

Common Problems in Skeletally Immature Patients

유소년형 특발성 척추측만증

강민석 • 서승우* • 최승진† • 황진호[‡]건국대학교 의학전문대학원 정형외과학교실, *고려대학교 의과대학 정형외과학교실,
†연세대학교 의과대학 정형외과학교실

Juvenile Idiopathic Scoliosis

Min Seok Kang, M.D., Seung Woo Suh, M.D.*, Seungjin Choi, M.D.†, and Jin-Ho Hwang, M.D.[‡]

Department of Orthopedic Surgery, Konkuk University School of Medicine, *Department of Orthopedic Surgery, Korea University School of Medicine, †Department of Orthopedic Surgery, Yonsei University School of Medicine, Seoul, Korea

Juvenile idiopathic scoliosis includes scoliosis diagnosed from three to ten years old according to the chronological age. Spine growth in juveniles does not occur at a rapid rate spinal deformity does not show rapid progress. However, because of the intimate relationship between chest wall growth and the spine, decrease of chest wall capacity due to scoliosis could lead to development of cardiovascular and pulmonary complication, especially in early age. In scoliosis in early age, other causes of the deformity including neurological problems should be evaluated. If the scoliosis angle is more than 25 degrees, it could progress very easily, thus aggressive treatment is needed. A new growing-sparing surgical technique (growing rod and growth modulation) is introduced for improvement of spine and chest growth, and for prevention of crankshaft phenomenon.

Key words: juvenile idiopathic scoliosis, spinal growth, chest growth, growing rod, growth modulation

서 론

특발성 척추측만증은 진단된 때의 역연령(chronological age)에 따라 분류한다. 유아기형(infantile idiopathic scoliosis, 유아기형 측만증)은 태생 후 3세까지, 유소년형(유소년기형 측만증)은 3세 이후 10세 미만까지, 청소년형은 10세 이후에 발병된 경우이다. 유소년기의 척추의 성장은 빠르지 않는 특징을 가지고 있기 때문에 모든 척추변형이 빠르게 진행하지 않으며, 이에 따른 특징을 갖는다.^{1,2)}

척추측만증은 성장과 밀접한 관계를 가지며 진행하기 때문에 유소년기형 측만증에 대한 적절한 치료를 위해서는 정상 척추의 발달과 성장 및 특징을 이해하고 알아야 한다.

척추와 흉곽의 성장과 발달

Dimeglio와 Canavese³⁾는 태생 후 5세까지 평균 척추 성장 속도는 1년에 2 cm 이상으로 가장 빠르고, 6-10세 사이는 1년에 0.5 cm로 매우 둔화되며, 11-18세 사이에 이차 급성장기와 더불어 1.3 cm/yr로 다시 증가한다고 하였다(Fig. 1).^{2,4)}

흉곽의 성장(chest wall growth)은 척추의 성장과 밀접한 관계가 있어서 척추의 길이가 짧아지면 흉곽의 용적은 매우 감소한다. 흉곽은 태생 시 성인의 5%이나 5세까지 30%까지 6배 이상 성장한다. 이후 둔화되어 10세에 50%, 15세에 성인의 흉곽 용적에 도달한다. 따라서 조기 발현형일수록 흉곽 용적의 감소가 두드러지고 이로 인한 심혈관 및 호흡기적 합병증의 발생이 높아진다(Fig. 2).

자연경과 및 역할

특발성 척추측만증 중 유소년기형 측만증이 차지하는 비율은

Received July 28, 2015 Revised November 30, 2015 Accepted February 3, 2016

Correspondence to: Jin-Ho Hwang, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Yonsei University School of Medicine, 50-1 Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, Korea

TEL: +82-2-2228-2180 FAX: +82-2-363-1139 E-mail: osjinho@naver.com

12%~21% 정도이다.⁵⁾ 남녀 성비에 따른 유병률은 점진적으로 나이가 증가함에 따라 청소년기형 측만증과 유사해진다. 3~6세에서 측만증 발생의 남녀의 비는 1:1이고 나이가 증가함에 따라 1:2~1:4의 비율로 증가한다. 10세에 가까워지면서 1:8의 비율로 청소년기 측만증과 유사해진다⁶⁾ 대부분 남아는 5세경, 여아는 7세경에 진단된다.

유소년기형 측만증의 자연경과는 유아기형 측만증과 청소년기형 측만증의 ‘이행기적 특징(gradual transition)’을 갖는다. 일찍 발병하면 빠르게 진행하며 심한 변형이 남아 수술이 필요한 경우가 많다. 그러나 전반적으로는 ‘slow-to moderate progression’하

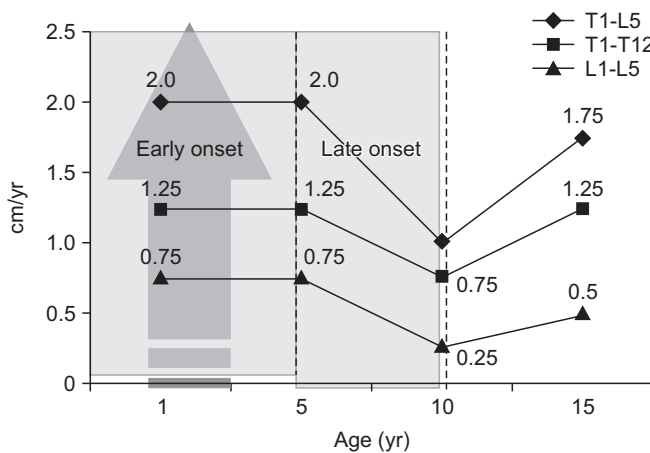


Figure 1. Spinal growth from ages 1 through 15 years. Spinal growth decelerates during the juvenile period, between the age of 5 and 10 years. There is a second acceleration of the growth rate along with the puberty in the adolescent period. Therefore, early onset scoliosis is often defined as scoliosis that manifests before the age of 5 years, as compared to late onset scoliosis which manifests after the age of 5 years.

는 것으로 알려져 있다.⁵⁻⁸⁾ 유소년기형 측만증 중 70%는 진행하며 대부분 치료를 필요로 하는 것으로 보고된다. Tolo와 Gillespie⁹⁾는 59명 중 42명(71.2%)의 환자가 수술적 치료를 필요로 하였다고 보고하였고, Figueiredo와 James⁸⁾는 98명 중 55명(56.1%)에서 수술적 치료를 요하였다고 하였다.

그러나 Mannherz 등¹⁰⁾은 25도 미만의 경미한 경우에서 진행하

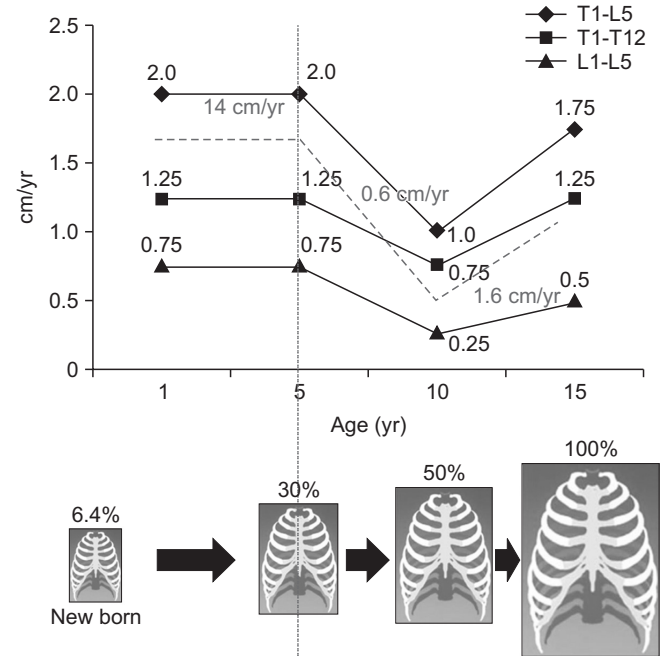


Figure 2. Growth of spine and thorax. The thoracic volume is 5% adulthood at birth, which increases to more than 30% at the age of 5 years. Early onset of scoliosis relates to reduced spinal length, which can ultimately lead to decreased thoracic volume and increased risk of pulmonary complications.

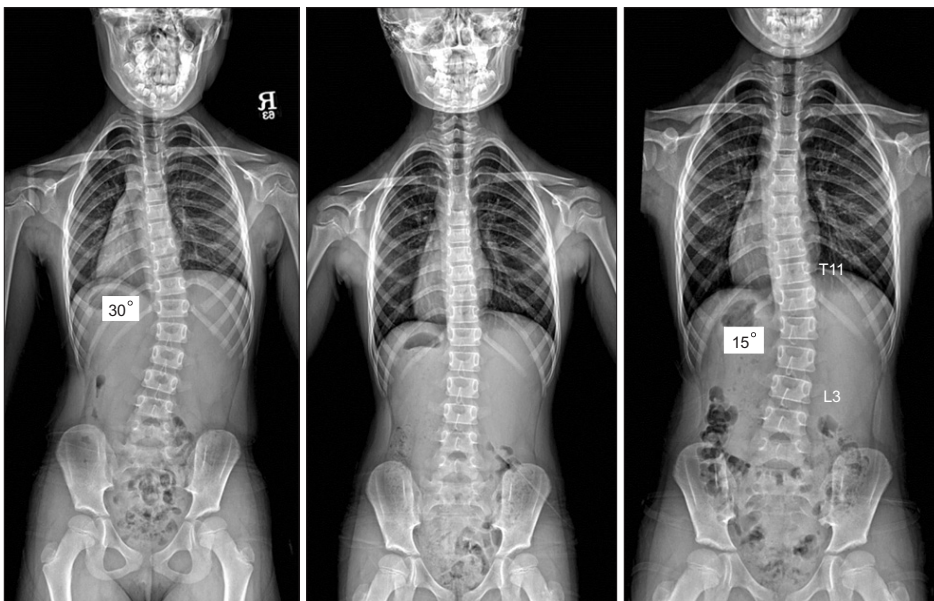


Figure 3. Serial radiographs of a 7-year-old boy with an initial deformity curve of 30 degrees. A 1 month follow-up radiograph showed resolution of the curve. After 2 months, a curve measuring 15 degrees is seen again in the radiograph. This case demonstrates the features of juvenile idiopathic scoliosis well.

지 않고 저절로 회복되는 경우를 보고하였다. Modi 등¹¹⁾은 169명의 환자에서 진행한 경우는 26%뿐이며 32.5%의 경우는 자연회복되었고, 나머지 41.4%에서는 측만증의 형태가 지속적으로 변화되는 과정에 있다고 보고하여 ‘tuning/balancing mechanism’의 가설을 제시하였다(Fig. 3, 4).

임상적 평가

어린 나이에 측만증이 발병하는 경우 다른 원인이 동반되는 경우가 많으며, 특히 청소년기형 측만증과 달리 유소년기형 측만증에서는 신경 이상(intra-spinal abnormality)이 동반될 가능성이 매우 높다. 동반된 원인을 제거하면 측만증의 진행을 느리게 하거나 정지시킬 수 있다.

특발성 척추측만증은 정의상 척추변형을 유발하는 다른 원인들이 배제되고 원인이 밝혀지지 않은 경우를 의미하기 때문에 신경근육성 척추측만증(neuromuscular scoliosis), 척수공동증, 척추종양, 선천성 척추측만증, 신경 섬유종, 여러 신드롬에 동반되어 나타나는 척추측만증(syndromic scoliosis) 등 다른 원인에 의한 척추측만증들을 배제하여야 한다.

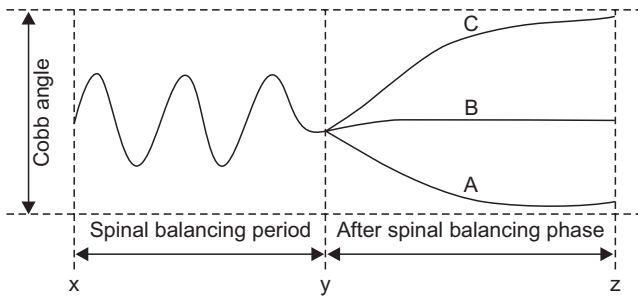


Figure 4. Tuning/balancing mechanism. Tuning/balancing mechanism is a characteristic feature of juvenile idiopathic scoliosis which the Cobb angle shows variation over time. The process of progression, quit and regression can be seen. Figure shows x is the onset time of scoliosis in growing spine; y is the time when curve will follow one of three pathway (A: regression; B: quit and C: progression); and z is the time of change in treatment approach.

특히 척수공동증과 동반된 Chiari malformation에서 척추측만증의 발생률은 20%로 보고되기도 하므로 주의를 요하며, 동반 증상으로 경미한 두통 및 경부 통증이 있을 수 있다(Table 1).¹²⁻¹⁷⁾

유소년기형 측만증 환자의 20% 정도에서 자기공명영상 촬영상 신경 이상이 동반된다. 이는 청소년기형 측만증에 비해 높기 때문에 만곡이 급속히 진행하거나 각도가 25도 이상의 척추측만증에서 추시상 만곡의 형태가 변하지 않는 경우에는 자기공명영상 촬영을 시행하는 것이 좋다(Fig. 5).^{18,19)} 기왕력 청취 시 심장 기형, 고관절의 이상, 인지 능력 저하, 선천성 사경 등도 주의 깊게 관찰해야 한다. 특히 유소년기에 성장 호르몬 치료(growth hormone)를 시행하는 경우에는 세심한 기왕력 청취가 필요하다. 성장 호르몬은 척추의 성장을 촉진시켜 척추측만증을 악화시킨다는 보고도 있으나 성장 호르몬을 투여하지 않은 군과 비교하여 더 높지 않다는 보고도 있어²⁰⁻²²⁾ 성장 호르몬 치료를 받는 환자에서는 측만증 발병 및 진행 가능성에 대한 충분한 설명과 주기적인 추적 관찰이 필요하다 할 수 있다.

근래에는 키와 관련하여 하지 부동(lower limb discrepancy)과 척추측만증에 대한 관심도 높아지고 있다. 하지 부동이 반드시 척추측만증을 발생시키지는 않으나 내원 시 하지 부동에 대한 평가를 하는 것이 좋다. 깔창을 이용한 하지 부동 교정이 측만증의 교정이나 소실에 효과가 없는 것으로 보고되고 있으므로 깔창으로 무리한 교정을 하기 보다는 ‘교정 신발’ 착용 후 방사선 사진을 찍고 척추측만증이 소실되는 경우에 ‘교정 신발’을 추천한다.^{23,24)}

치 료

유소년기형 측만증의 치료는 청소년기형 측만증과 같이 명확히 정립되어 있지 않다. 각도의 크기, 환자의 나이, 잔여 성장, 만곡의 유연성, 기저 질환 등을 고려하여 치료 방침을 결정하고, 만곡이 25도 이상인 경우에는 진행의 가능성이 매우 높기 때문에 적극적인 치료를 요한다. Fig. 6은 치료의 방향을 제시하는 알고리즘이다.

보조기 치료는 청소년기형 측만증과 달리 60도 이상에서도 적용을 시도해 볼 수 있다.^{25,26)} 유소년기형 측만증은 청소년기형 측만증에 비해 만곡이 상당히 유연하기 때문이다. 또한 최근에는

Table 1. Presenting Symptoms in the Syringomyelia and Chiari Malformation

Author (yr)	Total	HA/neck pain	Sensory loss	Motor loss	CN/BS/cerebellar	Ataxia	Scoliosis
Navarro et al. (2004) ¹²⁾	96	53 (55.2)	NS	NS	19 (19.8)	NS	14 (14.6)
Tubbs et al. (2003) ¹³⁾	130	55 (42.3)	NS	NS	NS	12 (9.2)	23 (17.7)
Alzate et al. (2001) ¹⁴⁾	66	36 (54.5)	20 (30.3)	8 (12.1)	14 (21.2)	4 (6.1)	11 (16.7)
Park et al. (1997) ¹⁵⁾	68	43 (63.2)	18 (26.5)	13 (19.1)	NS	NS	19 (27.9)
Ellenbogen et al. (2000) ¹⁶⁾	36	27 (75.0)	20 (55.6)	17 (47.2)	NS	9 (25.0)	19 (52.8)
Krieger et al. (1999) ¹⁷⁾	31	16 (51.6)	9 (29.0)	12 (38.7)	NS	7 (22.6)	20 (64.5)

Values are presented as number only or number (%). Mild degree of neck pain take up a high percentage of the patient's symptom. Scoliosis can be the first presenting sign. HA, headache; CN/BS, cranial nerve/brain stem; NS, not stated.

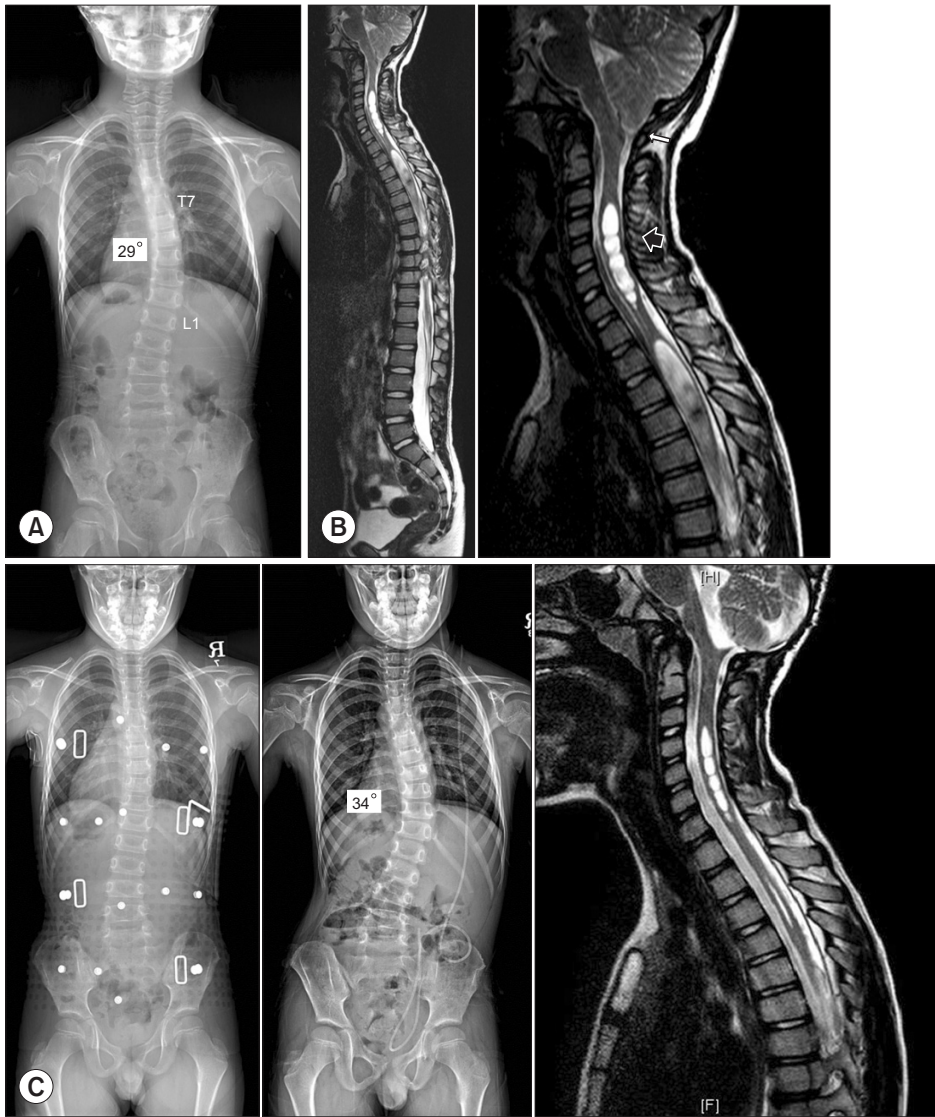


Figure 5. (A) A 6 year and 9 month-old boy with a 29 degree of scoliosis in the radiograph. (B) Magnetic resonance imaging scan of the spine revealed syringomyelia (big arrow) with Chiari malformation (small arrow) in the cord and surgical treatment was performed. (C) After surgery, signs of syringomyelia has improved and the deformity angle remains stable with the conservative treatment of bracing.

수술법의 발전으로 만곡이 60도 이상이어도 교정 수술이 가능하고, 일찍 수술을 하면 척추의 성장이 되지 않기 때문에 가능한 척추의 성장이 완성될 때까지 보조기를 이용한 치료가 권장된다. 청소년기 측만증은 척추가 성장하는 시기이므로 수술적 치료 시 다음과 같은 사항이 고려된다. 첫째는 척추 유합술을 시행하는 경우 척추의 성장이 정지되면서 흉곽의 성장이 멈추어 심혈관 및 호흡기계 합병증을 유발할 수 있다. 또한 환자의 키가 줄어들어 외관상의 문제를 만들 수 있다. Klemme 등²⁷⁾은 유합하는 척추 마디 수에 0.07을 곱하면(척추 마디 유합수×0.07) 척추 길이의 손실을 계산할 수 있다 하였다.

둘째는 척추의 후방만 유합하고 전방척추를 유합하지 않을 경우, 유합된 후방척추는 성장이 되지 않는 반면에 유합을 하지 않은 척추의 전방은 성장되면서, 전방과 후방척추 성장의 불균형으로 척추가 파배기 모양으로 꼬이는 crankshaft 현상이 발생한다.²⁸⁾ 이러한 현상은 성장이 남아 있는 상태에서 후방 교정을 시행한

경우나 삼방 연골(triradiate cartilage)이 유합되지 않은 상태에서 후방 유합을 시행한 경우 발생한다.²⁹⁾

현재 치료의 초점은 척추 자체만을 보는 것에서 척추, 흉곽, 폐까지 보는 것으로 변화되었다. 적절한 폐의 성장과 기능을 유지하기 위한 충분한 흉곽과 잘 정렬된 척추를 만드는 것이 치료의 목적이다.

이러한 개념의 수술방법을 통칭하여 '성장 유지 수술법(growing-sparing surgical technique)'이라 한다. 수술의 방법은 '성장 막대(growing rod)'와 '성장 조절(growth modulation)'의 두 가지 방법이 있다(Table 2).

성장형 막대를 이용한 수술법은 척추를 영구적으로 고정하는 것이 아니고, 성장이 가능한 금속봉을 사용하여 척추의 성장에 따라 1년에 1-2회 정도 금속봉의 길이를 늘려주는 'distraction-based' 수술 방법이다. 현재 장기 추시 결과는 없으나 Akbarnia 등³⁰⁾은 2005년 연구에서 'dual-growing rod'를 사용하여 척추측만각이 평

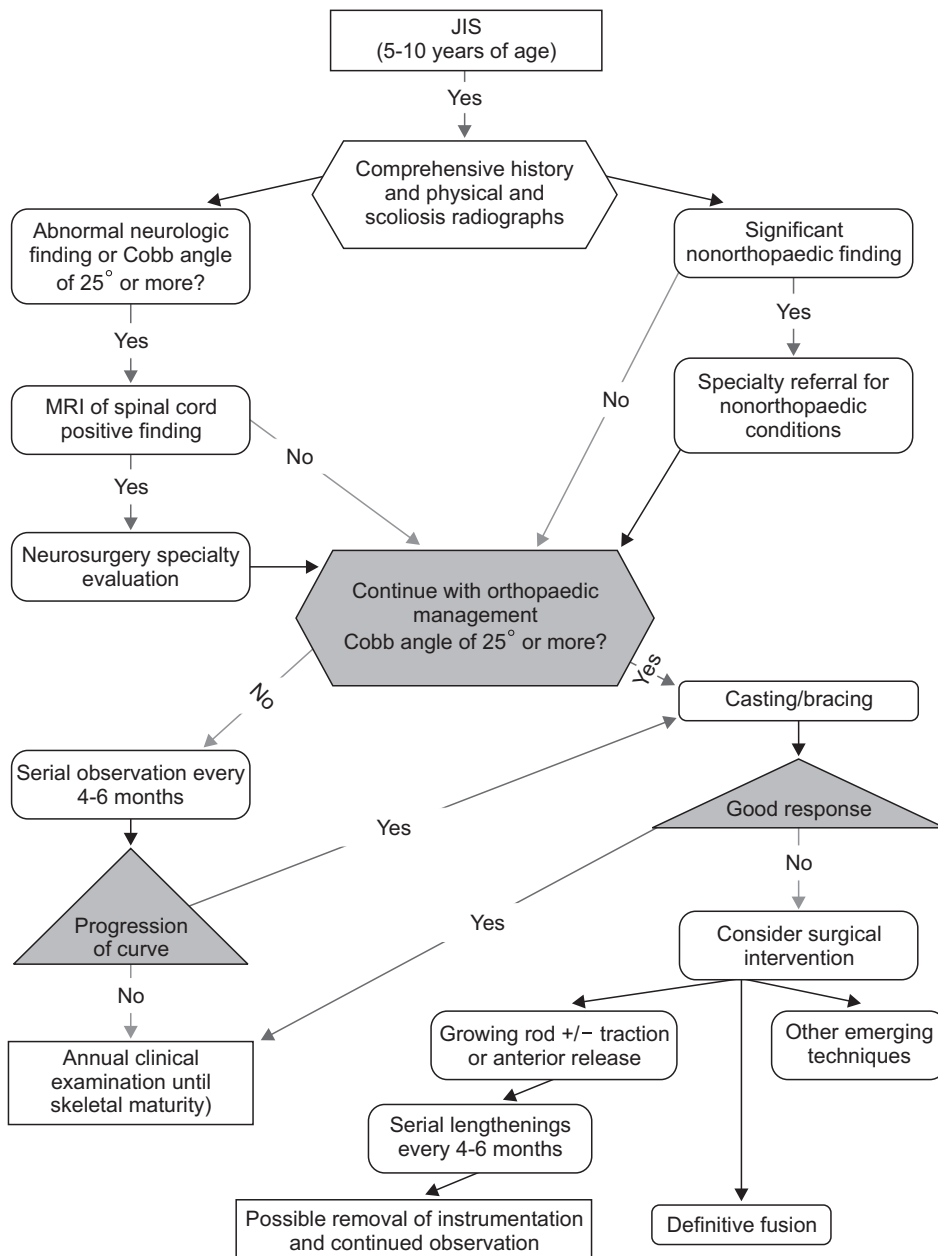


Figure 6. Treatment algorithm of juvenile idiopathic scoliosis (JIS). MRI: magnetic resonance imaging.

Table 2. Summary of the Surgical Techniques Used Recently

Distraction based	Guided growth	Convex compression growth inhibition	Other
Single rod	Luque trolley	Shape memory staples	Rib lengthening/shortening
Dual rod	Shilla	Tethers	Neurocentral synchondrosis hemiepiphysodesis
VEPTR			
Hybrid growth rods			
Phenix/MAGEC			

균 82도에서 38도로 교정되었으며 최종 36도였다고 보고하였다. 평균 6.6회의 연장 횟수로 연간 1.2 cm를 연장하였으며, 11명의 환자에서 13개의 합병증(56%)을 보고하였다.

합병증 발생이 높은 것이 이 술기의 문제이며 140명을 분석한

대규모 연구에서 58%의 환자에서 합병증이 발생하였고 최소 한 번 이상이었다고 하였다.³¹⁾ 수술의 횟수 증가에 따른 상처 감염이 가장 흔한 합병증이며, 금속봉 골절 및 신경이상 등 현재까지 많은 합병증이 있어 사용에 세심한 주의를 요한다.^{32,33)} 근래에는 이

리한 수술 횟수 증가와 합병증의 비례로 인해 수술의 횟수를 줄이기 위한 방안으로 절개를 시행하지 않고 원격 조정하는 방법이 개발 중이다(Phenix/MAGEC).^{34,35)}

대표적 성장 조절 방법은 ‘Hueter-Volkman Law’를 기반으로 신전력(tension)에 의해 성장이 촉진되어 있는 변형의 볼록 부위에 압박력(compression)을 가해 성장을 저하시키는 것이다. 이는 소아에서의 골단 고정술(epiphysiodesis)의 방법과 동일하다. 성장이 촉진되어 있는 척추측만증의 볼록 부위에 수술을 하여 성장을 저하시킴으로써 진행을 막고 교정을 시도하는 방법이다. 이 방법은 처음에 선천성 척추측만증에 처음 시도되었다.³⁶⁻³⁹⁾ 최근에는 ‘형상 기억 합금(shape memory alloy, SMA) staple,⁴⁰⁻⁴³⁾ tethers⁴⁴⁻⁴⁶⁾ 등 많은 방법이 시도되고 있다.

Betz 등⁴⁷⁾은 SMA의 일종인 Nitinol (Nickel Titanium Naval Ordnance Lab)을 사용하여 평균 나이 10세 미만의 25명의 흉부만곡과 15명의 요추만곡에 대해 수술을 시행하였다. 흉부만곡에 대해서 35도 미만에서 78%에서 호전, 50도 이상에서는 75%에서 진행한다 하였으며 10세 미만에서는 75%의 성공률을 보인다고 보고하였다. 요추만곡은 전체적으로 87%의 성공률과 10세 미만의 경우 100%의 성공률을 보고하였다. 따라서 45도 미만의 20도 이상의 유연성을 가진 경우 적응증이라 하였다.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors have nothing to disclose.

REFERENCES

- Pehrsson K, Larsson S, Oden A, Nachemson A. Long-term follow-up of patients with untreated scoliosis. A study of mortality, causes of death, and symptoms. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1992;17:1091-6.
- Little DG, Sussman MD. The Risser sign: a critical analysis. *J Pediatr Orthop*. 1994;14:569-75.
- Dimeglio A, Canavese F. The growing spine: how spinal deformities influence normal spine and thoracic cage growth. *Eur Spine J*. 2012;21:64-70.
- Lonstein JE, Carlson JM. The prediction of curve progression in untreated idiopathic scoliosis during growth. *J Bone Joint Surg Am*. 1984;66:1061-71.
- Ponseti IV, Friedman B. Prognosis in idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 1950;32:381-95.
- James JJ. Idiopathic scoliosis; the prognosis, diagnosis, and operative indications related to curve patterns and the age at onset. *J Bone Joint Surg Br*. 1954;36:36-49.
- Koop SE. Infantile and juvenile idiopathic scoliosis. *Orthop Clin North Am*. 1988;19:331-7.
- Figueiredo UM, James JJ. Juvenile idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Br*. 1981;63:61-6.
- Tolo VT, Gillespie R. The characteristics of juvenile idiopathic scoliosis and results of its treatment. *J Bone Joint Surg Br*. 1978;60:181-8.
- Mannherz RE, Betz RR, Clancy M, Steel HH. Juvenile idiopathic scoliosis followed to skeletal maturity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1988;13:1087-90.
- Modi HN, Suh SW, Yang JH, Hong JY, Venkatesh K, Muzaffar N. Spontaneous regression of curve in immature idiopathic scoliosis - does spinal column play a role to balance? An observation with literature review. *J Orthop Surg Res*. 2010;5:80.
- Navarro R, Olavarria G, Seshadri R, Gonzales-Portillo G, McLone DG, Tomita T. Surgical results of posterior fossa decompression for patients with Chiari I malformation. *Childs Nerv Syst*. 2004;20:349-56.
- Tubbs RS, McGirt MJ, Oakes WJ. Surgical experience in 130 pediatric patients with Chiari I malformations. *J Neurosurg*. 2003;99:291-6.
- Alzate JC, Kothbauer KF, Jallo GI, Epstein FJ. Treatment of Chiari I malformation in patients with and without syringomyelia: a consecutive series of 66 cases. *Neurosurg Focus*. 2001;11:E3.
- Park JK, Gleason PL, Madsen JR, Goumnerova LC, Scott RM. Presentation and management of Chiari I malformation in children. *Pediatr Neurosurg*. 1997;26:190-6.
- Ellenbogen RG, Armonda RA, Shaw DW, Winn HR. Toward a rational treatment of Chiari I malformation and syringomyelia. *Neurosurg Focus*. 2000;8:E6.
- Krieger MD, McComb JG, Levy ML. Toward a simpler surgical management of Chiari I malformation in a pediatric population. *Pediatr Neurosurg*. 1999;30:113-21.
- Gupta P, Lenke LG, Bridwell KH. Incidence of neural axis abnormalities in infantile and juvenile patients with spinal deformity. Is a magnetic resonance image screening necessary? *Spine (Phila Pa 1976)*. 1998;23:206-10.
- Lewonowski K, King JD, Nelson MD. Routine use of magnetic resonance imaging in idiopathic scoliosis patients less than eleven years of age. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1992;17:S109-16.
- Bell J, Parker KL, Swinford RD, Hoffman AR, Maneatis T, Lippe B. Long-term safety of recombinant human growth hormone in children. *J Clin Endocrinol Metab*. 2010;95:167-77.

21. Craig ME, Cowell CT, Larsson P, et al. Growth hormone treatment and adverse events in Prader-Willi syndrome: data from KIGS (the Pfizer International Growth Database). *Clinical Endocrinology*. 2006;65:178-85.
22. Kim JY, Rosenfeld SR, Keyak JH. Increased prevalence of scoliosis in Turner syndrome. *J Pediatr Orthop*. 2001;21:765-6.
23. Hoikka V, Ylikoski M, Tallroth K. Leg-length inequality has poor correlation with lumbar scoliosis. A radiological study of 100 patients with chronic low-back pain. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1989;108:173-5.
24. Papaioannou T, Stokes I, Kenwright J. Scoliosis associated with limb-length inequality. *J Bone Joint Surg Am*. 1982;64: 59-62.
25. Dobbs MB, Weinstein SL. Infantile and juvenile scoliosis. *Orthop Clin North Am*. 1999;30:331-41.
26. Dabney KW, Bowen JR. Juvenile idiopathic scoliosis. *Semin Spine Surg*. 1991;3:254-65.
27. Klemme WR, Denis F, Winter RB, Lonstein JW, Koop SE. Spinal instrumentation without fusion for progressive scoliosis in young children. *J Pediatr Orthop*. 1997;17:734-42.
28. Dubousset J, Herring JA, Shufflebarger H. The crankshaft phenomenon. *J Pediatr Orthop*. 1989;9:541-50.
29. Sanders JO, Herring JA, Browne RH. Posterior arthrodesis and instrumentation in the immature (Risser-grade-0) spine in idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 1995;77:39-45.
30. Akbarnia BA, Marks DS, Boachie-Adjei O, Thompson AG, Asher MA. Dual growing rod technique for the treatment of progressive early-onset scoliosis: a multicenter study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30:S46-57.
31. 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.
32. Akbarnia BA, Asher MA, Bagheri R, et al. Complications of dual growing rod technique in early onset scoliosis: can we identify risk factors? *Spine* 2006;Meeting Abstract: Scoliosis Research Society:73. doi: 10.1097/01.brs.0000317612.97782.9e.
33. Sankar WN, Skaggs DL, Emans JB, et al. Neurologic risk in growing rod spine surgery in early onset scoliosis: is neuro-monitoring necessary for all cases? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34:1952-5.
34. Miladi L. Magnetic powered extensible rod for thorax or spine. Paper presented at: 45th Annual Meeting of the Scoliosis Research Society; 2010 Sep 21-24; Kyoto, Japan.
35. Akbarnia BA, Mundis GM Jr, Salari P, Yazay B, Pawelek JB. Innovation in growing rod technique: a study of safety and efficacy of a magnetically controlled growing rod in a porcine model. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012;37:1109-14.
36. Keller PM, Lindseth RE, DeRosa GP. Progressive congenital scoliosis treatment using a transpedicular anterior and posterior convex hemiepiphysiodesis and hemiarthrodesis. A preliminary report. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1994;19:1933-9.
37. King AG, MacEwen GD, Bose WJ. Transpedicular convex anterior hemiepiphysiodesis and posterior arthrodesis for progressive congenital scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1992;17: S291-4.
38. Winter RB, Lonstein JE, Denis F, Sta-Ana de la Rosa H. Convex growth arrest for progressive congenital scoliosis due to hemivertebrae. *J Pediatr Orthop*. 1988;8:633-8.
39. Winter RB. Convex anterior and posterior hemiarthrodesis and hemiepiphysiodesis in young children with progressive congenital scoliosis. *J Pediatr Orthop*. 1981;1:361-6.
40. Wall EJ, Bylski-Austrow DI, Kolata RJ, Crawford AH. Endoscopic mechanical spinal hemiepiphysiodesis modifies spine growth. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30:1148-53.
41. Lalonde NM, Aubin CE, Pannetier R, Villemure I. Finite element modeling of vertebral body stapling applied for the correction of idiopathic scoliosis: preliminary results. *Stud Health Technol Inform*. 2008;140:111-5.
42. Puttlitz CM, Masaru F, Barkley A, Diab M, Acaroglu E. A biomechanical assessment of thoracic spine stapling. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32:766-71.
43. Stucker R. Results of treatment of progressive scoliosis with SMA staples. *Orthopade*. 2009;38:176-80.
44. Braun JT, Ogilvie JW, Akyuz E, Brodke DS, Bachus KN. Creation of an experimental idiopathic-type scoliosis in an immature goat model using a flexible posterior asymmetric tether. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31:1410-4.
45. Braun JT, Hoffman M, Akyuz E, Ogilvie JW, Brodke DS, Bachus KN. Mechanical modulation of vertebral growth in the fusionless treatment of progressive scoliosis in an experimental model. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31:1314-20.
46. Newton PO, Upasani VV, Farnsworth CL, et al. Spinal growth modulation with use of a tether in an immature porcine model. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90:2695-706.
47. Betz RR, Asghar J, Samdani AF. Non-fusion anterior stapling. In: Akbarnia BA, Yazici M, Thompson GH, ed. *The growing spine: management of spinal disorders in young children*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg; 2010. 568-77.

성장기 소아 환자의 흔한 정형외과적 문제

유소년형 특발성 척추측만증

강민석 • 서승우* • 최승진† • 황진호[‡]건국대학교 의학전문대학원 정형외과학교실, *고려대학교 의과대학 정형외과학교실,
†연세대학교 의과대학 정형외과학교실

유소년형 특발성 척추측만증은 역연령에 따라 3세 이후 10세 미만까지의 척추측만증을 뜻한다. 유소년기의 척추의 성장은 빠르지 않기 때문에 척추변형이 빠르게 진행하지는 않으나 조기 발현형일수록 흉곽 용적의 감소가 두드러지고 이로 인한 심혈관 및 호흡기적 합병증의 발생이 높아진다. 어린 나이의 측만증은 신경 이상 등의 척추변형을 유발하는 다른 원인들이 있는지를 확인해야 한다. 만곡이 25도 이상인 경우에는 진행의 가능성이 매우 높기 때문에 적극적 치료를 요한다. 수술의 경우 유합술은 척추 성장이 정지되어 흉곽의 성장에 영향을 미치며, crankshaft 현상을 막기 위해 전후방 유합이 필요하다. 최근에는 ‘성장 막대(growing rod)’와 ‘성장 조절(growth modulation)’의 사용으로 ‘성장 유지 수술법(growing-sparing surgical technique)’이 제시되고 있다.

색인단어: 유소년형 특발성 척추측만증, 척추 성장, 흉곽 성장, 성장 막대, 성장 조절

접수일 2015년 7월 28일 수정일 2015년 11월 30일 게재확정일 2016년 2월 3일

[‡]책임저자 황진호

03722, 서울시 서대문구 연세로 50-1, 연세대학교 의과대학 정형외과학교실

TEL 02-2228-2180, FAX 02-363-1139, E-mail osjinho@naver.com