



선천성 척추측만증의 진단 및 치료

박 건 보

연세대학교 의과대학 세브란스어린이병원 소아정형외과

Diagnosis and treatment of congenital scoliosis

Kun-Bo Park, MD

Division of Pediatric Orthopedic Surgery, Severance Children's Hospital, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Background: Congenital scoliosis is caused by anomalies of the vertebra, such as hemivertebra or unsegmented bar, which result in asymmetric growth of the spine. The disruption of vertebra development during embryogenesis may be accompanied by other congenital multi-organ anomalies. The progression of the scoliotic curve may also hinder the development of other organs.

Current Concepts: Hemivertebra excision and short spinal fusion have demonstrated favorable outcomes. However, the need for spinal growth and lung development has led to new treatment modalities. Growth-friendly surgeries, such as with a growing rod or vertical expandable rib-based distraction device, have demonstrated good results with curve correction while maintaining spinal growth. Although the outcome of conservative treatment for congenital scoliosis is questionable, casting may be effective as a "time-buying strategy" to delay the need for surgery.

Discussion and Conclusion: It is essential to decide on a treatment plan considering the progression of the curve and growth of the spine and lungs through an individualized approach.

Key Words: Spinal diseases; Congenital scoliosis; Diagnosis; Treatment

서론

선천성 척추측만증은 1,000명 중에 1명 정도 발생하는 것으로 알려져 있다[1]. 영상의학적 진단의 발달로 산전 진단도 가능하지만, 무엇보다 중요한 것은 성장과정 중 변형의 진행일 것이다. 선천성 척추측만증은 보조기 혹은 보전적 치

료의 효과가 미미하여 수술적 치료법이 우선적으로 고려된다. 과거의 초기 교정과 유합술에서 현재는 척추 기기 고정술의 발달과 폐성장에 대한 인식의 전환으로 성장을 고려하는 수술법으로 진화하고 있다[2,3].

원인과 진단

태생 6주에 체질(somite) 형성 시기를 거쳐 일차 골화 중심이 나타나는데, 이 과정에서 문제가 생기면서 척추체의 기형이 발생하게 된다. 시기와 손상 정도에 따라 척추체뿐만 아니라 신경계, 심혈관계, 비뇨생식기계, 호흡기계의 기형이 동반될 수 있다. 척추체의 기형은 형성 부전(formation

Received: October 12, 2021 Accepted: October 25, 2021

Corresponding author: Kun-Bo Park
E-mail: pedoskbp@yuhs.ac

© Korean Medical Association

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 use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

defect), 분절 부전(segmentation defect)과 두 기형이 함께 존재하는 복잡 기형으로 분류된다[3]. 특발성 척추측만증과 마찬가지로 유전적인 배경에 대한 보고가 있으나, 많은 증례에서 유전성이 명확하지 않아 유전적인 요인과 환경적인 요인이 복합적으로 작용하는 것으로 생각되고 있다[4,5].

척추 내 신경 계통 기형이 18~71%까지 있다고 알려져 있어 급격한 진행, 수술 전 확인, 신경학적 이상 증상이 있는 경우 자기공명영상 검사가 필요하다[6]. 흔하게 발견되는 것은 척수 공동증(syrinx), 아르놀트–하아리기형(Arnold–Chiari malformation), 두꺼워진 종사(thickened filum terminale), 척수견인증후군(tethered cord syndrome), 척수이분증 등이다[7]. 최근 226명의 선천성 측만증을 연구하여 43%의 신경 계 이상 발생이 보고된 바 있으며, 흉추부 기형 및 늑골 변형이 있을 때 발생 가능성이 더 높다고 하였다[8,9].

신경계 병변 자체로 이상 증상이 발생할 수 있고 성장과 함께 나타날 수 있어 면밀한 관찰이 필요하며 수술적 교정을 계획할 시에는 견인에 의한 신경 손상이 발생할 수 있어 수술 전 확인하여야 한다. 그러나 최근의 연구에서는 척추측만증에 대한 교정 수술 전 척수견인증후군에 대한 수술의 필요성에 근거가 부족하다는 의견이 있기도 하여 더 많은 연구가 필요하다[10].

다양한 기형이 함께 나타나는 VACTERL (vertebral, anal atresia, cardiac, tracheo–esophageal, renal, and limb) 증후군이 있으며, 척추측만증은 하지 불균형의 영향을 받을 수 있어 전신 골격의 이상 유무를 관찰하여야 한다[11]. 비뇨기계 이상이 20~40%에서 발견되며, 선천성 심장 질환이 14~54%에서 발견된다[12]. 척추관이 좁아져서 신경계와 연관된 증상이 비뇨기계 증상으로 나타날 수도 있다. 늑골 유합과 같은 변형이 동반되며 흉곽 성장에 제한이 발생하는 흉곽부전증후군(thoracic insufficiency syndrome)으로 진행 할 수 있다. 선천성 변형은 경추에도 발생할 수 있으며, 경추의 추체간 유합이 있는 클리펠–페이유증후군(Klippel–Feil syndrome)이 선천성 측만증의 25%에서 발견된다[13]. 견갑골의 이상으로 상지 거상에 제한이 있는 스프렝겔 변형(Sprengel's deformity)과 같은 상지의 변형도 유의하여 관찰하여야 한다.

자연 경과와 분류

완전 편측 형성 부전의 경우 반척추(hemivertebra)가 발생하는데, 위 아래 성장판이 있는 형태로 1년에 1~2도씩 천천히 증가한다. 하위 흉추와 흉요추 만곡은 좀 더 빨리 진행하여 45도를 넘을 수 있으나 미분절봉(unsegmented bar)에 비하면 진행이 느리고 추체의 회전도 덜하다. 또한 양쪽에 하나씩 반척추가 있는 경우 균형을 취할 수도 있다. 그러나 요천추부에서는 흉요추부에 보상형 만곡이 생기면서 몸통 균형이 무너지므로 조기 수술이 필요한 경우가 있다. 또한 한쪽에 두 개의 반척추가 있는 경우는 1년에 3도씩 커지면서 10세가 되면 50도가 넘고, 성장 완료 시 70도가 될 수 있어 주의가 필요하다. 한 쪽만 추간판으로 구분되고 다른 한쪽은 뼈로 이어지는 반분절 반척추(semi-segmented hemivertebra)는 성장 균형은 그대로 맞지만 시간 경과에 따라 조금씩 나빠진다. 인접 척추에 상응하는 변형이 있어 균형이 맞는 경우 감돈 반척추(incarcerated hemivertebra)라고 한다. 발생률은 반척추는 65%, 반분절 반척추는 22%, 감돈 반척추 혹은 미분절 반척추(unsegmented hemivertebra)는 12%로 알려져 있다[14]. 척추경이 양쪽 모두 있으나 한쪽의 부분 형성 부전으로 기울어진 경우 설상 척추(wedge vertebra)라고 한다. 분절 부전의 경우 정상적으로 분리되어야 할 척추체 간에 비정상적인 골성 연결이 있는 경우로서 완전 분절 부전의 경우 척추 융합(block vertebra)이 되고, 부분 분절 부전의 경우 미분절봉이 생긴다. 반척추가 있는 반대쪽에 미분절봉이 있는 경우 가장 빠른 진행을 하며, 미분절봉, 반척추, 설상 척추, 척추 융합의 순서로 진행의 위험도가 감소한다고 보고 있다. 80%는 단일 기형, 20%는 복합 기형으로 알려져 있다. 그러나 기존의 선천성 변형의 형태에 따른 분류는 2차원적인 분류만 제시하며, 동반된 시상면 상에서의 후만증은 분류에 포함되지 않는다는 한계가 있다[15]. 후만증에 대한 분류를 참고할 수도 있으며, 후만증에 대한 분류를 추가하는 방법 또한 고려될 수 있으나, 가장 중요한 것은 성장과 만곡의 진행 여부에 대한 예측이다.

일반적으로 25%는 진행하지 않고, 25%는 천천히 진행하

며, 50%는 빨리 진행한다고 알려져 있다. 성장이 많이 이루어지는 0~2세와 사춘기에 가장 많이 진행한다. 요추 및 흉요추부의 변형이 근위부 변형보다 빨리 진행한다. 특히 유소아에서 발생한 척추측만증에서 흉곽 성장에 제한이 발생하는 흉곽부전증후군(thoracic insufficiency syndrome)에 대한 보고는 측만증의 발생 원인보다도 조기발현측만증(early-onset scoliosis)에서 체간의 성장과 균형이 더 치료 목적이 되어야 한다는 치료 개념의 전환점이 되었다[16]. 선천성 측만증의 형태학적 분류뿐만 아니라 발생 연령, 원인, 주 만곡의 크기, 후만증, 및 성장 속도를 고려한 조기발현 측만증 분류법에 대한 이해가 필요하다[17].

치료

많은 경우 임상적으로 문제가 되는 척추 변형이 발생하지 않고 척추의 균형이 성장과정 중에 잘 유지될 수 있으므로 충분한 관찰기간을 거친 이후 적절한 치료의 종류 및 시점을 결정하여야 한다. 일반적으로 6개월 추적 관찰을 하나 5세 이하 및 사춘기의 급성장기에는 주의가 필요하다. 특발척추측만증 치료에서는 흉요추 보조기가 수술로의 진행 가능성을 줄일 수 있고, 최근에는 각각의 만곡을 컴퓨터를 이용하여 분석하는 보조기 제작이 제시되고 있다[18]. 그러나 선천성 측만증은 유연하지 않아 보조기 치료가 효과적이지 않다. 보조기 치료의 유용성은 근거가 미약하나 보상성 만곡이나 선천성 기형을 포함하지만 유연하고 긴 만곡 등에 제한적으로 사용될 수 있다. 다만, 보조기보다는 연속적 석고 고정이 효과적이라 여겨지며, 최근에는 근본적인 치료 목적이 아닌 수술이 필요한 시기를 늦추는 용도로서 석고 고정이 효과적이라는 보고가 있다[19].

수술적 치료의 목표는 성장 완료 시점에서 척추 균형과 길이, 신경학적 기능, 폐기능을 최대한 정상에 가깝게 유지하는 것이다. T1-T12의 평균 길이는 5세에 180 mm, 10세에 220 mm, T1-T12의 연간 성장률은 0~5세 14 mm/yr, 5~10세에는 8 mm/yr이다. 이와 유사하게 T1-S1의 성장률은 출생부터 5세까지는 2 cm/yr이며, 5~10년은 1.2 cm/

yr이다[20]. 반면, 척추경 나사못 삽입 및 고정술이 척추체와 신경관의 성장에는 영향을 미치지 않는다는 보고도 있다[21]. 선천성 측만증에 대하여 성장기에 조기 수술 시에는 위와 같은 정상 척추의 성장 억제 영향을 고려하여야 한다.

단순 유합술(*in situ fusion*)은 전방에서의 성장으로 인해 왜곡된 해부학적 구조가 발생하는 crankshaft phenomenon 현상으로 추후 적절한 수술 치료에 어려움을 초래할 수 있어 근래에는 잘 사용되지 않는다. 편측골단유합술(hemiepiphiodesis)은 만곡의 볼록 부위의 성장을 억제하여 점진적인 교정을 도모하는 방법이나 단분절에 시상면상 변형이 적은 경도의 만곡에만 적용이 가능하고 교정 정도를 예측하기 어렵다는 한계가 있다.

반척추 제거술은 5세 이전에 이차적인 보상 만곡이 발생하기 전에 효과적일 수 있으며 교정이 많다는 장점이 있다. 성장에 따른 추가 변형에 대한 우려가 있어 골단판의 제거가 중요하다. 평균 10세에 반척추 제거 및 유합술 후 11년 간 추적 관찰한 연구에서는 75%의 주 만곡 교정과 30~78%의 보상 만곡 교정의 좋은 결과가 보고되었다[22]. 최근 연구에서는 시상면에서의 흉추부 후만과 요추부 전만의 안정적인 발달 또한 관찰된다고 보고된 바 있다[23]. 반면, 흉추부 반척추 제거 시 합병증 발생가능성이 높아 주의가 필요하며 드물지만 반척추 제거 및 단분절 유합술 후 새로운 만곡이 발생하였다는 보고도 있다[24,25]. 반척추의 만곡 진행이 다양하므로 개개인의 형태 및 진행을 고려하여 수술을 결정하여야 한다.

선천성 측만증에서는 척추체 늑골 및 폐의 성장이 변화되어 폐기능의 성장에 제한이 발생하는 흉곽부전증후군이 발생할 수 있다. 5세 이전 장분절에 유합술로 교정을 하는 경우에도 성장 억제를 초래하여 흉곽부전증후군이 발생할 수 있다[16,26]. 조기 유합술 시에 발생할 수 있는 척추 및 폐기능 성장 장애 문제에 대한 해결 방법으로 성장 강봉 고정술(growing rod system) 및 늑골기반 연장 수술 방법(vertical expandable rib-based distraction device)이 도움이 될 수 있다[27~29]. 늑골기반 연장 수술 방법은 늑골의 변형이 없는 선천성 척추측만증에서도 24%의 만곡 교정이 보고된 바 있다[30]. 성장 강봉 고정술에서는 선천성 척추측만증에서 4

년간 평균 31%의 교정과 1.1 cm/year의 T1–S1 성장률이 보고되었다[31]. 절골술을 동반한 성장 강봉 고정술에서는 50% 이상의 교정과 1.23 cm/year의 T1–S1 성장률이 보고 되기도 하였다[32]. 고식적인 방법에서는 연장술 시마다 마취 하에 수술을 해야 한다는 한계가 있었다. 성장 친화적인 측만증 수술 시 연장 수술마다 합병증의 발생률이 24% 증가 하며, 수술 시 환자의 연령이 1년 증가할 때마다 합병증 발생률이 13%씩 감소한다고 보고된 바 있다[20]. 근래에는 자성 성장 강봉 고정술(magnetically controlled growing rod)이 도입되어 여러 번의 마취 및 수술 없이 연장술을 시행할 수 있게 되었다[33]. 선천성 측만증이 2예 포함된 최근 연구에서는 자성 성장 강봉 고정술을 이용한 조기 발현형 척추측만증 교정 수술에서 48%의 교정이 보고되기도 하였다[34].

심하고 경직된 만곡에서는 절골술을 이용하여 교정할 수 있다. 척주 절제술(vertebral column resection)은 많은 교정을 얻을 수 있는 강력한 수술법이다. 그러나 장 분절의 고정이 필요하고 혈관 및 신경계의 손상 위험성이 높은 수술이며, 수술 중 신경 감시를 하는 등의 주의가 필요하다[35–38]. 동양인은 척추경의 직경이 작다고 알려져 있으며, 더 불어 미성숙한 변형된 척추체에 나사못 고정 시에는 의인성 척추 손상을 방지하기 위해 정확한 나사못 삽입이 중요하다[39,40]. 나사못 삽입이 불가능한 경우 혹 혹은 추궁 판 하강선 고정의 사용이 효과적이라는 보고도 있다[41,42]. 성장 기 척추에서는 성장 및 변형 진행에 따른 강봉의 파손도 발생할 수 있다. 근골격계가 성숙한 청소년에서 척추경 나사못과 강봉을 이용한 고식적인 후방 교정 및 유합술이 선천성 측만증에서도 효과적이라는 보고가 있다[43,44]. 절골술에 의한 합병증의 위험성은 감소된다고 할 수 있으나, 보다 더 긴 분절에서의 유합술이 필요하므로 장 분절 유합에 따른 합병증과 장, 단점을 고려해야 할 것이다[45].

결론

선천성 측만증의 치료는 동반 기형이 많이 발생하므로 척추뿐만 아니라 전신 상태를 검진하여야 하며 여러 분야의 긴

밀한 협조가 필요하다. 일률적인 치료가 아니라 변형의 형태를 고려하여야 하며, 환자 개개인의 변형 형태와 만곡의 진행을 고려하여 치료 방침을 설정하여야 한다. 향후 성장뿐만 아니라 일상 생활에서의 환자 만족도에 대한 연구도 진행되어야 할 것이며, 최근 정형외과적 수술에 도입되고 있는 로봇 수술과 머신 러닝 기법 또한 선천성 척추측만증의 적절한 치료 개발에 도움이 될 것으로 생각된다[46–48]. 선천성 척추측만증의 치료에서 무엇보다 중요한 것은 방사선 상에서의 곧은 척추를 치료의 목표로 삼는 것이 아니고 체간의 균형을 보고 척추와 흉곽 및 복부의 성장을 고려하여 치료 방침을 세워야 한다는 것이다.

찾아보기말: 척추질환; 선천성 척추측만증; 진단; 치료

ORCID

Kun-Bo Park, <https://orcid.org/0000-0002-8839-4870>

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

- Hedequist D, Emans J. Congenital scoliosis: a review and update. *J Pediatr Orthop* 2007;27:106–116.
- Hedequist DJ. Surgical treatment of congenital scoliosis. *Orthop Clin North Am* 2007;38:497–509.
- Karaarslan UC, Gurel IE, Yucekul A, Demirkiran HG, Samdani A, Yilgor C, Alanay A. team approach: contemporary treatment of congenital scoliosis. *JBJS Rev* 2019;7:e5.
- Kikanloo SR, Tarpada SP, Cho W. Etiology of adolescent idiopathic scoliosis: a literature review. *Asian Spine J* 2019;13:519–526.
- Wu N, Ming X, Xiao J, Wu Z, Chen X, Shinawi M, Shen Y, Yu G, Liu J, Xie H, Gucev ZS, Liu S, Yang N, Al-Kateb H, Chen J, Zhang J, Hauser N, Zhang T, Tasic V, Liu P, Su X, Pan X, Liu C, Wang L, Shen J, Shen J, Chen Y, Zhang T, Zhang J, Choy KW, Wang J, Wang Q, Li S, Zhou W, Guo J, Wang Y, Zhang C, Zhao H, An Y, Zhao Y, Wang J, Liu Z, Zuo Y, Tian Y, Weng X, Sutton VR, Wang H, Ming Y, Kulkarni S, Zhong TP,

- Giampietro PF, Dunwoodie SL, Cheung SW, Zhang X, Jin L, Lupski JR, Qiu G, Zhang F. TBX6 null variants and a common hypomorphic allele in congenital scoliosis. *N Engl J Med* 2015;372:341-350.
6. Kim GU, Chang MC, Kim TU, Lee GW. Diagnostic modality in spine disease: a review. *Asian Spine J* 2020;14:910-920.
 7. Mohanty SP, Kanhangad MP, Saifuddin S, Narayana Kurup JK. Pattern of syringomyelia in presumed idiopathic and congenital scoliosis. *Asian Spine J* 2020 Nov 16 [Epub]. <https://doi.org/10.31616/asj.2020.0216>.
 8. Shen J, Wang Z, Liu J, Xue X, Qiu G. Abnormalities associated with congenital scoliosis: a retrospective study of 226 Chinese surgical cases. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013;38:814-818.
 9. Ghandhari H, Tari HV, Ameri E, Safari MB, Fouladi DF. Vertebral, rib, and intraspinal anomalies in congenital scoliosis: a study on 202 Caucasians. *Eur Spine J* 2015; 24:1510-1521.
 10. Ahuja K, Ifthekar S, Mittal S, Yadav G, Sudhakar PV, Barik S, Kandwal P. Is detethering necessary before deformity correction in congenital scoliosis associated with tethered cord syndrome: a meta-analysis of current evidence. *Eur Spine J* 2021;30:599-611.
 11. Kobayashi K, Ando K, Nakashima H, Machino M, Morozumi M, Kanbara S, Ito S, Inoue T, Yamaguchi H, Mishima K, Ishiguro N, Imagama S. Scoliosis caused by limb-length discrepancy in children. *Asian Spine J* 2020;14:801-807.
 12. Yarandi KK, Mohammadi E, Alimohammadi M, Boshrabadi AP, Golbakhsh M, Amirjamshidi A. Prevalence of abnormal urodynamic study results in patients with congenital and idiopathic scoliosis and its predictive value for the diagnosis of tethered cord syndrome: a single institution clinical study. *Asian Spine J* 2021;15:32-39.
 13. Ankith NV, Avinash M, Srivijayanand KS, Shetty AP, Kanna RM, Rajasekaran S. Congenital osseous anomalies of the cervical spine: occurrence, morphological characteristics, embryological basis and clinical significance: a computed tomography based study. *Asian Spine J* 2019;13:535-543.
 14. Pahys JM, Guille JT. What's new in congenital scoliosis? *J Pediatr Orthop* 2018;38:e172-e179.
 15. Kawakami N, Tsuji T, Imagama S, Lenke LG, Puno RM, Kuklo TR; Spinal Deformity Study Group. Classification of congenital scoliosis and kyphosis: a new approach to the three-dimensional classification for progressive vertebral anomalies requiring operative treatment. *Spine (Phila Pa 1976)* 2009;34:1756-1765.
 16. Karol LA. The natural history of early-onset scoliosis. *J Pediatr Orthop* 2019;39(6 Suppl 1):S38-S43.
 17. Williams BA, Matsumoto H, McCalla DJ, Akbarnia BA, Blakemore LC, Betz RR, Flynn JM, Johnston CE, McCarthy RE, Roye DP Jr, Skaggs DL, Smith JT, Snyder BD, Sponseller PD, Sturm PF, Thompson GH, Yazici M, Vitale MG. Development and initial validation of the Classification of Early-Onset Scoliosis (C-EOS). *J Bone Joint Surg Am* 2014;96:1359-1367.
 18. Bidari S, Kamyab M, Ghandhari H, Komeili A. Efficacy of computer-aided design and manufacturing versus computer-aided design and finite element modeling technologies in brace management of idiopathic scoliosis: a narrative review. *Asian Spine J* 2021;15:271-282.
 19. Demirkiran HG, Bekmez S, Celilov R, Ayvaz M, Dede O, Yazici M. Serial derotational casting in congenital scoliosis as a time-buying strategy. *J Pediatr Orthop* 2015;35:43-49.
 20. Bess S, Akbarnia BA, Thompson GH, Sponseller PD, Shah SA, El Sebaie H, Boachie-Adjei O, Karlin LI, Canale S, Poe-Kochert C, Skaggs DL. Complications of growing-rod treatment for early-onset scoliosis: analysis of one hundred and forty patients. *J Bone Joint Surg Am* 2010;92:2533-2543.
 21. Olgun ZD, Demirkiran G, Ayvaz M, Karadeniz E, Yazici M. The effect of pedicle screw insertion at a young age on pedicle and canal development. *Spine (Phila Pa 1976)* 2012;37:1778-1784.
 22. Chang DG, Kim JH, Ha KY, Lee JS, Jang JS, Suk SI. Posterior hemivertebra resection and short segment fusion with pedicle screw fixation for congenital scoliosis in children younger than 10 years: greater than 7-year follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)* 2015;40:E484-E491.
 23. Xu F, Canavese F, Liang F, Li Y, Xun F, Shi W, Xu H. Effects of posterior hemivertebra resection and short segment fusion on the evolution of sagittal balance in children with congenital scoliosis. *J Pediatr Orthop B* 2021 Jul 8 [Epub]. <https://doi.org/10.1097/BPB.0000000000000894>.
 24. Huang Y, Feng G, Liu L, Yang X, Song Y, Zhou C, Wang L, Zhou Z. Posterior hemivertebra resection for upper thoracic congenital scoliosis: be aware of high risk of complications. *J Pediatr Orthop B* 2019;28:1-9.
 25. Yang X, Song Y, Liu L, Zhou C, Zhou Z, Wang L, Wang L. Emerging S-shaped curves in congenital scoliosis after hemivertebra resection and short segmental fusion. *Spine J* 2016;16:1214-1220.
 26. Lonstein JE. Long-term outcome of early fusions for congenital scoliosis. *Spine Deform* 2018;6:552-559.
 27. Clement RC, Yaszay B, McClung A, Bartley CE, Nabizadeh N, Skaggs DL, Thompson GH, Boachie-Adjei O, Sponseller PD, Shah SA, Sanders JO, Pawelek J, Mundis GM, Akbarnia BA; Growing Spine Study Group. Growth-preserving instrumentation in early-onset scoliosis patients with multi-level congenital anomalies. *Spine Deform* 2020;8:1117-1130.
 28. Clement RC, Yaszay B, McClung A, Bartley CE, Nabizadeh N, Skaggs DL, Thompson GH, Boachie-Adjei O, Sponseller PD, Shah SA, Sanders JO, Pawelek J, Mundis GM, Akbarnia BA; Pediatric Spine Study Group (Formerly, Growing Spine Study Group). Growth-preserving instrumentation in early-onset scoliosis patients with multi-level congenital anomalies. *Spine Deform* 2021;9:1491.
 29. Berger-Groch J, Weiser L, Kunkel POS, Stuecker R, Jungesblut OD. Vertical expandable rib-based distraction device for correction of congenital scoliosis in children of 3 years of age or younger: a preliminary report. *J Pediatr Orthop* 2020;40:e728-e733.
 30. Murphy RF, Moisan A, Kelly DM, Warner WC Jr, Jones TL,

- Sawyer JR. Use of vertical expandable prosthetic titanium rib (VEPTR) in the treatment of congenital scoliosis without fused ribs. *J Pediatr Orthop* 2016;36:329-335.
31. Elsebai HB, Yazici M, Thompson GH, Emans JB, Skaggs DL, Crawford AH, Karlin LI, McCarthy RE, Poe-Kochert C, Kostial P, Akbarnia BA. Safety and efficacy of growing rod technique for pediatric congenital spinal deformities. *J Pediatr Orthop* 2011;31:1-5.
32. Wang S, Zhang J, Qiu G, Wang Y, Weng X, Guo J. One-stage posterior osteotomy with short segmental fusion and dual growing rod technique for severe rigid congenital scoliosis: the preliminary clinical outcomes of a hybrid technique. *Spine (Phila Pa 1976)* 2014;39:E294-E299.
33. Wu AM, Cheung JPY, Cheung KMC, Lin JL, Jin HM, Chen D, Wang XY, Zhao J, Kwan KYH. Minimum 2-Year Experience with magnetically controlled growing rods for the treatment of early-onset scoliosis: a systematic review. *Asian Spine J* 2019;13:682-693.
34. Akbarnia BA, Cheung K, Noordeen H, Elsebaie H, Yazici M, Dannawi Z, Kabirian N. Next generation of growth-sparing techniques: preliminary clinical results of a magnetically controlled growing rod in 14 patients with early-onset scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 2013;38:665-670.
35. Yagi K, Suzuki N, Mizutani J, Kato K, Kondo A, Waseda Y, Goto Y, Murakami H. Segmental arteries and veins at higher lumbar levels can intersect the adjacent caudal intervertebral disc in the anterior part of the spinal column: a cadaveric analysis. *Asian Spine J* 2021 May 6 [Epub]. <https://doi.org/10.31616/asj.2020.0435>.
36. Srivastava SK, Aggarwal RA, Bhosale SK, Roy K, Nemadé PS, Purohit S. Apical vertebral column resection with sagittal rotation and controlled anterior opening and posterior closing maneuver for the treatment of severe post-tubercular kyphosis: case series and literature review. *Asian Spine J* 2019;13:478-489.
37. Rajappa D, Khan MM, Masapu D, Manchala R, Rudrappa S, Gopal S, Govindasamy R, Horasuku SK. Multimodal intraoperative neurophysiological monitoring in spine surgeries: the experience at a spine centre through years. *Asian Spine J* 2020 Dec 30 [Epub]. <https://doi.org/10.31616/asj.2020.0400>.
38. Sugumar D, Arockiaraj J, Amritanand R, David KS, Krishnan V. Role of biochemical nutritional parameters as predictors of postoperative morbidity in major spine surgeries. *Asian Spine J* 2021;15:504-511.
39. Sundaram PPM, Oh JY, Tan M, Nolan CP, Yu CS, Ling JM. Accuracy of thoracolumbar pedicle screw insertion based on routine use of intraoperative imaging and navigation. *Asian Spine J* 2021;15:491-497.
40. Albano J, Lentz J, Stockton R, DePalma V, Markowitz M, Ganz M, Katsigiorgis G, Grewal K. Demographic analysis of lumbar pedicle diameters in a diverse population. *Asian Spine J* 2019;13:410-416.
41. Shah K, Gadiya A, Shah M, Vyas D, Patel P, Bhojraj S, Nene A. Does three-dimensional printed patient-specific templates add benefit in revision surgeries for complex pediatric kyphoscoliosis deformity with sublaminar wires in situ? A clinical study. *Asian Spine J* 2021;15:46-53.
42. Esposito VR, Dial BL, Fitch RD, Lark RK. Periapical wires result in less curve correction than pedicle screw constructs in idiopathic scoliosis. *Asian Spine J* 2019;13:1010-1016.
43. Chiu CK, Tan RL, Gani SMA, Chong JSL, Chung WH, Chan CYW, Kwan MK. Feasibility of single-stage posterior passive correction and fusion surgery for congenital scoliosis in adolescent patients who have attained skeletal maturity. *Asian Spine J* 2021 May 7 [Epub]. <http://doi.org/10.31616/asj.2020.0649>.
44. Lee CS, Hwang CJ, Kim DJ, Kwon J, Kim YT, Lee MY, Yoon SJ, Lee DH. Feasibility of correction with instrumentation only in congenital scoliosis. *Neurosurgery* 2014;74:35-41.
45. Oikonomidis S, Altenrath L, Westermann L, Bredow J, Eysel P, Scheyerer MJ. Implant-associated infection of long-segment spinal instrumentation: a retrospective analysis of 46 consecutive patients. *Asian Spine J* 2021;15:234-243.
46. Kam JKT, Gan C, Dimou S, Awad M, Kavar B, Nair G, Morokoff A. Learning curve for robot-assisted percutaneous pedicle screw placement in thoracolumbar surgery. *Asian Spine J* 2019;13:920-927.
47. Menendez JY, Omar NB, Chagoya G, Tabibian BE, Elsayed GA, Walters BC, Guthrie BL, Hadley MN. Patient satisfaction in spine surgery: a systematic review of the literature. *Asian Spine J* 2019;13:1047-1057.
48. Azimi P, Yazdanian T, Benzel EC, Aghaei HN, Azhari S, Sadeghi S, Montazeri A. A review on the use of artificial intelligence in spinal diseases. *Asian Spine J* 2020;14:543-571.

Peer Reviewers' Commentary

이 논문은 선천성 척추측만증의 원인, 진단, 자연 경과, 분류, 치료 및 예후 등에 대한 최신 논문들을 정리하여 소개하고 있다. 청소년이나 성인의 척추측만증과 달리 정상적으로 성장이 이루어 질 수 있도록 성장 친화성 치료를 원칙으로 해야 하는 점이 중요하다. 과거 척추경 나사못 삽입술이나 늑골기반 연장 수술 방법 등의 기술이 없었던 시절에는 석고 고정이나 보조기 등의 시간을 버는 치료만 가능했으나, 현 시점에서의 여러 가지 상황을 고려한 다양한 치료의 효과에 대해 상세하게 기술하고 있다. 또한 선천성 척추측만증은 척추 외에 동반 기형이 많이 발생하는 특성으로 인해서 다른 여러 분야와의 긴밀한 협조가 필요함을 강조하고 있다. 이 논문은 선천성 척추측만증을 쉽게 파악하고 진단 및 치료에 대한 다양한 고려 사항을 쉽게 이해할 수 있게 해 주는 좋은 지침이 될 것으로 판단된다.

[정리: 편집위원회]