

·专家笔谈·

早发性脊柱侧凸的手术治疗与并发症研究进展

尹佳 张珂 林涛 吉喆 高瑞 周许辉

早发性脊柱侧凸(early onset scoliosis, EOS)是指发生于10岁以前的脊柱侧凸畸形,包括特发性脊柱侧凸、神经肌源性脊柱侧凸、先天性脊柱侧凸、综合征性脊柱侧凸等。严重的脊柱畸形最终会引起限制性肺疾病及心血管疾病,甚至造成患儿早期死亡^[1-2]。既往诊疗经验中,早期前后路脊柱融合矫形内固定手术曾被认为是该疾病的标准化治疗方案;但随着研究不断深入,人们逐渐认识到,过早行胸椎融合手术会限制患儿的脊柱生长和肺脏发育,因此EOS的治疗原则也在发生改变^[3]。目前,研究重点已从单纯的脊柱矫形逐步转移到包括胸廓和肺脏在内的脊柱整体矫形,外科医生希望通过手术治疗,达到既改善脊柱平衡,又提供足够胸腔容积的目的^[4-5]。

对于度数小(Cobb角 $25^{\circ}\sim 60^{\circ}$)、进展快(每年进展超过 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$)且柔韧性好的EOS,一般采用系列矫形石膏先行保守治疗,而度数大、柔韧性差的EOS往往需要手术治疗。近二十年来,外科医生开发并改进了一系列保留脊柱和胸廓生长潜能的手术技术。根据SRS脊柱生长委员会的最新分类,保留EOS患儿脊柱生长潜能的主要手术方式包括可撑开技术、生长阻滞技术和生长引导技术三大类。其中可撑开技术包括传统生长棒(traditional growing rods, TGR)、磁控生长棒(magnetic controlled growing rods, MCGR)、纵向可撑开人工钛肋(vertical expandable prosthetic titanium rib, VEPTR)等^[6]。目前,这些手术技术在应用时面临的挑战主要包括:如何完成矫形并维持矫形效果、如何使脊柱和肺脏得到充分的发育以及如何减少手术并发症。因此,笔者拟针对早发性脊柱侧凸的手术治疗与并发症研究进展作一综述。

一、可撑开技术

(一)传统生长棒

1. 适应证:美国食品药品监督管理局批准该技

术可用于10岁以下中重度(Cobb角 $\geq 60^{\circ}$)EOS患儿的手术治疗^[7]。

2. 手术策略:传统生长棒系统包括单生长棒系统和双生长棒系统。该系统通过钩、钢丝或椎弓根螺钉将1~2根钛棒固定在侧弯的上下两端,同时行植骨融合固定^[8]。术者根据侧弯的位置在其近端或远端预留4~5 cm的可撑开空间。两根棒在中间位置重叠,并通过连接块相互连结,每6~9个月对生长棒进行1次撑开延长。对于神经肌源性脊柱侧凸的患儿,术者还需考虑是否可将远端的锚定点选在骨盆上。

3. 疗效及并发症:总体而言,单、双生长棒系统都可以较好矫正侧凸畸形并促进脊柱生长。但从矫形效果来看,双生长棒略优于单生长棒。Thompson等^[9]报道了28例接受生长棒治疗的EOS患儿,其中单生长棒组平均矫形率为36.0%,T1~S1平均增长7.6 cm;而双生长棒组平均矫形率为71.0%,T1~S1平均增长12.1 cm。Helenius等^[10]研究发现重度EOS(Cobb角 $\geq 90^{\circ}$)患儿主弯平均矫正度数达 57.0° ,末次随访时T1~S1平均较术前增长5.0 cm。Schelfaut等^[11]的报道也肯定了双生长棒技术对严重EOS的治疗价值。传统生长棒技术可以有效控制合并神经纤维瘤病EOS患儿的侧凸畸形进展。一项多中心研究报道了14例接受生长棒治疗的1型神经纤维瘤病EOS患儿的治疗情况,经治疗后主弯平均矫正 38.0° ,T1~S1平均增长3.9 cm^[12]。但传统生长棒技术也存在一些使用上的问题,主要包括内固定系统本身失效(断棒、内固定松动)、骨-植入物界面失效(锚定装置的脱出、锚定点骨折)、神经损伤以及切口感染等一系列并发症。Kabirian等^[13]开展的一项多中心研究结果表明,379例接受传统生长棒系统治疗的EOS患儿中,11.1%出现过至少1次切口感染,52.4%的患儿最终需要取出内植入物。其中,切口感染的危险因素包括不锈钢内植入物的使用、卧床时间、手术次数等。接受8次以上手术的患儿出现深部感染的可能性达50%。另一项多中心回顾性研究显示:并发症发生率与上胸弯的度数密

切相关,度数越大,越容易出现并发症^[14]。

(二)磁控生长棒

1. 适应证:美国食品药品监督管理局批准该技术可用于10岁以下、骨骼尚未成熟的进展性脊柱侧凸(主弯角度 $\geq 30^\circ$ 和/或胸椎高度 < 22 cm)患儿治疗。禁用于已植入电子设备、在接受生长棒治疗期间可能需要行MRI检查及严重低体重(< 11.4 kg)患儿^[6]。

2. 手术策略:MCGR属于后路植入的可调节生长棒系统。与传统生长棒相比,其通过手持式电动遥控器,利用植入的磁性动力装置来撑开或收缩生长棒。这项技术的最大优势在于减少了手术次数,在门诊即可完成生长棒延长的治疗。

3. 疗效及并发症:MCGR与TGR类似,可明显改善患儿侧凸角度和肺功能,同时可促进脊柱生长。与TGR相比,MCGR减少了手术次数,同时也减轻了患儿治疗的经济负担。Lebon等^[15]报道了30例接受MCGR治疗的EOS患儿,平均随访时间18.4个月,主弯平均Cobb角由 66.0° 矫正至 44.0° ,T1~S1平均增长6.5 cm。Heydar等^[16]的随访研究也证明了MCGR治疗EOS的矫正效果良好。在一项小样本研究中,Yoon等^[19]观察到患儿的用力肺活量和第一秒用力呼气容积较术前分别增加14.1%和17.2%。Doany等^[17]对比研究了MCGR和TGR治疗EOS的临床疗效,发现两组矫正效果和并发症发生率相近,但MCGR组经济负担评分较TGR组明显降低(相比于TGR,MCGR可以为每位患儿平均节省约1.25万美元治疗费用^[18]),总体满意度明显高于TGR组。MCGR并发症发生率为44.5%~80%。Thakar等^[20]系统回顾了14篇文献中共336例接受MCGR治疗的患儿,发现MCGR并发症的平均发生率为44.5%,计划外手术翻修率达33%。最常见的并发症包括锚定装置脱出(发生率11.8%)、内植入物失效(发生率11.7%)、断棒(发生率10.6%)等。该研究还发现,单磁控生长棒和双磁控生长棒的并发症发生率无显著差异。若要全面、系统地评估磁控生长棒治疗EOS的疗效,还需基于大量的前瞻性、多中心研究。

(三)纵向可撑开人工钛肋

1. 适应证:美国食品药品监督管理局于2004年首先批准该技术用于胸廓发育不良综合征(thoracic insufficiency syndrome, TIS)的治疗。目前该技术已被批准用于年龄 > 6 个月的中重度(Cobb角 $\geq 60^\circ$)EOS患儿治疗^[21]。

2. 手术策略:第一代VEPTR主要用以治疗TIS相关的肋骨和脊柱畸形。在第二代设计中,VEPTR系统通过不同类型锚定装置(肋骨支架、椎板钩、椎弓根螺钉等)的设计,在胸廓、脊柱及骨盆实现多种形式的固定(包括肋-肋固定、肋-脊柱固定、肋-骨盆固定),以达到畸形矫正目的。患儿每隔6~9个月需调整1次人工钛肋,以满足胸廓和脊柱的生长需要。

3. 疗效及并发症:VEPTR可有效控制脊柱侧凸进展。El-Hawary等^[22]报道了63例接受VEPTR治疗的EOS患儿,初次手术后平均主弯Cobb角由术前的 72.0° 矫正至 47.0° ,末次随访T1至S1高度由25.0 cm增至29.1 cm。在TIS的动物实验模型中,VEPTR被证实可有效增大胸腔容积,EOS患儿治疗初期也观察到了用力肺活量的增加,但在长期随访的过程中,患儿用力肺活量却出现了下降^[25]。Dede等^[26]随访发现,术后6年间患儿平均用力肺活量从77.0%下降到58.0%,可能与手术导致胸腔僵硬、胸壁顺应性降低有关。目前,TGR与VEPTR二者矫正效果的优劣性仍存在一定争议。Bacnabi等^[23]认为TGR的矫正效果、脊柱增长程度均优于VEPTR。而Chen等^[24]则认为TGR和VEPTR在治疗EOS时,主弯矫正度和T1至S1增长高度相似,但TGR可以更好地矫正胸椎后凸。由于接受VEPTR的患儿群体病情更加复杂,治疗过程中出现并发症(包括切口裂开、皮瓣损伤、手术部位感染、植入物松动移位、内固定失败等)的几率更高^[22]。

二、生长引导技术(Shilla技术)

1. 适应证:美国食品药品监督管理局批准该技术可用于10岁以下中至重度(Cobb角 $\geq 60^\circ$)EOS患儿的治疗。

2. 手术策略:Shilla生长引导系统是基于“Luque有轨电车”开发出的第二代技术,采用标准锁定螺钉将顶椎刚性固定在双棒上,在剩余椎体处置入非锁定多轴椎弓根螺钉,非锁定多轴螺钉可沿棒滑动,在维持非融合椎体的正常序列基础上引导脊柱纵向生长^[27]。值得一提的是,Shilla技术不需要多次撑开延长,改变了可撑开技术一贯的“生长递减规律”。

3. 疗效及并发症:Shilla技术可以在控制EOS进展的同时,较好地保留脊柱生长的潜能。Wilkinson等^[28]的研究显示,患儿在接受Shilla技术治疗后,主弯Cobb角平均矫正 20.6° ,末次随访T1至S1高度较术前平均增加5.4 cm。McCarthy等^[29]随访

10例接受 Shilla 技术治疗的 EOS 患儿,在随访的2年间发现脊柱高度平均增加 12.0%,同时肺可利用容积平均增加了 13%。但该技术治疗后并发症发生率可达 50.0%左右,主要包括手术部位感染、内固定相关的翻修或换棒等^[30]。与 TGR 相比,虽然其矫形效果和脊柱生长表现略差,但在平均手术次数上明显低于 TGR 组(2.8 次/人 *vs.* 7.4 次/人)^[30]。目前 Shilla 技术尚未广泛用于 EOS 患儿的临床治疗,其疗效及并发症总体规律的探讨尚需进一步研究及随访观察。

三、生长阻滞技术(椎体 U 型钉技术)

1. 适应证:目前,椎体 U 型钉推荐用于治疗脊柱柔韧性相对较好的中度(主弯角度 $<40^\circ$) EOS 患儿。美国食品药品监督管理局尚未批准该技术用于 EOS 的治疗,因此手术医生可根据患儿病情自行决定是否使用。

2. 手术策略:根据 Heuter-Volkman 原理,对脊柱侧凸凸侧的一个或多个脊柱生长功能单元施加压力,可有效调节脊柱生长^[31]。目前常用的椎体 U 型钉由镍钛合金制成,其外形会随着温度的升降而发生变化,体温下穿透椎体后,U 型钉的两端卷曲呈“C”形,压迫椎体终板并插入椎间盘,从而引起半侧板阻滞。

3. 疗效及并发症:椎体 U 型钉技术是一种调节脊柱生长的非融合手术技术。近年来,多项临床回顾性研究证实椎体 U 型钉可有效控制中度胸椎侧弯(主弯角度 $25^\circ\sim 44^\circ$)的进展。Lavelle 等^[32]将治疗成功定义为:与术前影像学测量结果相比,侧弯角度进展不超过 10° 。此标准下,术前主弯角度 $<35^\circ$ 的患儿治疗成功率达 77%,术前主弯角度 $<20^\circ$ 的患儿治疗成功率达 85%。Cahill 等^[33]研究表明:患儿在接受椎体 U 型钉技术治疗后,主弯 Cobb 角由 29.5° 矫正至 21.8° ,74.0% 的患儿未出现脊柱侧凸进展,从而避免了融合手术。对于中度侧弯畸形,应采用手术治疗(如椎体 U 型钉技术)还是保守治疗,目前尚无定论。Cuddihy 等^[34]发现,胸弯 Cobb 角介于 $25^\circ\sim 34^\circ$ 时,椎体 U 型钉治疗的成功率高于支具治疗;而胸弯 Cobb 角介于 $34^\circ\sim 44^\circ$ 时,两者治疗效果均不理想。Bumpass 等^[35]报道了 35 例接受椎体 U 型钉治疗的患儿,其中 14.7% 的患儿出现并发症(包括气胸、断钉、U 型钉松动等)。

四、并发症预防

EOS 手术相关并发症的发生率相对较高,主要包括术区感染、内固定装置相关并发症、骨-植入物

界面失效等。降低手术部位感染发生率的方法包括:术前详细评估患儿的营养状况并及时干预、术前皮肤清洁、围手术期预防性使用抗生素覆盖 MRSA 及革兰阴性菌、关闭切口时洒入万古霉素粉末、术后细致护理切口等^[36]。手术医生应选择尽可能较粗的棒来预防内固定装置的疲劳失效,有助于防止应力升高和缝隙腐蚀。越来越多的证据表明:术前补充钙剂、维生素 D 以及双磷酸盐可抑制骨质吸收,进而降低患儿骨质疏松和骨-植入物界面失效的发生率^[37]。通过在上下端置入 6 枚锚定装置(平均每根棒 3 枚椎弓根螺钉、椎板钩或肋骨支架)可以分散后路双棒间的负荷,降低每个骨-植入物界面的应力^[38]。为最大限度降低内固定失败率,Agarwal 等^[39]通过三维有限元分析确定实施撑开手术的最佳间隔时间。在获得同样生长高度的前提下,缩短撑开手术的时间间隔可降低应力。该研究发现,通过 2 年手术干预,在脊柱增长高度相同的情况下,与每 6 个月撑开 1 次相比,每 2 个月撑开 1 次可以使应力降低 50.0%~75.0%。

五、展望

过去 20 年,EOS 的治疗技术飞速发展。通过脊柱融合内固定治疗 EOS 的理念已逐渐被非融合内固定的理念所取代。非融合内固定可以在矫正脊柱畸形的同时,改善肺功能,增加躯干高度。部分非融合内固定系统已经获批用于治疗 EOS,但还有相当一部分处于临床试验阶段,具体临床效果仍需进一步评估。多项回顾性临床研究报道了脊柱侧凸过度矫形或矫正不足的病例,这更加凸显了内固定系统精准化治疗的重要性。此外,高质量的前瞻性、多中心研究将有助于我们更客观地认识到可调节脊柱生长内固定系统的疗效。随着外科医生不断参与内植入物的设计和研究,将为复杂的问题提供新的解决方案,为患儿提供更优质的医疗服务。

参考文献

- 1 Pehrsson K, Larsson S, Oden A, et al. Long-term follow-up of patients with untreated scoliosis. A study of mortality, causes of death, and symptoms [J]. *Spine*, 1992, 17 (9): 1091-1096.
- 2 Fernandes P, Weinstein SL. Natural history of early onset scoliosis [J]. *Journal of Bone & Joint Surgery American Volume*, 2007, 89 (1): 21-33. DOI:10.2106/JBJS.F.00754.
- 3 Karol LA, Johnston C, Mladenov K, et al. Pulmonary function following early thoracic fusion in non-neuromuscular scoliosis

- [J]. Journal of Bone & Joint Surgery-American Volume, 2008,90(6):1272-1281. DOI:10.2106/JBJS.G.00184.
- 4 Zeltner TB, Caduff JH, Gehr P, et al. The postnatal development and growth of the human lung. I. Morphometry[J]. Respir Physiol, 1987,67(3):269-282.
- 5 Davies G, Reid L. Growth of the alveoli and pulmonary arteries in childhood[J]. Thorax, 1970,25(6):669.
- 6 Wessell NM, Martus JE, Halanski MA, et al. What's new in pediatric spine growth modulation and implant technology for early-onset scoliosis? [J]. Journal of Pediatric Orthopedics, 2016,38. DOI:10.1097/BPO.0000000000000830.
- 7 Yang JS, McElroy MJ, Akbarnia BA, et al. Growing rods for spinal deformity: characterizing consensus and variation in current use[J]. Journal of Pediatric Orthopedics, 2010,30(3):264. DOI:10.1097/BPO.0b013e3181d40f94.
- 8 Scoliosis Research Society (SRS). Juvenile scoliosis: growing rods. conditions and treatment[EB/OL]. [2015-08-18]. <http://www.srs.org>.
- 9 Thompson GH, Akbarnia BA, Kostial P, et al. Comparison of single and dual growing rod techniques followed through definitive surgery: a preliminary study [J]. Spine, 2005,30(18):2039.
- 10 Helenius IJ, Oksanen HM, Mcclung A, et al. Outcomes of growing rod surgery for severe compared with moderate early-onset scoliosis[J]. Bone & Joint Journal, 2018,100-B(6):772. DOI:10.1302/0301-620X.100B6.BJJ-2017-1490.R1.
- 11 Schelfaut S, Dermott JA, Zeller R. Staged insertion of growing rods in severe scoliosis[J]. Eur Spine J, 2018,27(9):2203-2212. DOI:10.1007/s00586-018-5552-x.
- 12 Jain VV, Berry CA, Crawford AH, et al. Growing rods are an effective fusionless method of controlling early-onset scoliosis associated with neurofibromatosis type 1 (NF1): a multicenter retrospective case series[J]. J Pediatr Orthop, 2017,37(8):612-618. DOI:10.1097/BPO.0000000000000963.
- 13 Kabirian N, Akbarnia BA, Pawelek JB, et al. Deep surgical site infection following 2344 growing-rod procedures for early-onset scoliosis: risk factors and clinical consequences [J]. J Bone Joint Surg Am, 2014,96(15):e128. DOI:10.2106/JBJS.M.00618.
- 14 Watanabe K, Uno K, Suzuki T, et al. Risk factors for complications associated with growing-rod surgery for early-onset scoliosis[J]. Spine, 2013,38(8):464-468. DOI:10.1097/BRS.0b013e318288671a.
- 15 Heydar AM, Şirazi S, Okay E, et al. Short segment spinal instrumentation in early onset scoliosis patients treated with magnetically controlled growing rods: surgical technique and mid-short term outcomes[J]. Spine, 2017,42(24):1888. DOI:10.1097/BRS.0000000000002265.
- 16 Yoon WW, Sedra F, Shah S, et al. Improvement of pulmonary function in children with early-onset scoliosis using magnetic growth rods[J]. Spine, 2014,39(15):1196-1202. DOI:10.1097/BRS.0000000000000383.
- 17 Doany ME, Olgun ZD, Kinikli GI, et al. Health-related quality of life in early-onset scoliosis patients treated surgically: EOSQ scores in traditional growing rod vs. magnetically-controlled growing rods[J]. Spine, 2018,43(2):148-153. DOI:10.1097/BRS.0000000000002274.
- 18 Rolton D, Richards J, Nnadi C. Magnetic controlled growth rods versus conventional growing rod systems in the treatment of early onset scoliosis: a cost comparison[J]. European Spine Journal, 2015,24(7):1-5. DOI:10.1007/s00586-014-3699-7.
- 19 Lebon J, Batailler C, Wargny M, et al. Magnetically controlled growing rod in early onset scoliosis: a 30-case multicenter study[J]. European Spine Journal, 2016,26(6):1-10. DOI:10.1007/s00586-016-4929-y.
- 20 Thakar C, Kieser DC, Mardare M, et al. Systematic review of the complications associated with magnetically controlled growing rods for the treatment of early onset scoliosis[J]. European Spine Journal, 2018,27(9):2062-2071. DOI:10.1007/s00586-018-5590-4.
- 21 US Food and Drug Administration. Summary of safety and probable benefit data: vertical expandable prosthetic titanium rib[EB/OL][2015-06-28]. http://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf3/H030009b.
- 22 El-Hawary R, Kadhim M, Vitale M, et al. VEPTR implantation to treat children with early-onset scoliosis without rib abnormalities: early results from a prospective multicenter study[J]. 2017,37(8):p. e599-e605. DOI:10.1097/BPO.0000000000000943.
- 23 Upasani VV, Miller PE, Emans JB, et al. VEPTR implantation after age 3 is associated with similar radiographic outcomes with fewer complications[J]. Journal of Pediatric Orthopedics, 2015,36(3):219. DOI:10.1097/BPO.0000000000000431.
- 24 Dede O, Motoyama EK, Yang CI, et al. Pulmonary and radiographic outcomes of VEPTR (vertical expandable prosthetic titanium rib) treatment in early-onset scoliosis[J]. J Bone Joint Surg Am, 2014,96(15):1295-1302. DOI:10.2106/JBJS.M.01218.
- 25 Bachabi M, Mcclung A, Pawelek JB, et al. Idiopathic early-onset scoliosis: growing rods versus vertically expandable prosthetic titanium ribs at 5-year follow-up[J]. Journal of Pediatric Orthopaedics, 2018. DOI:10.1097/BPO.0000000000000000.

- 000001202.
- 26 Chen Z, Li S, Qiu Y, et al. Evolution of the postoperative sagittal spinal profile in early-onset scoliosis: is there a difference between rib-based and spine-based growth-friendly instrumentation? [J]. J Neurosurg Pediatr, 2017, 20(6):561-566. DOI:10.3171/2017.7.PEDS17233.
 - 27 McCarthy RE, Sucato D, Turner JL, et al. Shilla growing rods in a caprine animal model: a pilot study [J]. Clinical Orthopaedics & Related Research, 2010, 468(3):705. DOI:10.1007/s11999-009-1028-y.
 - 28 Wilkinson JT, Songy CE, Bumpass DB, et al. Curve modulation and apex migration using Shilla growth guidance rods for early-onset scoliosis at 5-year follow-up [J]. Journal of Pediatric Orthopaedics, 2017. DOI:10.1097/BPO.0000000000000983.
 - 29 McCarthy RE, Luhmann S, Lenke L, et al. The Shilla growth guidance technique for early-onset spinal deformities at 2-year follow-up: a preliminary report [J]. Journal of Pediatric Orthopaedics, 2014, 34(1):1. DOI:10.1097/BPO.0b013e31829f92dc.
 - 30 Andras LM, Joiner ERA, McCarthy RE, et al. Growing rods versus Shilla growth guidance: better Cobb angle correction and T1-S1 length increase but more surgeries [J]. Spine Deformity, 2015, 3(3):246-252. DOI:10.1016/j.jspd.2014.11.005.
 - 31 Wall EJ, Bylskiaustrow DI. Growth modulation techniques for non-idiopathic early onset scoliosis non-idiopathic spine deformities in young children [M]. Springer Berlin Heidelberg, 2011:133-144.
 - 32 Lavelle WF, Samdani AF, Cahill PJ, et al. Clinical outcomes of nitinol staples for preventing curve progression in idiopathic scoliosis [J]. Journal of Pediatric Orthopaedics, 2011, 31(1 Suppl):S107. DOI:10.1097/BPO.0b013e3181ff9a4d.
 - 33 Cahill PJ, Auriemma M, Dakwar E, et al. Factors predictive of outcomes in vertebral body stapling for idiopathic scoliosis [J]. Spine Deformity, 2018, 6(1):28. DOI:10.1016/j.jspd.2017.03.004.
 - 34 Laury C, Danielsson AJ, Cahill PJ, et al. Vertebral body stapling versus bracing for patients with high-risk moderate idiopathic scoliosis [J]. Biomed Research International, 2015, 2015(4):1-7. DOI:10.1155/2015/438452.
 - 35 Bumpass DB, Fuhrhop SK, Schootman M, et al. Vertebral body stapling for moderate juvenile and early adolescent idiopathic scoliosis: cautions and patient selection criteria [J]. Spine, 2015, 40(24):1305-1314. DOI:10.1097/BRS.0000000000001135.
 - 36 Farley FA, Li Y, Gilsdorf JR, et al. Postoperative spine and VEPTR infections in children: a case-control study [J]. J Pediatr Orthop, 2014, 34(1):14-21. DOI:10.1097/BPO.0b013e3182a0064d.
 - 37 Lubelski D, Choma TJ, Steinmetz MP, et al. Perioperative medical management of spine surgery patients with osteoporosis [J]. Neurosurgery, 2015, 77 Suppl 4(4):S92. DOI:10.1227/NEU.0000000000000939.
 - 38 Yang JS, Sponseller PD, Thompson GH, et al. Growing rod fractures: risk factors and opportunities for prevention [J]. Spine, 2011, 36(20):1639. DOI:10.1097/BRS.0b013e31822a982f.
 - 39 Agarwal A, Zakeri A, Agarwal AK, et al. Distraction magnitude and frequency affects the outcome in juvenile idiopathic patients with growth rods: finite element study using a representative scoliotic spine model [J]. Spine Journal, 2015, 15(8):1848-1855. DOI:10.1016/j.spinee.2015.04.003.

(收稿日期:2018-08-09)

本文引用格式:尹佳,张珂,林涛,等. 早发性脊柱侧凸的手术治疗与并发症研究进展 [J]. 临床小儿外科杂志, 2018, 17(9):649-653. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2018.09.003.

Citing this article as: Yin J, Zhang K, Lin T, et al. New research advances in surgical treatment and complications of early onset scoliosis [J]. J Clin Ped Sur, 2018, 17(9):649-653. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2018.09.003.