

## Early onset scoliosis に対する growing rod 法の現況

済生会神奈川県病院整形外科

河野 克己

東京都済生会中央病院整形外科

鈴木 信正

**要旨** Growing rod (G-Rod)法を行った54例(女児48, 男児6, 特発性41, 先天性5)に対し検証した。初回手術時年齢は平均11歳0か月(2歳9か月~14歳1か月)、10歳以下が22例であった。術前平均Cobb角 $58.8^{\circ}$ (40~98)はG-Rod設置により $25.6^{\circ}$ (7~48)へ矯正された(矯正率57%)。10歳以下の症例群では術後6か月時のVC, %VCは術前に比し有意に増加した。経時的にロッド延長を行い最終固定術に至った12例では、初回術前11歳8か月(9歳5か月~13歳7か月)、Cobb角 $51.7^{\circ}$ (44~57)、延長期間26か月(16~41)、手術回数4.8回(3~6)、固定術後Cobb角 $13.8^{\circ}$ (4~32)であった(矯正率73%)。経過中に上位foundation下端のjunctional kyphosisを5例、固定術後の肋骨隆起増大を3例認めた。より短い固定範囲で変形の矯正を得るには、最終固定時のinstrument constructを念頭に置きG-Rod設置を行うことの重要性を強調したい。

### はじめに

Akbarnia, Marksらが提唱したdual growing rod technique(以下、G-Rod法)は、2本のロッドを脊柱に装着し成長にあわせロッドを伸延させる新たな概念の、instrumentation without fusion法である<sup>1)</sup>。我々は2001年よりこの手技を取り入れ、従来法に比べ良好な結果を得ているが<sup>2)</sup>、いまだ最終固定に至った例は少なく、改良を加えつつ症例を重ねているのが現状である。現在までのG-Rod法施行例を振り返り、我々の行っているG-Rod法の現況につき述べる。

### 我々のG-Rod法の適応と手技

早期発病の進行性側弯で骨年齢12歳以下を適応とする。ただし13歳以上でも骨未成熟と判断

される場合は適応ありとする。

上位foundationのアンカーはフックを使用し、transverse connectorを併用する。T2-3のtransverse-facet clawを原則とするが、若年児では骨脆弱なためlamina-facet clawとする。下位foundationは、2椎4本の椎弓根スクリュー刺入を基本とする(図1)。上下位foundation部をgrowing connectorを介してロッドで連結する。Foundation部は自家骨によるfacet fusionを行い、採骨部には骨蝨を用いず $\beta$ -TCPを充填し最終手術に備える。術後、骨癒合が得られるまでの4か月間は硬性装具を装着させるが、以後はマット運動や鉄棒など体幹を過屈曲させる動作以外の運動は許可している。ロッドの延長は6か月ごとを目安に行う。

**Key words** : early onset scoliosis(早期発病側弯症), growing rod technique(グロウイングロッド法), rib hump(肋骨隆起), pulmonary function(肺機能)

連絡先 : 〒 221-8601 神奈川県横浜市神奈川区富家町 6-6 済生会神奈川県病院整形外科 河野克己 電話(045)432-1111  
受付日 : 平成 21 年 3 月 9 日

図 1.

我々の行っている Growing Rod 法

A : 上位 foundation

B : 下位 foundation

C, D : G-Rod 設置前後の X 線像  
(11 歳, 男児)



表 1. Growing Rod 法の経過

	初回術前	G-Rod 設置後	Rod 延長 経過観察時*
平均年齢	11 歳 0 か月 (2 歳 9 か月～ 14 歳 1 か月)		12 歳 9 か月 (3 歳 6 か月～ 16 歳 10 か月)
Cobb 角	58.8 (40～98)	25.6 (7～48)	29.8 (10～58)
矯正率		57%	48%
身長増加		+3.0 cm (0.9～6.1)	+4.9 cm (0～21.8)

\* : 最終固定に至った例では固定術前の値

## 対 象

2008 年 11 月までに G-Rod 法を施行した症例は 54 例(女児 : 48 例, 男児 6 例)である。疾患は, 特発性 41 例, 先天性 5 例, 脊髓空洞症 2 例, ほか 6 例であり, 初回手術時年齢は, 平均 11 歳 0 か月 (2 歳 9 か月～14 歳 1 か月), 10 歳以下の症例が 22 例, 13 歳以上での施行例は 13 例であった。Instrument は, G-Rod 導入当初は Isola(21 例)を, 2006 年 10 月以降は MYKRES(33 例)を使用した。

## 結 果

Cobb 角は術前平均 58.8° (40～98)が G-Rod 設置により平均 25.6° (7～48)へ矯正され, 矯正率は平均 57%であった。G-Rod 設置により, 身長は

表 2. Growing Rod 設置前後での肺機能の推移

手術時 年齢	症例数	術前→6 か月後 VC(l)	% VC	% VC 増加 (>10%)
8-14 (±S.D.)	35	1.98 → 2.04 (±0.51)(±0.46)	79.0 → 79.3 (±15.8)(±16.3)	4 例
11-14 (±S.D.)	22	2.17 → 2.15 (±0.49)(±0.49)	80.2 → 77.5 (±16.4)(±17.9)	—
8-10 (±S.D.)	13	1.67 → 1.86** (±0.38)(±0.33)	77.1 → 82.3* (±15.1)(±13.2)	4 例 (31%)

\*\* :  $p < 0.01$ , \* :  $p < 0.05$

平均 3.0 cm の増加をみた。ロッド延長経過中の平均 Cobb 角は 29.8°であり, 設置後からの身長の伸びは平均 4.9 cm であった(表 1)。G-Rod 設置前後での肺機能の推移をみると(8～14 歳, 35 例), Vital Capacity (VC)は術前平均 1.98 l, G-Rod 設置後 6 か月時平均 2.04 l, % VC はそれぞれ 79.0%, 79.3%と有意な変化を認めなかったが, 10 歳以下の症例群(13 例)では, VC は 1.67 l が 1.86 l へ( $p < 0.01$ ), % VC は 77.1%が 82.3% ( $p < 0.05$ )とそれぞれ有意な増加を認めた。10% 以上の % VC の増加をみた例は 4 例であり, いずれも 10 歳以下の症例であった(表 2)。

ロッド延長経過中の合併症は, フック脱転 4 例, ロッド折損 10 例, junctional kyphosis 5 例(上位 foundation 下端 : 2 例, 下位 foundation 上端 : 3 例)(図 2), 感染 3 例, 上腸間膜動脈症候群 1 例であった。ロッド折損を生じた 10 例のうち, 3 例は

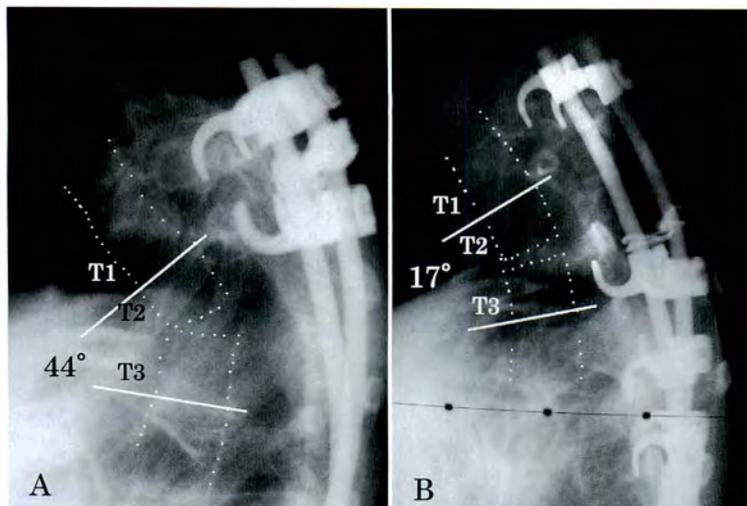


図 2.

Junctional kyphosis 例  
 未初経女児. 13 歳 6 か月時, 71° の側  
 弯に対し G-Rod 法を施行, T1-2 claw  
 hook にて上位 foundation を設置し  
 た. 3 回のロッド延長の後, 15 歳 2 か  
 月時最終固定術を施行  
 A : 最終固定直前の側面拡大像  
 B : 固定術後 1 か月時

表 3. 現在までの growing rod graduates 例の経過  
 (経時的に Rod 延長の 12 例)

	G-Rod 設置	最終固定術
平均年齢	11 歳 8 か月 (9 歳 5 か月- 13 歳 7 か月)	13 歳 11 か月 (12 歳 10 か月- 16 歳 10 か月)
固定術までの期間	25 か月 (16-41)	
平均手術回数	4.8 回 (3-6)	
Cobb 角	51.7 → 20.3 (44-57) (10-30)	28.5 → 13.8 (12-54) (4-32)
矯正率	61%	73%
	術前→術後	

複数回の折損をみた. この 3 例はいずれもスポー  
 ツアクティビティの高い症例であった. 感染例の  
 原因は, ロッド延長操作時に生じたロッドのたわ  
 みが皮下に突出し褥瘡を形成したものの 1 例,  
 screw head による褥瘡形成が 1 例, 他部位から  
 の血行感染が 1 例であった.

Growing rod graduates, すなわち最終固定術  
 に至った例は 15 例であった. このうち経時的に  
 ロッド延長を行えた 12 例につきまとめると, 平  
 均年齢は, 初回手術時 11 歳 8 か月 (9 歳 5 か月~  
 13 歳 7 か月), 最終固定時 13 歳 11 か月 (12 歳 10  
 か月~16 歳 10 か月), 平均延長期間は 25 か月間  
 (16~41), 平均手術回数は 4.8 回 (3~6) であった.  
 平均 Cobb 角は, G-Rod 設置前が 51.7° (44~57),  
 最終固定術直前が 28.5° (12~54), 最終固定術後  
 が 13.8° (4~32), 初回手術時からの矯正率は 73%

であった (表 3). 初回手術時から最終固定術まで  
 の身長増加は, 平均 8.0 cm (3.1~20.5) であった.  
 最終固定術後の経過観察期間は, 平均 9 か月 (3 か  
 月~2 年) であり, 1 年以上の経過例は 3 例である.  
 現在までの時点で固定術後に側弯の進行をみた例  
 はないが, 固定術後の経過中, 肋骨隆起の増大を  
 3 例に認めた. この内訳は, 固定術後に腸骨骨端  
 核が出現した 14 歳男児例と, 初経後 2 年を経過  
 した 13 歳女児 2 例であった (図 3). 上位固定端  
 の誤りが原因と考えられる上位胸椎後弯の増加を  
 1 例に認めた.

### 代表例供覧

症例 1 : 10 歳, 女児, 特発性側弯症, 身長 134  
 cm, Risser sign 0, 未初経, 右凸 88° の側弯に対  
 し G-Rod を設置した. 設置後 Cobb 角は 43° へ  
 矯正され, % VC は初回術前 61.6% が G-Rod 設  
 置により 81.8% と増加した. 以後 3 回のロッド  
 延長を経た現在, Cobb 角は 35°, 身長は 145 cm  
 である. モアレ像の解析では, Hump Sum は初  
 回術前 22.0 が現在 17.7 に減少した (図 4).

症例 2 : Infantile scoliosis の女児, 1 歳より装具  
 療法を開始したが, 2 歳時, 進行をみとめた. 初  
 回手術は上下 foundation の設置のみとし, 骨癒合  
 が得られた 4 か月後に G-Rod の設置を行った.  
 さらにロッド延長を行った 3 歳 9 か月の現在, 側  
 弯および肋骨隆起の矯正は良好である (図 5).

図 3.  
最終固定術後に肋骨隆起の増大をみた例

A, B, C : 男児, 最終固定時 14 歳 0 か月, 固定術後 1 年 6 か月時, 肋骨隆起 43 mm, 30°  
D, E, F : 女児, 最終固定時 13 歳 7 か月,  
術後 4 か月時は肋骨隆起 15 mm, 9° に対し (E), 術後 9 か月時は肋骨隆起 20 mm, 12° と増大した (F).

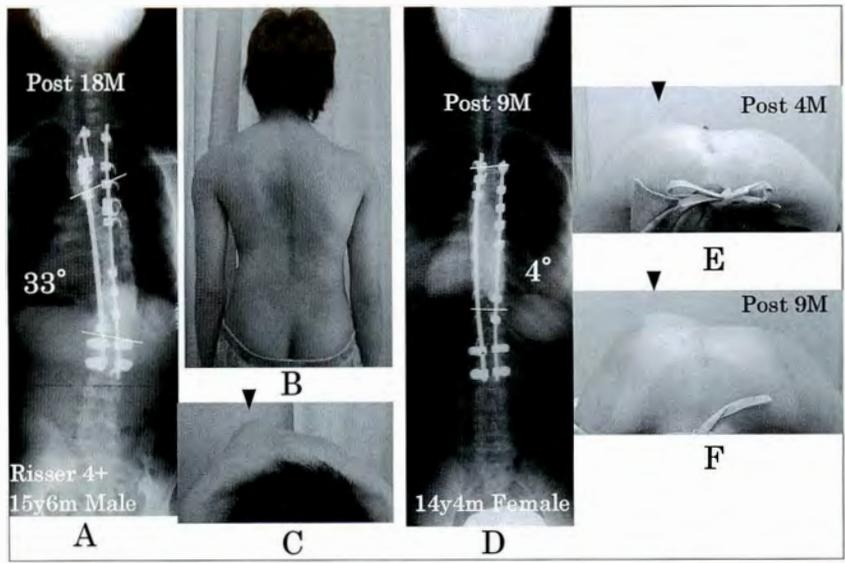


図 4.  
症例 1 : 10 歳, 女児, 未初経  
A : 初回術前 X 線像  
B : G-Rod 設置後の X 線像  
C, D : 4 回目の術後 X 線像, 初回術後より 1 年 3 か月経過

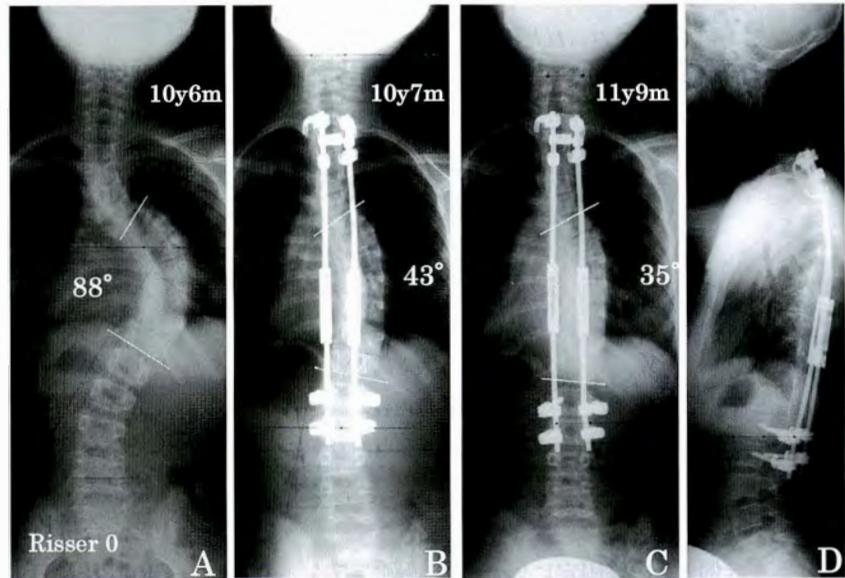
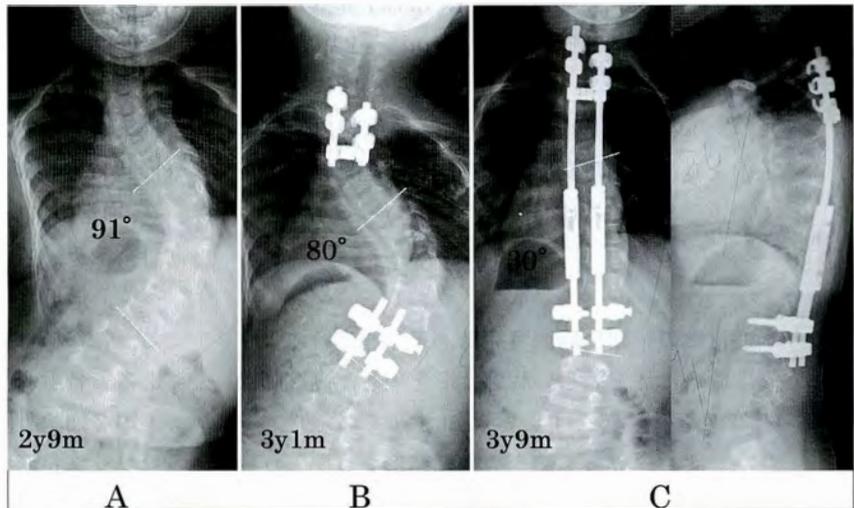


図 5.  
症例 2 : Infantile scoliosis の女児  
A : 2 歳 9 か月時の術前立位 X 線像  
B : 上下位 foundation 設置後の X 線像 (lamina-facet claw)  
C : 第 3 回術後 2 か月時の立位 X 線像



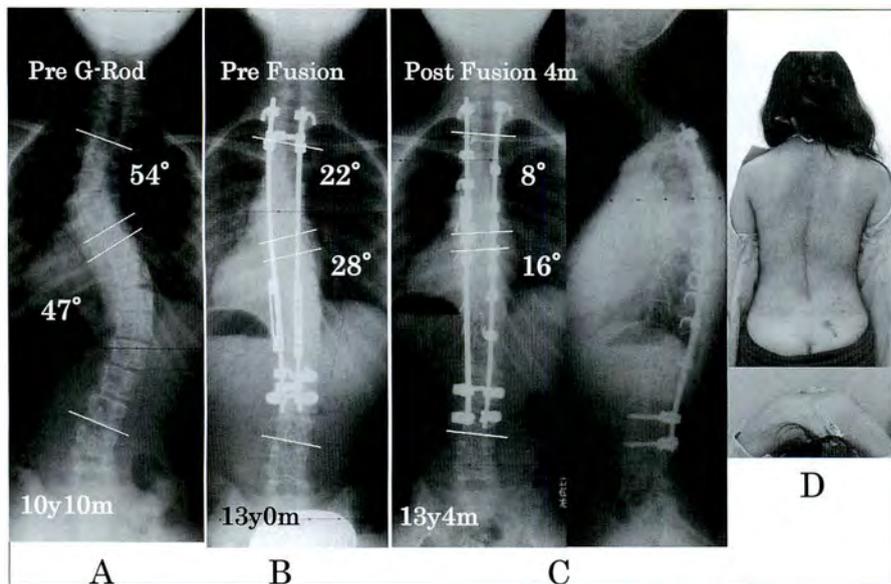


図 6.  
症例 3  
growing rod graduate 例  
A : G-Rod 設置前の立位 X 線  
像  
B : 最終固定前の立位 X 線像  
C, D : 最終固定術後 4 か月時  
の立位 X 線像とマクロ  
像

表 4. 自験例でみられた主な問題点と対策

問題点	対策
・フック脱転	・安定した foundation の構築 オフセットフックの使用 適切なロッドベンディング facet fusion (lamina-facet claw) (ロッドの 2 期的設置)
・ junctional kyphosis (上位 foundation 下端)	・後弯の矯正 横突起間骨移植の中止 foundation 設置高位
・ロッド折損	・運動への指導内容の変更
・固定術後の肋骨隆起増大	・最適な最終手術時期の模索

症例 3 : 最終固定にいたった症例である。10 歳 10 か月の女兒，初経後 2 か月，Risser sign 0, 54° のダブルカーブ例に対し G-Rod 法を施行。G-Rod 設置により % VC は 63% から 85% に増加した。3 回のロッド延長術を経て 13 歳時に最終固定術を施行。側弯変形および肋骨隆起は極めて良く矯正されている (図 6)。

### 考 察

進行性の早期発病側弯症は，急激な進行により高度側弯に加え著しい胸郭変形を生じ，高度肺機能障害を引き起こすことが知られている<sup>4)6)</sup>。それに対する治療は，側弯や胸郭変形をコントロールしつつ脊柱の成長を維持することが求められる<sup>3)</sup>。従来は Luque rod や Harrington rod, Isola

single rod を用いた instrumentation without fusion および凸側 epiphysiodesis が行われてきたが<sup>5)8)</sup>，これらの方法では側弯の進行や crankshaft 現象，胸郭変形の増悪を抑えることができず，満足な結果が得られなかった<sup>7)</sup>。本結果が示すとおり，G-Rod 法では側弯変形および胸郭変形をコントロールしつつ成長を保つことが可能であり，かつ肺機能の改善が得られた。最終固定に至った例においても crankshaft 現象を生じることなく良好な矯正を得ており，現時点では満足な結果といえる。経過中多数回の手術を要すること，合併症の頻度の問題等もあるものの<sup>2)10)</sup>，G-Rod 法はそれをはるかに上回る利点があると考えられる。

G-Rod 法における現在の問題点を表 4 に示す。

フックの脱転予防には，安定した foundation の構築が必要であり，ロッドの弯曲に加えフックの形状にも留意する。Transverse-facet claw の場合，通常のフックでは横突起に無理な力が加わり，骨折やチーズカットを生じやすい。これを回避すべく，最近では主にオフセットフックを使用している。骨移植は自家骨による facet fusion が確実である。骨脆弱な例では，lamina-facet claw やロッドの 2 期的設置を行う。以上の操作により，最近ではフック脱転を経験していない。

最終固定時に junctional kyphosis を矯正する場合，foundation 部へのフック設置が必要である

が、術中操作や術後皮下へのフック突出を考えると、尾側横突起への設置が好ましい。このため、foundation部の横突起間への骨移植を避け、後日フックの設置が可能な状態しておく。例えばT2-T3 clawでは、T3横突起にフックをかけられるようにしておく。最終固定術を考慮すると、上位foundationはより尾側に設置したいが、上端をT4以下とした場合、G-Rod法経過中に頸胸部での後弯増強が懸念される。

ロッド折損は活動性の高い症例に多く発生した。現在スポーツ活動に対する指導内容の変更を検討中であるが、手術の性質上ロッド折損は不可避であると認識すべきである。

肋骨隆起増大例の存在は、固定術への移行が早すぎた可能性を示唆した。最良の手術効果を得るには、最終固定に最適な時期を見定める必要があると考えられた。現在、女児では初経後2年6か月を最終固定時期の目安としているが、この良否は今後の検討課題と考える。男児の場合は、growth velocityがより急峻なため、注意を要する。

### まとめ

G-Rod法は発展途上の手技であり課題も残されているが、現在までのところ満足な結果を得ている。治療の目的は最終固定術後に最小限の固定範囲でよりよい矯正と正常な肺機能を得ることである。初回手術時には、最終固定時にどのようなinstrumentを設置するかを念頭に置きG-Rod constructを決定することが重要であることを強調したい。

### 文献

- 1) 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* 30(suppl 17) : S46-S57. 2005.
- 2) Akbarnia BA, Breakwell LM, Marks DS et al : Dual growing rod technique followed for three to eleven years until final fusion. *Spine* 33 : 984-990. 2008.
- 3) Blakemore LC, Scoles PV, Poe-Kochert C et al : Submuscular Isola rod with or without limited apical fusion in the management of severe spinal deformities in young children : preliminary report. *Spine* 26 : 2044-2048. 2001.
- 4) Goldberg CJ, Gillic I, Connaughton O et al : Respiratory function and cosmesis at maturity in infantile-onset scoliosis. *Spine* 28 : 2397-2406. 2003.
- 5) Klemme WR, Denis F, Winter RB et al : Spinal instrumentation without fusion for progressive scoliosis in young children. *J Pediatr Orthop* 17 : 734-742. 1997.
- 6) Muirhead A, Conner AN : The assessment of lung function in children with scoliosis. *J Bone Joint Surg* 67-B : 699-702. 1985.
- 7) 小野俊明, 鈴木信正, 山下 裕ほか : 幼小児側彎症に対する instrumentation without fusion 法の手術成績—術後 crankshaft 現象の発生について—. *脊柱変形* 11 : 58-62, 1996.
- 8) Pratt RK, Webb JK, Burwell RG et al : Luque trolley and convex epiphysiodesis in the management of infantile and juvenile idiopathic scoliosis. *Spine* 24 : 1538-1547. 1999.
- 9) 鈴木信正, 河野克己 : 早期発病側弯症の治療 growing rod 法. *関節外科* 27 : 574-581, 2008.
- 10) Thompson GH, Akbarnia BA, Campbell RM Jr : Growing rod techniques in early-onset scoliosis. *J Pediatr Orthop* 27 : 354-361, 2007.

## *Abstract*

### Early Onset Scoliosis Treated Using the Growing Rod Technique : Report of 54 Cases

Katsuki Kono, M. D., et al.

Orthopaedic Surgery, Saiseikai Kanagawa-Ken Hospital

We report our review of 54 cases (involving 48 girls and 6 boys) of early onset scoliosis treated using the growing rod technique. Among these, were 41 cases of idiopathic scoliosis and 5 cases of congenital scoliosis. Their mean age at initial surgery was 11 years 0 months (ranging from 2 years 9 months to 14 years 1 month). 22 cases were younger than 10 years. The mean Cobb angle was 58.8° (ranging from 40° to 98°) preoperatively, and 25.8° (ranging from 7° to 48°) immediately postoperatively, showing an overall correction rate of 57%. At six months postoperatively, the VC and % VC were significantly increased in those treated at younger than 10 years. 12 cases achieved final fusion, and their average age at initial operation was 11 years 8 months (ranging from 9 years 5 months to 13 years 7 months), and their mean Cobb angle was 51.7° (ranging from 44° to 57°) preoperatively. The mean duration of treatment using the growing rod technique was 26 months (ranging from 16 months to 41 months), and the mean number of operations was 4.8 per case (ranging from 3 to 6 operations). The mean Cobb angle after final fusion was 13.8° (ranging from 4° to 32°), showing a correction rate of 73%. In 5 cases, junctional kyphosis developed immediately below the upper foundation during the treatment. In 3 cases, there was an increase in the rib hump after final fusion. Results suggested that final fusion should be considered at the initial surgery using the growing rod technique to achieve the shortest fusion area and the correction of deformity including junctional kyphosis.