

## Dual Growing Rod Treatment for Progressive Pediatric Spinal Deformity

Seungjin Choi, M.D., Hak-Sun Kim, M.D., Kyung-Soo Suk, M.D., Seung-Pyo Hong, M.D., He Quan, M.D.,  
Hwan-Mo Lee, M.D., Seong-Hwan Moon, M.D., Jae-Ho Yang, M.D., Joong-Won Ha, M.D.

J Korean Soc Spine Surg 2017 Sep;24(3):183-189.

Originally published online September 30, 2017;

<https://doi.org/10.4184/jkss.2017.24.3.183>

Korean Society of Spine Surgery

Asan Medical Center 88, Olympic-ro 43 Gil, Songpa-gu, Seoul, 05505, Korea

Tel: +82-2-483-3413 Fax: +82-2-483-3414

©Copyright 2017 Korean Society of Spine Surgery

pISSN 2093-4378 eISSN 2093-4386

The online version of this article, along with updated information and services, is  
located on the World Wide Web at:

<http://www.krspine.org/DOIx.php?id=10.4184/jkss.2017.24.3.183>

---

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

# Dual Growing Rod Treatment for Progressive Pediatric Spinal Deformity

Seungjin Choi, M.D., Hak-Sun Kim, M.D., Kyung-Soo Suk, M.D., Seung-Pyo Hong, M.D., He Quan, M.D., Hwan-Mo Lee, M.D.\*, Seong-Hwan Moon, M.D.\*, Jae-Ho Yang, M.D.\*, Joong-Won Ha, M.D.†

*Department of Orthopedic Surgery, Gangnam Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine, Korea*

*\*Department of Orthopedic Surgery, Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine, Korea*

*†Department of Orthopedic Surgery, National Health Insurance Service Ilsan Hospital, Korea*

**Study Design:** Retrospective study.

**Objectives:** To evaluate the outcomes of dual growing rod treatment over a follow-up period of at least 2 years in patients with progressive pediatric spinal deformity.

**Summary of Literature Review:** The dual growing rod treatment is safe and effective in curve correction and maintenance in patients with progressive pediatric spinal deformity.

**Materials and Methods:** Between 2009 to 2017, 14 patients who underwent dual growing rod treatment were followed up for more than 2 years. We analyzed their demographic and radiologic data, including age at surgery, sex, diagnosis, instrumented levels, number of total operations, number of lengthening procedures, interval of lengthening, Cobb angle, thoracic kyphosis angle, lumbar lordosis angle, T1-S1 length, and complications.

**Results:** The mean age of the patients was 11.0±2.9 years old. There were 10 male and 4 female patients, including 8 cases of neuromuscular scoliosis, 3 cases of idiopathic scoliosis, 2 cases of spondyloepiphyseal dysplasia, and 1 case of congenital scoliosis. The mean follow-up period was 42.4±14.0 months. The total number of operations was 6.6±2.6. The average number of lengthening procedures was 4.3±2.3 at an interval of 6.9±2.1 months. The Cobb angle improved from 60.4°±27.9° to 33.5°±19.7° after the initial treatment and 29.1°±16.4° after the last follow-up or final fusion. The T1-S1 length increased from 328.2±57.5 mm to 388.0±64.9 mm after the initial treatment and 424.9±64.4 mm after the last follow-up or final spinal fusion. The average growth rate was 11.5 mm/year. Six patients experienced 11 complications, of which 4 were Implant-related, and 7 were Infections.

**Conclusions:** The dual growing rod technique is an effective and relatively safe treatment in patients with progressive pediatric spinal deformity.

**Key words:** Spinal deformity, Scoliosis, Growing rods

## 서론

진행형 소아 척추 기형 환자는 적절한 치료를 받지 않는다면 심한 척추변형과 함께 폐기능 장애, 심기능 장애를 초래하여 조기 사망을 야기시킬 수 있다.<sup>1,2)</sup> 따라서 척추의 정렬을 회복시키고 폐기능과 흉곽의 적절한 발달을 유지하는 것이 진행형 소아 척추 기형 환자의 치료 목표라 할 수 있다.

진행형 소아 척추 기형 환자의 치료는 아직까지도 해결하기 어려운 문제로 여겨지고 있다. 보조기나 캐스트 등과 같은 보존적 치료가 우선적으로 시행되지만, 치료에 실패하거나 적응증이 되지 않을 경우에는 수술적 치료를 고려해야 한다. 초기 수

**Received:** May 09, 2017

**Revised:** July 23, 2017

**Accepted:** August 17, 2017

**Published Online:** September 30, 2017

**Corresponding author:** Hak-Sun Kim, M.D.

**ORCID ID:** <https://orcid.org/0000-0002-8330-4688>

Department of Orthopaedic Surgery, Gangnam Severance Hospital, 211 Eonju-ro, Gangnam-gu, Seoul 06273, Korea

**TEL:** +82-2-2019-3411, **FAX:** +82-2-573-5393

**E-mail:** haksunkim@yuhs.ac

술방법으로 사용된 척추기기를 이용한 유합술은 척추기형 교정장치에는 효과적이지만, 상체가 상대적으로 짧아지면서 신체적 불균형을 초래하게 되며, 흉곽 및 폐성장이 제한되면서 흉곽부전증을 초래할 수 있다.<sup>3,4)</sup>

이를 해결하기 위해 척추 유합없이 수술하는 성장 유지 수술법이 소개되었다.<sup>5)</sup> 이는 진행형 척추 기형을 지닌 환자가 최종 유합술을 시행할 수 있는 적절한 척추의 성숙, 또는 나이에 이를 때까지 척추변형을 조절하고 척추 성장을 유지하기 위하여 반복적인 연장술을 시행한 후 적절한 시점에 최종 유합술을 시행하는 개념이다. 수술기법의 발달로 성장형 금속봉을 이용한 연장수술법에 대한 많은 연구가 세계적으로 이루어졌으며, 효과적인 수술법으로 보고되었고, 현재까지도 사용되고 있다. 국내에서는 성장형 금속봉을 이용한 수술 후 그 조기결과에 대한 보고<sup>6)</sup>가 한 차례 있었으나, 그 대상이 작고, 추시 기간이 짧으며, 장기 추시 결과에 대한 보고는 아직까지 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 성장형 금속봉을 사용하여 교정 수술을 시행한 후 그 장기 추시 결과에 대해 보고하고자 한다.

## 대상 및 방법

### 1. 연구대상

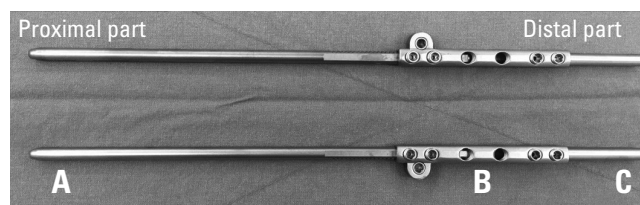
본 연구에 참가한 모든 환자는 미성년자로서, 보호자의 동의를 얻어 연구에 참여하였다. 선정기준(inclusion criteria)은 1) 방사선학적 측정상 측만각 혹은 후만각의 10도 이상 변화가 관찰되는 진행성 척추 기형을 진단 받은 경우, 2) 성장이 2년 이상 남아있는 경우, 3) 심한 척추 기형(Cobb's 각이 45도 이상 또는 척추체 붕괴로 인해 정상적인 성장이 불가능한 경우)으로 수술적 치료를 시행한 경우로 정하였다. 제외기준(exclusion criteria)은 1) 이중 성장형 금속봉을 사용하지 않은 경우, 2) 경과 추시기간이 2년 미만인 경우로 정하였다.

연구윤리심의 위원회의 승인(IRB No.3-2017-0116)을 얻은 후, 2009년 부터 2017년까지 이중 금속봉을 이용하여 수술적 치료를 시행한 총 23 명의 진행형 소아 척추기형 환자를 대상으로 후향적 분석을 시행하였다. 이 중 제외기준을 배제한 14명의 환자가 최종적으로 선정되었다.

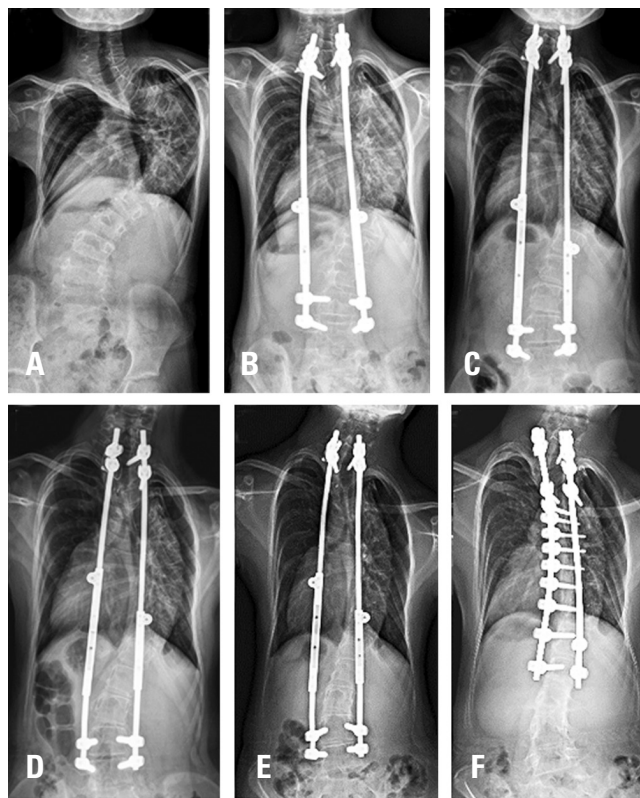
### 2. 수술 방법 및 수술 후 처치

최초 수술 범위는 Harrington 원리를 기초<sup>7)</sup>로 하였으며 국내에서 개발된 이중 성장형 금속봉(GS growing rod system, GS medical, Korea)을 수술기기로 이용하였다. 성장형 금속봉은 직경 6 mm의 titanium alloy 재질로 이루어졌으며 크게 근위부, 중간부, 원위부 세 부분으로 구성되어 있다. 근위부는 성장형 금속봉으로서 흉요추부 만곡에 따라 구부릴 수 있고 척추경 나

사못에 부착되게 되며 실제적인 길이성장이 이뤄지는 부분이다. 원위부는 일반적 금속봉으로서 요추 만곡에 따라 구부릴 수 있고 척추경 나사못에 부착되게 되며 중간부 성장 연결부와 연결된다. 가장 연장수술의 핵심이 되는 중간부분은 성장 연결부로서 만곡에 따라 구부릴 수 없으나, 고정나사를 시계방향으로



**Fig. 1.** Three-part composition of the growing rod system. **(A)** Growing rod for thoracolumbar contouring. **(B)** Growing connector. **(C)** Conventional rod for lumbar contouring.



**Fig. 2.** Serial radiographs of an 11-year-old male patient with idiopathic scoliosis who underwent 9 corrective operations using growing rod lengthening. **(A)** Preoperative whole spine posteroanterior (PA) X-ray showing a Cobb angle of 109.5°. **(B)** Postoperative whole spine PA view after the first operation, where the curve was corrected to a Cobb angle of 60.1°. **(C)** Postoperative whole-spine PA view of the fourth operation after 3 lengthening procedures. **(D)** Postoperative whole-spine PA view of the fifth operation after rod exchange and lengthening. **(E)** Postoperative whole-spine PA view of the eighth operation after final lengthening. **(F)** Postoperative whole-spine PA view of the final fusion operation where the curve was corrected to a Cobb angle of 46.5°.

회전시켜 근위부 금속봉의 길이를 연장시켜 성장을 가능하게 하는 부분이다(Fig. 1).

척추 전장 사진을 통해 안정 범위에 위치하는 근위부와 원위부를 결정한 후, 각각 다른 절개를 통하여 근위부와 원위부에 척추경 나사를 삽입하였다. 만약 척추경의 크기가 나사 직경보다 작을 경우에는 후궁하 강선 또는 갈고리를 사용하여 고정하였다. 최초 수술시 성장형 금속봉의 길이 조정으로 가능한 범위까지 1차적 변형 교정을 시행하였다. 모든 환자에서 최초 수술 시에는 운동 유발 전위 및 감각 유발 전위 감시를 시행하였으며 연장 수술 시에는 시행하지 않았다.

수술 후 고정부위가 유합 될 때 까지는 흉요추추 보조기를 사용하였으며 이후에는 사용하지 않았다. 금속봉의 연장은 각각의 환자의 성장속도에 따라 시행하였다. 경과 추시간에 환자의 신장이 3 cm 이상 성장하였을 때 연장술을 계획하였으며, 총 성장한 신장을 기준으로 1/3 길이만큼 연장하였다. 연장술은 전신 마취 하에 성장형 원통만을 노출시켜 시행하였다. 더 이상 신연되지 않거나 합병증이 발생하였을 때는 연장을 멈추고 후방 유합술을 시행하였다(Fig. 2).

### 3. 평가 방법

임상학적으로 환자의 첫수술시의 나이, 성별, 진단명, 추시기 간(최초의 수술시기부터 마지막 수술시기 혹은 유합을 관찰 한 시기), 첫 수술 시 고정 마디, 총 수술 횟수, 연장 수술 횟수, 연장 수술 간격 그리고 합병증에 대해서 평가하였다. 추가적으로 합병증으로 인해 수술한 경우에는 계획되지 않은 수술이 추가된 경우와 다음 번의 연장 수술을 통해 해결한 경우로 구분하여 평가하였다. 영상학적 평가는 척추 전장의 전후 및 측면 사진을 이용하였으며, 주만곡의 Cobb 각, 흉추 후만각과 요추 전만각을 통해 교정 정도를 평가하였다. 척추 골단 이형성증 환자 2명의 경우 측만증이 없어 Cobb 각 측정은 제외하였다. 관상면 균형은 제 7경추 중앙에서 내린 수선과 천추 중앙 수직선과의 거리로 측정하였으며, 시상면 균형은 제 7경추 중앙에서 내린 수선과 천추의 후상연과의 거리로 측정하였다. 척추 성장 정도는 흉추 1번의 상부 종판부터 천추 1번의 상부 종판까지 길이를 측정하여 평가하였다. 각각의 자료는 수술 전과 수술 후 그리고 최종 추시시점 또는 최종 유합술 후를 확인하여 비교하였다.

통계학적 분석은 SPSS software for Windows (version 22.0;

**Table 1.** Characteristics of 14 patients treated with dual growing rods with or without fusion surgery—demographics, surgical data and complications

No.	Sex	Age at Surgery (year)	Diagnosis	Total Treatment Period (month)	Instrumented Level	No. of Total Surgeries	No. of lengthenings	Average Lengthening Interval (month)	Final Fusion Surgery	Complication (11*)	
										Implant related (4)	Infection (7)
1	M	12.5	Congenital	31	T1-L1	7	3	6.7	Yes	Rod break-age (1)	Deep wound infection (2)
2	M	12.8	Idiopathic	55	T1-L5	10	7	5.9	Yes		Deep wound infection (1)
3	F	12.4	Idiopathic	48	T1-ilium	5	4	8.5	No		
4	M	13.4	Neuromuscular	47	T1-L4	4	2	6.0	Yes		
5	M	14.9	Neuromuscular	25	T3-L4	5	3	5.0	Yes		
6	M	12.9	Neuromuscular	39	T2-L2	8	4	5.8	Yes		Deep wound infection (2)
7	M	10.8	Spondyloepiphyseal Dysplasia	64	T4-ilium	12	9	6.4	Autofusion	Rod break-age (1)	
8	M	7.0	Neuromuscular	39	T2-ilium	9	5	6.6	Autofusion	Rod break-age (2)	Deep wound infection (1)
9	F	7.5	Neuromuscular	58	T1-L2	9	8	7.3	No		
10	F	6.3	Neuromuscular	36	T1-ilium	6	5	7.2	No		
11	M	11.6	Neuromuscular	35	T1-ilium	6	3	11.0	Yes		Superficial wound infection (1)
12	M	6.3	Neuromuscular	27	T1-ilium	3	2	11.5	No		
13	F	11.4	Spondyloepiphyseal Dysplasia	65	T1-S1	6	2	4.0	Yes		
14	M	13.9	Idiopathic	24	T4-L5	4	3	5.0	No		

\*: a number of case



SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 대응표본 t-test로 검정하였으며, 통계적 유의 수준은 0.05 이하로 하였다.

## 결과

최초 수술시 환자들의 평균 나이는  $11.0 \pm 2.9$ 세였으며, 남자 환자가 10명, 여자 환자가 4명 이었다. 진단명에 따라 신경근육성 척추 측만증이 8예, 특발성 측만증 3예, 척추 골단 이형성증 2예, 선천성 측만증이 1예로 나타났으며, 평균 추시기간은  $42.4 \pm 14.0$ 개월 이었다.

총 수술 횟수는 평균  $6.6 \pm 2.6$ 회였으며 이 중 연장 수술 횟수는 평균  $4.3 \pm 2.3$ 회로 나타났다. 연장 수술은 평균  $6.9 \pm 2.1$ 개월 마다 시행되었으며 최종적으로 척추 유합술을 시행한 환자는 14명 중 7명이었(Table 1).

측만증 환자의 경우 Cobb 각이 최초 수술 전 평균  $60.4 \pm 27.9$ 도에서 수술 후 평균  $33.5 \pm 19.7$ 도로 교정되었으며 ( $p < 0.0001$ ), 최종 추시시점 또는 최종 유합술시 평균  $29.1 \pm 16.4$ 도로 교정되어( $p < 0.0001$ ) 통계적으로 유의미한 결과를 보였다. 최초 수술 전과 비교하였을 때, 평균  $51.7 \pm 20.3\%$ 의 교정력을 보였다. 최초 수술 후 Cobb 각과 최종 추시시점 또는 최종 유합술시 Cobb 각의 변화는 통계적으로 유의미한 변화는 관찰되지 않았다( $p < 0.211$ ) (Table 2).

흉추 후반각과 요추 전반각은 최초 수술 전 평균 각각  $32.8 \pm 23.9$ 도,  $40.1 \pm 16.4$ 도에서 수술 후 평균  $22.0 \pm 14.3$ 도,  $35.7 \pm 14.3$ 도로 관찰되었으며, 최종 추시시점 또는 최종 유합술시 평균  $21.3 \pm 18.3$ 도,  $36.2 \pm 18.0$ 도로 관찰되었다. 척추 전방 전위증이 있었던 척추 골단 이형성 환자는 전방 전위가 수술 전 30.0%에서 최종 수술 후 19.3%로 호전되었다.

관상면 및 시상면 균형은 최초 수술 전 평균 각각  $21.0 \pm 17.5$  mm,  $63.0 \pm 52.4$  mm에서 수술 후 평균  $14.5 \pm 12.2$  mm,  $55.7 \pm 49.9$  mm로 관찰되었으며 최종 추시시점 또는 최종 유합술시

평균  $17.0 \pm 12.9$  mm,  $46.4 \pm 45.0$  mm로 관찰되었다. 수술 전, 최초 수술 후, 최종 추시시점 또는 최종유합술시간의 통계학적 유의미한 변화는 관찰되지 않았다.

모든 환자에서 흉추 1번부터 천추 1번까지의 길이는 최초 수술 전  $328.2 \pm 57.5$  mm에서 수술 후 평균  $388.0 \pm 64.9$  mm로 관찰되었으며( $p < 0.0001$ ), 최종 추시시점 또는 최종 유합술시 평균  $424.9 \pm 64.4$  mm로 관찰되어( $p < 0.0001$ ) 통계적으로 유의미한 성장을 보였다. 최초 수술 후 시점과 최종 추시시점 또는 최종 유합술시 길이 역시 통계적으로 유의미한 변화가 관찰되었다( $p < 0.0001$ ).

최초 수술 전과 비교하였을 때, 평균  $30.7 \pm 15.2\%$ 의 성장율을 보였고, 연간 성장율은 11.5 mm/yr로 관찰되었다.

추시기간 동안 발생한 합병증은 총 6명의 환자에서 총 11예 발생하였다. 기기관련 합병증 4예였으며, 감염관련 합병증이 7예 나타났으며, 이로 인해 계획되지 않은 수술을 시행한 경우가 10예 있었다. 1예라도 합병증이 발생한 환자의 비율은 42.9%(6/14)였으며, 총 수술 시행 횟수에 대한 합병증의 발생률은 11.7%(11/94)였다. 계획된 수술에 대한 계획되지 않았던 수술비율은 11.9%(10/84)이었다.

## 고찰

진행형 소아 척추기형 환자의 수술적 치료방법은 환자의 나이, 진단 그리고 측만각의 정도 등에 따라 다양한 선택이 이뤄질 수 있다. 성장형 금속봉을 이용한 연장술은 이전 여러 연구를 통해 진행형 소아 척추 기형 환자의 치료에서 효과적인 수술 방법으로 보고되고 있으며 현재까지도 유용한 수술 방법으로 여겨지고 있다. 아직까지 정립된 치료기준은 없으나 주로 Cobb 각이 50도 이상이면서 10세이하로 많은 성장이 남아있는 경우에 성장형 금속봉 치료를 선택하는 것으로 알려져 있다.<sup>8)</sup> 하지만 Cobb 각이 50도보다 작더라도 성장이 많이 남아있거나, 연

**Table 2.** Spinal curvature and length before and after implantation of growing rod

	Preoperative	Postinitial Surgery	Last Follow-up or Final Fusion	p-value		
				Preoperative VS. Postinitial Surgery	Preoperative VS. Last Follow-up or Final fusion	Postinitial Surgery VS. Last Follow-up or Final fusion
Cobb angle (°)	60.4±27.9	33.5±19.7	29.1±16.4	<0.0001	<0.0001	0.211
Kyphosis (°)	32.8±23.9	22.0±14.3	21.3±18.3	0.126	0.127	0.816
Lordosis (°)	40.1±16.4	35.7±14.3	36.2±18.0	0.131	0.519	0.910
T1-S1 length (mm)	328.2±57.5	388.0±64.9	424.9±64.4	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Coronal balance (mm)	21.0±17.5	14.5±12.2	17.0±12.9	0.327	0.551	0.464
Sagittal balance (mm)	63.0±52.4	55.7±49.9	46.4±45.0	0.358	0.131	0.222

령이 좀더 높더라도 상대적으로 골성숙이 덜 완성된 환자인 경우 우에 충분히 고려될 수 있는 치료로 판단된다. 진단에 있어서 초기에는 특발성 측만증 위주로 시행되었으나, 수술 기구 및 술기의 발전에 따라 최근에는 선천성, 신경근육성 측만증 환자에서 시행되는 비중이 증가되는 추세이다.

이중 성장형 금속봉을 이용한 척추 연장 수술 후 2년 이상 추시한 연구보고는 세계적으로 많지 않다. Akbarnia 등이 보고한 다기관 후향적 연구를 통한 보고에 따르면, 23명의 환자를 대상으로 이중 성장형 금속봉을 이용한 척추 연장술 시행 후, 평균 54%의 측만각 교정율과 평균 10.2 mm/yr 의 척추 성장율을 보고하였다.<sup>9)</sup> 본 연구에서 측만증 환자의 교정력은 평균  $51.7 \pm 20.3\%$ 였으며 전체환자의 척추 성장율은 11.5 mm/yr 로, Akbarnia 등의 연구와 유사한 결과를 보였다. 하지만 Akbarnia 등<sup>10)</sup>이 추가로 보고한 3년 이상의 장기 추시결과에 따르면, 13명의 환자를 대상으로 시행한 결과 평균 64%의 교정력 및 14.6 mm/yr 의 척추성장을 보여 이와 비교하였을 때는 본 연구가 상대적으로 낮은 교정율과 성장율을 보였다. 교정력의 경우, 본 연구에서는 최종 유합술을 아직 시행하지 않은 환자가 포함되었기 때문에 최종 유합술을 통해 기대할 수 있는 측만각 교정이 제외된 것을 감안해야 할 것으로 판단된다.

시상면상에서의 척추교정에서 흉추 후반각 및 요추 전반각의 경우 최초 수술전과 최초 수술 후를 비교하였을 때 유의미한 변화는 관찰되지 않았다. 최초 수술 후와 최종 추시시점 또는 최종 유합술 시행후를 비교하였을 때 역시 흉추 후반각과 요추 전반각은 유의미한 차이를 보이지 않았다. 이는 성장형 금속봉을 이용한 연장 수술 후 시상면상 정렬의 병적인 변화가 관찰되지 않았음을 의미하며, 수술 후 근위 인접부 후반으로 인해 연장 수술 후 흉추 후반각이 증가 할 수 있다는 이전 연구 보고와는 다른 결과를 보였다.<sup>11,12)</sup>

관상면 및 시상면 균형의 경우 수술 전, 최초 수술 후, 최종 추시시점 혹은 최종 유합술 시행 후 통계학적 유의미한 변화는 관찰되지 않았다. 이는 성장형 금속봉을 이용한 연장 수술 기간 동안 관상면 혹은 시상면의 불균형이 발생하거나 악화되지 않았음을 의미하며, 이전 연구와 유사한 결과를 보였다.<sup>11, 13)</sup> 또한 본 연구에서 시상면 균형의 경우 통계학적 유의미한 변화는 없었으나 추시 기간 동안 점차 호전되는 추세를 보였다.

본 연구에서는 최초 수술시 고정부위 보다 원위부에서 최종 유합술을 시행한 환자는 관찰되지 않았다. 이는 Murphy 등<sup>11)</sup>이 33%의 환자에서 최초 수술시 고정부위 보다 더 원위부에서 최종 유합술을 시행한 보고 보다 좋은 결과를 보였다. 그 원인에 대해서는 밝혀지지 않았으나, 흉추 제 10번부터 요추 제 2번 사이에서 고정술을 시행한 비율이(21.4%) 이전 연구보다 적어(33.3%) 상대적으로 요추의 후반변형 위험성이 적었을 것으로

추측된다.

예전부터 진행형 소아 척추 기형 환자의 치료로 성장형 금속봉을 이용한 연장수술 후 발생한 합병증에 대한 많은 연구보고가 있어 왔다. Bess 등<sup>14)</sup>은 반복적인 연장 횟수가 늘어날수록 합병증 발생율이 높아지며, 비유합성 척추기기 고정술은 지속적인 부하와 미세운동으로 인해 고정기기의 피로도를 만들고 고정실패를 야기시킨다고 보고하였다.

본 연구에서는 기계적 부하를 분산시키기 위해 이중 성장형 금속봉을 선택하였고 감염 합병증을 낮추기 위해 근막하 근육 내에 위치하도록 하였다. 기기관련 합병증 4예는 모두 금속봉 파손이었으며, 이중 3예는 금속봉의 원위부에서 발생하였고 1예는 근위부에서 발생하였다. 원위부 금속봉 파손의 경우 3예 모두 장골부위에 삽입한 나사와 연결을 위해 원위부 금속봉을 구부린 부위와 일치하였으며, 이는 휘어진 부위에 지속적인 부하로 인한 피로 골절이 발생한 것으로 판단된다. 근위부 금속봉에서 발생한 파손부위는 환자의 흉추 후반을 위해 금속봉을 구부린 첨부과 일치하였으며, 이는 척추 유합전 환자의 자세 변화로 인해 금속봉 첨부에 지속적인 부하로 인한 골절로 추측된다. 따라서 최초 수술시 금속봉을 구부릴 때, 부하가 한 곳에 집중되지 않도록 주의가 필요할 것으로 판단된다. 금속봉 파손은 1예의 경우 계획된 수술에서 교체하여 해결 가능하였고, 나머지 3예에서는 계획되지 않은 수술을 통해 강봉 교체로 합병증을 해결하였다. 감염관련 합병증은 총 7예 발생하였으며, 심부 감염이 6예, 표재감염이 1예였다. 감염 합병증은 반복적인 연장술에서 소파술, 변연절제술 혹은 절개 후 배농술을 실시하여 해결하였다. 최소 1예 이상의 합병증이 발생한 환자는 6명으로 42.9%였으며 시행한 수술 수에 대한 합병증의 발생비율은 11.7%였다. Bess 등<sup>14)</sup>이 보고한 연구에 따르면 총 140명의 환자에서 이중 성장형 금속봉을 사용한 환자 83명중 최소 1예 이상의 합병증이 발생한 환자는 55.1%였으며, 시행한 수술건수 대비 합병증 발생 비율은 18.1%로 본 연구에서 비교적 더 낮은 것으로 나타났다. 연장술의 빈도를 높인다면 더 효과적인 척추 교정과 성장을 기대할 수 있으나, 이로 인한 합병증 발생 위험성 또한 증가하기 때문에 환자 개개인에 맞는 적절한 치료를 결정하는 것이 중요할 것으로 생각된다. 최근 개발된 자기제어 방식의 성장형 금속봉(magnetically controlled growing rod)은 수술 없이도 금속봉 연장이 가능한 치료방법으로 기존의 감염관련 합병증 발생율을 효과적으로 감소시킬 것으로 기대되고 있다.

최종 유합술을 시행한 환자는 14명의 환자 중 7명이었으며, 나머지 7명의 환자 중 2명의 환자는 성장형 금속봉을 이용한 연장술 시행 과정에서 방사선상 자발적인 척추 유합이 관찰되어 최종 유합술 없이 성장형 금속봉 제거술로 치료를 종료하였다.

이후 추시 방사선 검사상에서도 Cobb 각 및 흉추후만각, 요추 전만각의 진행은 관찰되지 않았다. Cahill 등<sup>15)</sup>은 성장형 금속봉을 이용한 연장술 후 자발적 유합율이 89%에서 나타났다고 보고한바 있으며, 반복적인 수술과 척추고정으로 인한 자발적인 골결합에 의해 자발적 유합이 일어난다고 하였다. 이에 근거하여 최근 연구에서 성장형 금속봉을 이용한 연장 수술을 시행한 후, 골성숙이 이루어지고 적절한 교정각이 유지되고 있다면 최종 유합술을 시행하지 않고서도 최종 유합술을 시행한 환자와 비교하여 비슷한 영상학적 결과를 얻을 수 있다고 보고한 바 있다.<sup>16)</sup> 앞으로도 추가적인 연구결과와 임상적 경험을 통해 진행형 소아 척추 기형 환자의 수술적 치료개념의 확립이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구는 제한점은 환자군이 적다는 점이다. 또한 후향적 연구로서 환자의 방사선학적 결과에 영향을 미칠 수 있는 인자를 조절하지 않았기 때문에 추가적으로 원인 질환, 연령, 고정 마디에 따른 방사선학적 결과를 비교하는 연구를 진행할 필요가 있다고 생각된다. 하지만 국내에서 단일기관으로서 최초로 성장형 금속봉을 이용한 연장술 시행 후 2년 이상의 장기 추시 결과를 보고했다는 점에서 그 의의가 있다고 생각된다.

## 결론

본 연구에서 국내에서 개발된 이중 성장형 금속봉을 이용한 연장수술을 통해 진행형 소아 척추기형 환자를 치료 후 2년 이상 추시한 결과 이전 연구보고와 비슷한 척추 교정율과 척추성장을 확인할 수 있었다. 이에 이중 성장형 금속봉을 이용한 진행형 소아 척추 기형환자의 치료는 장기적으로도 비교적 안전하고 효과적인 치료 방법으로 판단된다.

## REFERENCES

- Goldberg CJ, Gillic I, Connaughton O, et al. Respiratory function and cosmesis at maturity in infantile-onset scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28:2397-406.
- Fernandes P, Weinstein SL. Natural history of early onset scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 2007;89(Suppl):21-33.
- Emery JL, Mithal A. The number of alveoli in the terminal respiratory unit of man during late intrauterine life and childhood. *Arch Dis Child*. 1960;35:544-7.
- Davies G, Reid L. Effect of scoliosis on growth of alveoli and pulmonary arteries and on right ventricle. *Arch Dis Child*. 1971;46:623-32.
- Moe JH, Kharrat K, Winter RB, et al. Harrington instrumentation without fusion plus external orthotic support for the treatment of difficult curvature problems in young children. *Clin Orthop Relat Res*. 1984;185:35-45.
- Kim HB, Chong HS, Moon ES, et al. Results of Dual Growing Rods Treatment for Progressive Pediatric Spinal Deformity. *J Korean Soc Spine Surg*. 2013;20:8-15.
- Harrington PR. Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spine instrumentation. *J Bone Joint Surg Am*. 1962;44:591-610.
- Vitale MG, Gomez JA, Matsumoto H, et al. Variability of expert opinion in treatment of early-onset scoliosis. *Clin Orthop Relat Res*. 2011;469:1317-22.
- Akbarnia BA, Marks DS, Boachie-Adjei O, et al. Dual growing rod technique for the treatment of progressive early-onset scoliosis: a multicenter study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(Suppl):46-57.
- Akbarnia BA, Breakwell LM, Marks DS, et al. Dual growing rod technique followed for three to eleven years until final fusion: the effect of frequency of lengthening. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33:984-90.
- Murphy RF, Emans JB, Troy M, et al. Sagittal plane parameters in growing rod patients following final fusion. *J Pediatr Orthop B*. 2017 Mar 23.[Epub ahead of print]
- Shah SA, Karatas AF, Dhawale AA, et al. The effect of serial growing rod lengthening on the sagittal profile and pelvic parameters in early-onset scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2014; 39: E1311-7.
- Li WJ, Sun ZJ, Guo SG, et al. The effect of growing Rod treatment on coronal balance during serial lengthening surgeries in early onset scoliosis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2016;17:158.
- Bess S, Akbarnia BA, Thompson GH, et al. Complications of growing-rod treatment for early-onset scoliosis: analysis of one hundred and forty patients. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92:2533-43.
- Cahill PJ, Marvil S, Cuddihy L, et al. Autofusion in the immature spine treated with growing rods. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35:E1199-203.
- Jain A, Sponseller PD, Flynn JM, et al. Avoidance of "Final" Surgical Fusion After Growing-Rod Treatment for Early-Onset Scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 2016;98:1073-8.

## 진행형 소아 척추 기형 환자에서 이중 성장형 금속봉을 이용한 치료

최승진 • 김학선 • 석경수 • 홍승표 • 전혁 • 이환모\* • 문성환\* • 양재호\* • 하중원†

연세대학교 의과대학 강남세브란스병원 정형외과학교실, \*연세대학교 의과대학 신촌세브란스병원 정형외과학교실, †국민건강보험 일산병원 정형외과

**연구 계획:** 후향적 연구

**목적:** 진행형 소아 척추 기형 환자에서 이중 성장형 금속봉을 이용한 연장술 시행 후 최소 2년 이상 추시한 방사선학적 결과 및 합병증을 통하여 치료의 유용성에 대해서 알아보고자 한다.

**선행 연구문헌의 요약:** 이중 성장형 금속봉을 이용한 소아의 척추 기형 교정 수술은 안전하고 효과적인 수술방법이다.

**대상 및 방법:** 2009년부터 2017년까지 진행형 소아 척추 기형 환자에서 이중 성장형 금속봉을 이용한 연장술 시행 후 최소 2년 이상 추시 가능한 환자를 대상으로 하였다. 환자의 첫수술시의 나이, 성별, 진단명, 첫 수술시 고정 마디, 총 수술 횟수, 연장 수술 횟수, 연장 수술 간격, 주만곡의 Cobb 각, 흉추 1번-천추 1번의 길이, 흉추 후만각 변화, 요추 전만각의 방사선학적 결과와 합병증에 대해서 평가하였다.

**결과:** 평균 나이는  $11.0 \pm 2.9$ 세였으며, 남자 환자가 10명, 여자 환자가 4명 이었다. 진단명에 따라 신경근육성 척추 측만증이 8예, 특발성 측만증 3예, 척추 골단 이형성증 2예, 선천성 측만증이 1예로 나타났으며, 평균 추시기간은  $42.4 \pm 14.0$ 개월이었다. 총 수술 횟수는 평균  $6.6 \pm 2.6$ 회였으며, 연장 수술 횟수는 평균  $4.3 \pm 2.3$ 회로 나타났다. 연장 수술은 평균  $6.9 \pm 2.1$ 개월마다 시행되었다. Cobb 각은 수술 전 평균  $60.4 \pm 27.9$ 도에서 수술 후 평균  $33.5 \pm 19.7$ 도, 최종 추시시점 또는 최종 유합술시 평균  $29.1 \pm 16.4$ 도였다. 흉추 1번부터 천추 1번까지의 길이는 수술전  $328.2 \pm 57.5$  mm에서 수술 후 평균  $388.0 \pm 64.9$  mm, 최종 추시시점 또는 최종 유합술시 평균  $424.9 \pm 64.4$  mm로 관찰되었다. 연간 성장율은  $11.5$  mm/yr로 관찰되었다. 합병증은 총 6명의 환자에서 총 11예 발생하였다. 기기관련 합병증이 4예, 감염관련 합병증이 7예로 나타났다.

**결론:** 이중 성장형 금속봉을 이용한 진행형 소아 척추 기형환자의 치료는 여러가지 합병증이 있음에도 불구하고 많은 호전이 있어 장기적으로도 유용한 치료 방법으로 판단된다.

**색인 단어:** 척추 기형, 측만증, 성장형 금속봉

**약칭 제목:** 이중 성장형 금속봉을 이용한 치료 결과

**접수일:** 2017년 5월 9일

**수정일:** 2017년 7월 23일

**게재확정일:** 2017년 8월 17일

**교신저자:** 김학선

서울시 강남구 의주로 211 강남세브란스병원 정형외과학교실

**TEL:** 02-2019-3411

**FAX:** 02-573-5393

**E-mail:** haksunkim@yuhs.ac