장억제술(growth arrest)을 시행하였다. 그후 이 두 방법에 대하여 여러 보고자들이 검토하거나 술식을 개선하였다^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100}.

Staple에 의한 성장억제술은 일시적인 성장억제로서 필요하다면 staple의 제거로서 성장을 재개시킨다는 장점도 있으나 staple의 탈출, 슬관절의 변형 등 많은 합병증으로^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100} 현재는 거의 쓰이지 않고 있다. 반면에 골단유합술은 술식이 간편하고 안전하여 현재도 널리 사용되고 있으나 이것이 영구적인 억제술이기 때문에 수술의 시기와 부위에 정확성을 요구한다. 이를 위하여는 무엇보다도 하지성장의 정확한 예측이 필요하다. 이를 해결하기 위한 전제조건으로 정확한 하지길이 측정방법^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100}, 골연령측정법^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100}, 하지성장도 및 각 골단판에서의 성장치동이 활발히 연구되었다^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100}.

하지길이 측정방법으로 저자들이 이용한 방법은 orthoroentgenography의 일종인 Bell과 Thompson의 방법¹⁾을 수정하여 환자와 테이블 그리고 쇠줄자가 동시에 옮겨지면서 17인치×14인치 필름에 고관절, 슬관절 족관절을 각각 찍고 필름상에 보이는 쇠줄자의 눈금차이로 각골의 길이를 측정하는 것이다.

골연령의 측정은 저자들은 Greulich와 Pyle의 atlas¹⁶⁾의 수정판인 Pyle, Waterhouse 및 Greulich의 atlas (1971)¹⁷⁾를 기준으로 삼았는데 정과 이¹⁸⁾는 1974년 한국인의 골연령측정에 이를 적용하여도 무방하다는 것을 통계적으로 입증한 바 있다.

연령에 따른 하지의 성장도의 측정에는 만력연령보다 골연령이 널리 사용되는 바¹⁹⁾ 저자들도 이에 따랐다. 한편 Westh와 Menelaus는 만력연령으로도 만족할만 하다고 하였다²⁰⁾.

성장치의 측정에서 가장 중요한 요소중 하나가 성장이 언제 완료되는가 하는 것이다. 골연령을 기준으로 한 경우 White와 Stubbins²¹⁾는 남자 16세 여자 15세에서, Green과 Anderson²²⁾은 남자 17½세 여자 15½세에서, Menelaus²³⁾는 남자 16세 여자 14세에서 그리고 Poirier²⁴⁾는 남자 16.5세 여자 15.1세에 골성장이 끝나는 것으로 간주하였고, 만력연령으로는 Westh와 Menelaus²⁵⁾가 남자 16세 여자 14세에 골성장이 끝나는 것으로 간주하였다. 저자들은 수부방사선 소견상 골단판이 폐쇄되었거나 Pyle등²⁶⁾의 atlas에서 골단판 폐쇄 직전의 연령(남자 17세 여자 14세 7개월)까지도 대상에 포함시켰다.

대퇴골과 경골의 근·원위골단의 성장비율에 대하여도 원위대퇴골골단판의 성장율은 대퇴골 자체에 대하여 64-83%, 근위경골의 골단성장율은 경골 자체에 대하여 55-60%까지로 상당한 이견이 있다²⁷⁾.

골단유합술에 주로 사용되는 부위인 원위대퇴골골단판과 근위경골골단판의 성장치의 예측방법은 Gill과 Abbott²⁸⁾, White와 Stubbins²⁹⁾, Anderson등³⁰⁾ Mosley³¹⁾ 그리고 Menelaus³²⁾등 많은 방법들이 있다³³⁾ 이들은 각기 다른 기준치에 의하여 그 성장치를 예측하였지만 환자 개인의 골성장의 증가속도, 상대적 신장크기 및 단측하지의 불구정도에 따라 어느 정도의 오차는 필연적인 바 Anderson등³⁴⁾은 이 개인차를 극소화하려고 노력하였다. 저자들은 Gill과 Abbott²⁸⁾, White와 Stubbins²⁹⁾, 그리고 Green과 Anderson³⁵⁾ 방법을 함께 모든 예에서 사용하였다. 근래에는 Green과 Anderson³⁶⁾방법이 수정된 Anderson, Green 및 Messner³⁷⁾의 방법으로 다시 계산하여 본 연구에 사용하였다. 최근에는 8례에서 Mosley³⁸⁾의 방법도 추가로 사용하였다.

Gill과 Abbott²⁸⁾ 방법은 미국 Connecticut 주의 백인을 대상으로 한 "percentile distribution of stature" (Goff)³⁹⁾을 이용하나 저자들이 여기서 유도해낸 예상최종신장치와 교정된 최종신장치(실제최종신장치+실제교정치)의 차이평균이 4.5cm으로서 대퇴골과 경골이 각기 전체신장치의 20-30%를 접하는 것을 감안한다면 0.5-1.5m까지도 오차가 생길 수 있어 이것이 Gill과 Abbott²⁸⁾방법이 다른 두 방법보다도 가장 통제적 신뢰도가 낮은 원인이 아닌가 사료된다. 따라서 앞으로는 한국인소아의 신장발육표로 대체되어야 할 것으로 생각된다.

Mosley³¹⁾의 방법은 저자들의 경우에서 Mosley 자신의 결과와 반대되는 결과를 얻은 바 이는 환자들이 비교적 늦은 나이인데다 그 측정하는 기간도 짧아서 그의 그래프에서 오차가 클 수 있었다는 것과 그 증해도 많지 않았다는 데에 기인하는 것으로 생각된다.

예상부동치가 최종부동치보다 적은 경우 즉 과소 예측(under-prediction)한 경우는 Gill과 Abbott²⁸⁾에서 25례, White와 Stubbins²⁹⁾는 21례, Anderson, Green 및 Messner³⁷⁾에서는 18례였다. 반면 예상부동치가 최종부동치 보다 많은 경우 즉 과대예측(over-prediction)한 예는 Gill과 Abbott²⁸⁾에서는 없었고 White와 Stubbins²⁹⁾에서는 2례, 그리고 Anderson Green 및 Messner³⁷⁾에서는 6례였다. 그러나 실제로 과대교정(over-correction)된 경우 즉 골단유합술의 시행한 쪽이 단측보다도 더 짧아진 예는 하나도 없었다.

골단유합술의 효과를 평가함에 있어 각 예상교정치 산출방법에 따른 예상부동치와 최종부동치의 차이가 1.3cm($\frac{1}{2}$ 인치) 이내인 경우와 이상인 경우로 나누어 보면 (Table 7) Anderson 등³⁾의 방법에 의할 때 1.3cm이내인 경우가 80%로서 오차가 가장 적었다. Green과 Anderson¹⁶⁾은 그들의 방법에서 88.5%, Westh와 Menelaus³⁾는 그들의 방법에서 85.1%라는 결과를 얻은 바 있다. 이들에 비하여 저자들의 결과가 다소 뒤지는 원인은 과거 Green과 Anderson¹⁶⁾의 수정전 방법이 오차가 심한 것 같아서 주로 Gill과 Abbott¹¹⁾방법과 White와 Stubbins²³⁾방법에 의존한 때문인 것으로 사료된다.

한편 통계적 검정에서 이미 검토한 바와 같이 양측성 소아마비 환자에서는 1.3cm미만이 40%에 불과하여 편측성과는 큰 차이를 나타내었다(Table 8).

저자들의 증례에서 합병증을 유발한 환자는 1명 뿐으로 골단불완전유합이 있어 재수술을 시행하였는 바 최종추시에서도 예상부동치와 최종부동치의 차이가 White와 Stubbins²³⁾에서 4.4cm, Anderson 등³⁾에서는 4.1cm로 가장 많았다.

결 론

저자들은 성장기 소아마비 환자의 하지부동을 치료하기 위하여 시행된 골단유합술 시행례중 골성장이 끝날 때까지 추시가 가능하였던 30례를 대상으로 당초 예상교정치와 최종교정치를 비교 분석하여 예상교정치의 정확도를 규명하고자 하였다.

그 결과 편측성소아마비 환자에서는 White와 Stubbins²³⁾방법과 Anderson, Green 및 Messner³⁾의 방법이 통계적으로 믿음만하였다.

Gill과 Abbott¹¹⁾ 방법에서는 미국 Connecticut주의 백인신장발육표에 의존한 결과 비교적 정확성이 떨어지는 결과를 얻었는 바 앞으로는 한국인소아의 신장발육표를 적용함이 바람직할 것으로 사료된다.

Mosley 방법에 대하여는 아직 그 술전평가 기간이 짧아 통계적으로 의의있는 결론을 못 얻었다.

양측성소아마비 환자에 있어서는 교정치의 예상치 훨씬 부정확하였다.

REFERENCES

- 1) 기정일 · 이덕용 : 하지부동. 대한정형외과 학회지 제 4 권 제 3 호 1-11, 1969.
- 2) 정문상 · 이덕용 : 한국아동의 골격발육에 관한 연구(제 1 부 수부). 대한정형외과학회지 제 9 권 제 3 호 267-277, 1974.
- 3) Anderson, M., Green, W.T. and Messner, M.B.:

- Growth and Predictions of Growth in the Lower Extremities. J. Bone and Joint Surg.*, 45-A:1-14, 1963.
- 4) Bayley, N.: *Growth Curves of Height and Weight by Age for Boys and Girls, Scaled According to Physical Maturity. J. Pediatrics*, 48:187, 1956.
 - 5) Bayley, N. and Pinneau, S.R.: *Tables for Predicting Adult Height from Skeletal Age; Revised for Use with the Greulich-Pyle Hand Standards. J. Pediat.*, 40:423-441, 1952.
 - 6) Bell, J.S. and Thompson, W.A.L.: *Modified Spot Scanography. Am. J. Roent.*, 63:915-916, 1950.
 - 7) Blount, W.P.: *Control of Bone Length. J.A.M.A.*, 148, 451-453, 1952.
 - 8) Bowen, J.R. and Johnson, W.J.: *Percutaneous Epiphyseodesis. Clin. Orthop.*, 190:170-173, 1984.
 - 9) Brockway, A., Craig, W.A. and Cockrell, B.R.: *End-Result Study of Sixty-Two Stapling Operations. J. Bone and Joint Surg.*, 36-A:1063-1079, 1954.
 - 10) D'Aubigne, R.M. and Dubousset, J.: *Surgical Correction of Large Length Discrepancies in the Lower Extremities of Children and Adults. J. Bone and Joint Surg.*, 53-A:411-430, 1971.
 - 11) Gill, G.G. and Abbott, L.C.: *Practical Method of Predicting the Growth of the Femur and Tibia in the Child. Arch. Surg.*, 45:286-315, 1942.
 - 12) Goff, C.W.: *Surgical Treatment of Unequal Extremities. C.C. Thomas.* 3-17, 1960.
 - 13) Goff, C.W.: *Surgical Treatment of Unequal Extremities. C.C. Thomas.* 18-39, 1960.
 - 14) Green, W.T. and Anderson, M.: *Experiences with Epiphyseal Arrest in Correcting Discrepancies in Length of Lower Extremities in Infantile Paralysis. A Method of Predicting the Effect. J. Bone and Joint Surg.*, 29:659-675, 1947.
 - 15) Green, W.T. and Anderson, M.: *Epiphyseal Arrest for the Correction of Discrepancies in Length of the Lower Extremities. J. Bone and Joint Surg.*, 39-A:853, 1957.
 - 16) Green, W.T. and Anderson, M.: *Skeletal Age and the Control of Bone Growth. Instructional Course Lectures, Vol. XVII:199-217, C. V. Mosby, 1960.*
 - 17) Green, W.T., Wyatt, G.M. and Anderson, M.: *Orthoroentgenography as a Method of Measuring the Bones of the Lower Extremities. J. Bone and Joint Surg.*, 28:60-65, 1946.
 - 18) Greulich, W.W. and Pyle, S.I.: *Radiographic Atlas of Skeletal Development of the Hand and Wrist. 2nd Ed.*

Stanford University Press, 1959.

- 19) McGibbon, K.C., Deacon, A.E. and Raisback, C.C.: *Experiences in Growth Retardation with Heavy Vitamin Staples*. *J. Bone and Joint Surg.*, 44-B:86-92, 1962.
 - 20) Menelaus, M.B.: *Correction of Leg Length Discrepancy by Epiphysial Arrest*. *J. Bone and Joint Surg.*, 48-B: 336-339, 1966.
 - 21) Morsher, E. and Finger, G.: *Measurement of Leg Length in Leg Length Discrepancy, The Injured Knee*. Edited by Hungerford, D.S., Springer-Verlag, 21-27, 1977.
 - 22) Mosley, C.F.: *A Straight-Line Graph for Leg Length Discrepancies*. *J. Bone and Joint Surg.*, 59-A:174-179, 1977.
 - 23) Petrie, A.: *Lecture Notes on Medical Statistics*, Blackwell Scientific Publication, 1978.
 - 24) Phemister, D.B.: *Operative Arrestment of Longitudinal Growth of Bones in Treatment of Deformities*. *J. Bone and Joint Surg.*, 15:1-15, 1933.
 - 25) Pilcher, M.F.: *Epiphyseal Stapling*. *J. Bone and Joint Surg.*, 44-B:82-85, 1962.
 - 26) Poirier, H.: *Epiphyseal Stapling and Leg Equalization*. *J. Bone and Joint Surg.*, 50-B:61-69, 1968.
 - 27) Pyle S.I., Waterhouse A.M. and Greulich W.W.: *A Radiographic Standard of Reference for the Growing Hand and Wrist*. The Press of Case Western Reserve University. Cleveland, Ohio, 1971.
 - 28) Straub, L.R., Thompson, T.C. and Wilson, P.D.: *The Results of Epiphysiodesis and Femoral Shortening in Relation to Equalization of Limb Length*. *J. Bone and Joint Surg.*, 27:254-266, 1945.
 - 29) Todd, T.W.: *Atlas of Skeletal Maturation (Hand)*. St. Louis, C. V. Mosby Co., 1937.
 - 30) Wagner, H.: *Surgical Lengthening or Shortening of Femur and Tibia. Techniques and Indications in Leg Length Discrepancy*. *The Injured Knee*. Edited by Hungerford, D.S., Springer-Verlag. 71-94, 1977.
 - 31) Westh, R.N. and Menelaus, M.B.: *A Simple Calculation for the Timing of Epiphyseal Arrest*. *J. Bone and Joint Surg.*, 63-B:117-119, 1981.
 - 32) White, J.W. and Stubbins, S.G.: *Growth Arrest for Equalizing Leg Lengths*. *J.A.M.A.*, 124:1146, 1944.
-