

综述

先天性脊柱侧凸半椎体切除短节段融合术后失代偿的研究进展

Progresses on the postoperative decompression of congenital scoliosis following hemivertebra resection with short fusion

涂志明, 王冰, 吕国华, 李亚伟, 李磊, 戴瑜亮

(中南大学湘雅二医院脊柱外科 410011 湖南省长沙市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2018.07.12

中图分类号: R682.1, R687.3, R619 文献标识码: A

文章编号: 1004-406X(2018)-07-0648-04

椎节先天性发育异常可导致脊柱生长不平衡, 形成的畸形被称为先天性脊柱侧凸 (congenital scoliosis, CS), 可分为椎体形成缺陷、分节缺陷和混合型三种类型^[1]。据统计, 新生儿中 CS 的发生率约为 0.5%~1%^[2]。半椎体畸形是先天性脊柱侧凸最常见的类型 (46%)^[3], 而半椎体又可分为完全分节 (65%)、部分分节 (22%) 和未分节 (12%)^[4]。CS 的进展与患者的年龄、畸形椎体的形态和部位密切相关, 约 50% 的 CS 进展迅速, 进展速度约为 4°/年^[5]。矫形支具对其治疗效果有限, 因此大部分 CS 需早期手术治疗, 以防止畸形进展带来严重的后果^[6]。1928 年, Royle 率先报道了半椎体切除术, 但由于条件有限, 手术失败率和神经并发症较高, 一直未受到重视。直至 1979 年 Leatherman 等^[7]报道了分期前后路手术治疗先天性脊柱畸形以后, 才陆续报道一期或分期前后路联合半椎体切除术。1991 年, Ruf 和 Harms 运用单纯后路半椎体切除椎弓根螺钉短节段固定融合术治疗 1~6 岁的小儿 CS, 疗效满意^[6,8]。近年来, 半椎体切除短节段固定融合术已成为半椎体所致 CS 的主流术式, 其在避免长节段融合的同时可获得良好的矫形效果。然而, 随着该术式的广泛应用, 除神经损伤及内固定失败并发症外, 术后失代偿等问题也越来越受到关注。笔者就小儿 CS 半椎体切除短节段融合术后失代偿的相关研究进行综述。

1 冠状面失代偿

1.1 定义与发生率

冠状面失代偿是脊柱侧凸术后难以预见的并发症, 其最常见于青少年特发性脊柱侧凸 (adolescent idiopathic scoliosis, AIS) 选择性胸椎融合术后, 表现为远端附加现象 (adding-on phenomenon)^[9], 此附加现象亦可见于 CS 半椎体切除术后^[10]。冠状面失代偿在 CS 半椎体切除短节段融

合术后常表现为新发畸形或侧凸加重, 甚至出现“S”形侧凸, 而侧凸的方向与术前一致^[10-13], 且最常发生于术后 3~6 个月^[11,12]。Li 等^[11]对 CS 冠状面失代偿的标准定义为半椎体切除术后侧凸进展超过 20°; Yang 等^[12]发现 CS 术后新发“S”形侧凸, 其标准为术后侧凸进展超过 20°, 且“S”形侧凸的顶椎远离融合节段 2 个椎体。Chang 等^[13]认为 CS 术后不明原因的侧凸进展超过 10°为远端附加现象。总体来讲, 将冠状面失代偿的标准定为不明原因所致 CS 术后侧凸加重超过 20°似乎更加合理。Shi 等^[14]曾报道 19 例 CS 手术失败, 其中 14 例进行翻修, 但手术失败的原因多为内固定失败、假关节形成所致畸形加重, 不属于冠状面失代偿范围。

文献报道的 CS 术后冠状面失代偿的发生率差异较大。Ruf 等^[6,8]对 21 例后路半椎体切除短节段融合的小儿 CS 患者进行随访, 2 例出现术后新发畸形。另有研究报道半椎体切除术后冠状面失代偿的发生率为 2/67 (3.0%)^[10]; 而最近 Li 等^[11]通过大样本研究, 对 179 例小儿 CS 进行随访, 平均随访 41 个月, 18 例出现术后冠状面失代偿。半椎体切除短节段融合术后冠状面失代偿的发生率为 3.0%~11.1%^[6,8,10-13,15]。文献之间发生率的差异可能与各研究纳入样本的年龄、半椎体的位置及类型、融合节段及内固定类型等差异和对冠状面失代偿的判断标准不同所致。

1.2 发生机制

冠状面失代偿的机制尚不明确, 有学者认为与代偿弯的存在相关^[12]。代偿弯的存在理论上会伴随着椎旁肌与小关节的生物力学改变, 且随着脊柱的发育, 这些生物力学改变将在形成结构性弯前引起微小的形态改变。若 CS 患者术前具有良好的冠状面平衡, 而半椎体切除后局部侧凸的矫正实际上打破了原有的平衡。此时椎旁肌与小关节的形态改变已不可逆转, 代偿弯则会迅速进展, 直至达到一个新的平衡。因此, 导致术后冠状面畸形加重或出现新发畸形。这可能也是冠状面失代偿常见于术后 3~6 个月的原因。

另外, 与 AIS 远端附加现象的原因类似^[11,12], 是由于融合节段过短而引起失代偿。Ruf 和 Harms 在提出半椎体切除短节段融合的同时也特别强调术后畸形加重的风险

基金项目: 国家自然科学基金青年基金 (编号: 81601868)

第一作者简介: 男 (1989-), 博士研究生在读, 研究方向: 脊柱外科
电话: (0731) 85295125 E-mail: tuzhiming1101@sina.com

通讯作者: 王冰 E-mail: bingwang20021972@aliyun.com

增加^[6]。Chang 等^[13]认为 CS 术后侧凸进展的原因为手术局限性、融合策略与节段的不合理以及半椎体切除不完全。

1.3 危险因素

随着研究的深入,CS 术后冠状面失代偿的危险因素分析已引起关注。Li 等^[11]对 179 例短节段融合的胸腰段半椎体畸形进行随访,根据术后有无冠状面失代偿分为 2 组,其中代偿组 161 例,失代偿组 18 例,对两组病例术前基本资料、术前后影像学资料进行对比分析发现,两组患者的基本资料如年龄、性别、融合节段、半椎体的位置及随访时间并无明显差异,且影像学资料如术前、术后及末次随访时的主弯 Cobb 角、头侧代偿弯 Cobb 角、尾侧代偿弯 Cobb 角、上固定椎倾斜角、下固定椎倾斜角、冠状面平衡、矢状垂直轴距、节段性后凸、上固定椎椎间盘角,以及术前与末次随访时下固定椎椎间盘角和术后上下固定椎平移距离均无差异,而术前及末次随访的上下固定椎平移距离和术后下固定椎椎间盘角有统计学差异;多变量回归分析显示仅术后术前下固定椎平移距离(图 1a)和下固定椎椎间盘角(图 1b)有明显的差异,并且术前下固定椎平移距离超过 15.1mm 和术后下固定椎椎间盘角超过 5.5°为术后冠状面失代偿独立的危险因素。然而,该研究的局限性为未纳入胸段、腰段及腰骶段半椎体的病例。Yang 等^[12]对 128 例半椎体切除术后的 CS 进行随访,9 例(7%)出现“S”形侧凸,其中 7 例年龄在 10~15 岁,可能与青春期是第二个生长发育的高峰相关;6 例半椎体位于胸腰段,3 例位于胸段,但由于缺乏 119 例未发生冠状面失代偿患者的数据,未能明确其危险因素。

1.4 预防与处理

CS 术后冠状面失代偿的预防主要是合理选择融合节段与策略,术前需详细评估其影像学资料,严格控制短节段融合的适应证。其次是提高术者对手术技巧的熟练度,以确保术中半椎体的完全切除。不仅如此,术后需密切随访,对高风险患儿可适当延长支具的佩戴时间。而对于

已发生冠状失代偿的患者,推荐尽早使用矫形支具,以控制畸形的进展,减少手术翻修率^[11,12]。如新发畸形已发展成结构性弯,则需要手术翻修^[6,10,12,13]。Li 等^[11]报道的 18 例冠状面失代偿患者,支具治疗后无翻修病例;Yang 等^[12]报道的 9 例患者中也仅 2 例翻修。

2 矢状面失代偿

2.1 定义与发生率

近年来脊柱侧凸矫形手术的矢状面平衡问题得到重视。矢状面失代偿为长节段固定融合术后的一种常见并发症,其主要表现为近端交界性后凸(proximal junctional kyphosis, PJK)。Lowe 等^[16]首次描述 PJK,即休门氏病脊柱后凸畸形术后内固定近端后凸逐渐增大。此后,相继有研究报道 AIS、神经肌肉型脊柱侧凸及成人脊柱畸形矫形术后发生 PJK 的现象^[17-20]。近年来,亦有研究报道 CS 矫形术后发生 PJK 的现象^[20-23],其中,短节段融合术后 PJK 尤引人注目^[24,25]。

早期关于 PJK 的标准存在争议。Lee 等^[19]首先提出 PJK 的标准为最上端固定椎体(upper instrumented vertebra, UIV)与其近端第 1 个椎体(UIV+1)间的后凸角较术后增加超过 5°。而 Glattes 等^[17]认为近端交界区后凸角(proximal junctional angle, PJA),即 UIV 下终板与 UIV+2 上终板之间的后凸角大于 10°且术后增加超过 10°为 PJK。CS 半椎体切除短节段融合术后 PJK 则沿用了此标准^[24,25]。但 Bridwell 等^[26]认为将 PJA>20°作为判断标准更能体现 PJK 的影像学特征。2015 年,脊柱侧凸研究学会(scoliosis research society, SRS)将 PJK 定义为“内固定近端 UIV 下终板与 UIV+2 上终板之间的后凸角>20°”。

与冠状面失代偿类似,CS 半椎体切除短节段融合术后 PJK 因各研究采用的判断标准、随访时间、研究样本等存在差异,其发生率也不尽相同。Wang 等^[25]对 37 例进行短节段融合的 CS 进行随访,平均 4.5 年,7 例(18.9%)发生 PJK。Chen 等^[24]对 189 例接受短节段融合的 CS 进行平均 48 个月的随访,21 例(11.6%)发生 PJK。与 AIS 术后 26%~46% 的 PJK 发生率相比^[19,27],CS 术后 PJK 的发生率略低。

2.2 发生机制

脊柱侧凸矫形术后 PJK 的发生率并不低,其发生的机制尚未形成共识。Arlet 等^[28]将 PJK 的病理机制总结为脊柱后凸的自然进展、后方韧带复合体(posterior ligament complex, PLC)的延长、单纯 PLC 损伤、椎体骨折合并 PLC 损伤、近端椎体内固定失败与近端交界区椎体脱位。Yagi 等^[29]根据 PJK 发生的病理生理机制不同进行了相应的分型,1 型为 PLC 失败,2 型为椎体骨折,3 型为内固定失败。目前多数学者认为,CS 术后 PJK 的发生原因主要包括以下几方面:(1)半椎体切除过程中 PLC、小关节囊、椎旁肌肉及椎板的损伤破坏了脊柱后方的张力带,导致术后后凸加重^[24,30,31];(2)半椎体切除后的间隙通常采用凸侧加压、

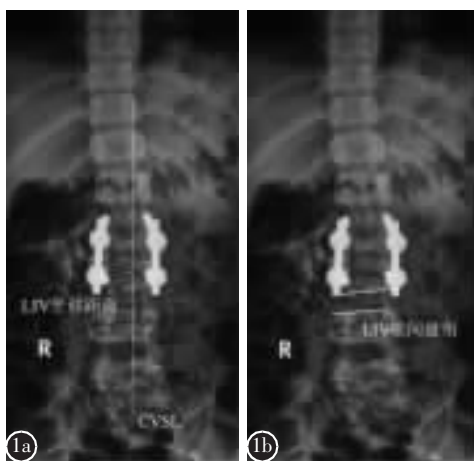


图 1 a 下固定椎平移距离测量方法:下固定椎中心点至骶骨中垂线的距离 b 下固定椎椎间盘角测量方法:下固定椎下终板与下位椎体上终板夹角(Cobb 角)

凹侧撑开的方式进行闭合,造成局部的应力分布不均,且坚强的固定将必然导致近端应力集中,从而引起后凸加重,发生 PJK。

2.3 危险因素

PJK 发生的危险因素包括非手术因素与手术因素。Chen 等^[24]将 189 例半椎体切除短节段融合的 CS 病例根据有无 PJK 分为 PJK 组与非 PJK 组,将可能的危险因素如年龄、PJA、术前胸椎后凸角、术前腰椎前凸角、主弯 Cobb 角、融合节段数、主弯矫正率、半椎体的部位、节段性后凸角、节段性后凸角矫正率和术后矢状垂直轴距进行单变量分析,发现 PJK 相关的危险因素为:主弯矫正率>80%、融合节段数>2、术前节段性后凸角>30°、节段性后凸角矫正率>80%、术后矢状垂直轴距>20mm;进一步多变量回归分析表明仅术前节段性后凸角>30°(OR=4.426, 95%可信区间为 1.380~14.194)及术后矢状垂直轴距>20mm (OR=3.580, 95%可信区间为 1.149~11.155)为 PJK 的独立危险因素。Wang 等^[25]将 CS 半椎体切除短节段融合术后 30 例无 PJK 与 7 例 PJK 的影像学资料对比发现,术后即刻节段性后凸角与 PJA 越大、UIV 螺钉错位以及半椎体位于下胸椎与下腰段更容易发生 PJK。由于半椎体切除短节段融合术后 PJK 相关的研究较少,其危险因素仍需进一步研究。

2.4 预防与处理

脊柱畸形手术后 PJK 发生率较高,大部分为无症状性,但其长期存在可能影响远期疗效,如何预防和有效避免 PJK 仍是急需解决的问题。有学者认为术前术中尽量减少 PLC 及小关节的损伤,保护后方张力复合体,对高风险患者延长佩戴支具时间至术后 6 个月,可减少 CS 术后 PJK 的发生^[24]。有学者建议使用横突钩来减少成人脊柱畸形术后 PJK 的发生^[31-33],然而其对短节段融合的小儿 CS 是否必要及有效尚值得商榷。对于半椎体所致的 CS 进行详细的术前评估,严格控制短节段融合的适应证并尽可能减少医源性损伤是关键所在。

多数 PJK 患者并不呈现进行性进展,无需翻修手术。Chen 等^[24]报道的 18 例以及 Wang^[25]报道的 7 例 CS 术后 PJK 患者均未进行手术翻修。但脊柱矫形术后已发生 PJK 的患者是否需要手术干预,以及何时进行手术治疗,目前还没有定论。对于症状性 PJK 患者,或者 PJK 持续进展,则建议行翻修手术。

3 总结与展望

CS 半椎体切除短节段融合术后失代偿的发生率较高,尽管大部分术后失代偿患者无需手术治疗,但仍要引起重视,术后需密切随访,尽早干预(如采用支具治疗)可达到良好的效果,从而避免引起严重后果。另外,目前尚缺乏 CS 半椎体切除短节段融合术后失代偿的一级循证医学的临床研究,对其发生机制、危险因素、预防与处理的方法仍是今后的研究方向。

4 参考文献

1. Lonstein JE. Congenital spine deformities: scoliosis, kyphosis, and lordosis[J]. Orthop Clin North Am, 1999, 30(3): 387-405.
2. Giampietro PF, Blank RD, Raggio CL, et al. Congenital and idiopathic scoliosis: clinical and genetic aspects[J]. Clin Med Res, 2003, 1(2): 125-136.
3. McMaster MJ, Ohtsuka K. The natural history of congenital scoliosis: a study of two hundred and fifty-one patients[J]. J Bone Joint Surg Am, 1982, 64(8): 1128-1147.
4. Hedequist D, Emans J. Congenital scoliosis[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2004, 12(4): 266-275.
5. Nascia RJ, Stilling FR, Stell HH. Progression of congenital scoliosis due to hemivertebrae and hemivertebrae with bars[J]. J Bone Joint Surg Am, 1975, 57(4): 456-466.
6. Ruf M, Harms J. Hemivertebra resection by a posterior approach: innovative operative technique and first results [J]. Spine(Phila Pa 1976), 2002, 27(10): 1116-1123.
7. Leatherman KD, Dickson RA. Two-stage corrective surgery for congenital deformities of the spine [J]. J Bone Joint Surg Br, 1979, 61(3): 324-328.
8. Ruf M, Harms J. Posterior hemivertebra resection with transpedicular instrumentation: early correction in children aged 1 to 6 years[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2003, 28(18): 2132-2138.
9. Cao K, Watanabe K, Kawakami N, et al. Selection of lower instrumented vertebra in treating Lenke type 2A adolescent idiopathic scoliosis[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2014, 39(4): E253-E261.
10. Piantoni L, Francheri WI, Tello CA, et al. Hemivertebra resection with instrumented fusion by posterior approach in children[J]. Spine Deform, 2015, 3(6): 541-548.
11. Li S, Chen ZH, Qiu Y, et al. Coronal decompensation after posterior-only thoracolumbar hemivertebra resection and short fusion in young children with congenital scoliosis [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2018, 43(9): 654-660.
12. Yang X, Song Y, Liu L, et al. Emerging S-shaped curves in congenital scoliosis after hemivertebra resection and short segmental fusion[J]. Spine J, 2016, 16(10): 1214-1220.
13. Chang DG, Suk SI, Kim JH, et al. Surgical outcomes by age at the time of surgery in the treatment of congenital scoliosis in children under age 10 years[J]. Spine J, 2015, 15(8): 1783-1795.
14. Shi Z, Li Q, Cai B, et al. Causes of the failure and the revision methods for congenital scoliosis due to hemivertebra [J]. Congenit Anom(Kyoto), 2015, 55(3): 150-154.
15. Ruf M, Jensen R, Letko L, et al. Hemivertebra resection and osteotomies in congenital spine deformity[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2009, 34(17): 1791-1799.
16. Lowe TG, Kasten MD. An analysis of sagittal curves and balance after Cotrel-Dubousset instrumentation for kyphosis secondary to Scheuermann's disease: a review of 32 patients [J]. Spine(Phila Pa 1976), 1994, 19(15): 1680-1685.

17. Glattes RC, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Proximal junctional kyphosis in adult spinal deformity following long instrumented posterior spinal fusion: incidence, outcomes, and risk factor analysis[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2005, 30(14): 1643–1649.
18. Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis following segmental posterior spinal instrumentation and fusion: minimum 5-year follow-up[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2005, 30(18): 2045–2050.
19. Lee GA, Betz RR, Clements DR, et al. Proximal kyphosis after posterior spinal fusion in patients with idiopathic scoliosis[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1999, 24(8): 795–799.
20. Li Y, Gold M, Karlin L. Proximal junctional kyphosis after vertical expandable prosthetic titanium rib insertion[J]. *Spine Deform*, 2013, 1(6): 425–433.
21. Chen X, Chen ZH, Qiu Y, et al. Proximal junctional kyphosis after posterior spinal instrumentation and fusion in young children with congenital scoliosis: a preliminary report on its incidence and risk factors[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2017, 42(20): E1197–E1203.
22. Qureshi MA, Pasha IF, Khaliq AB, et al. Outcome of hemivertebra resection in congenital thoracolumbar kyphosis and scoliosis by posterior approach [J]. *J Pak Med Assoc*, 2015, 65(11 Suppl 3): S142–S146.
23. Wang S, Aikenmu K, Zhang J, et al. The aim of this retrospective study is to evaluate the efficacy and safety of posterior-only vertebral column resection (PVCR) for the treatment of angular and isolated congenital kyphosis[J]. *Eur Spine J*, 2017, 26(7): 1817–1825.
24. Chen X, Xu L, Qiu Y, et al. Incidence, risk factors, and evolution of proximal junctional kyphosis after posterior hemivertebra resection and short fusion in young children with congenital scoliosis [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2018, [Epub ahead of print].
25. Wang Y, Kawakami N, Tsuji T, et al. Proximal junctional kyphosis following posterior hemivertebra resection and short fusion in children younger than 10 years[J]. *Clin Spine Surg*, 2017, 30(4): E370–E376.
26. Bridwell KH, Lenke LG, Cho SK, et al. Proximal junctional kyphosis in primary adult deformity surgery: evaluation of 20 degrees as a critical angle[J]. *Neurosurgery*, 2013, 72(6): 899–906.
27. Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Proximal junctional kyphosis in adolescent idiopathic scoliosis after 3 different types of posterior segmental spinal instrumentation and fusions: incidence and risk factor analysis of 410 cases [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2007, 32(24): 2731–2738.
28. Arlet V, Aebi M. Junctional spinal disorders in operated adult spinal deformities: present understanding and future perspectives[J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(Suppl 2): S276–S295.
29. Yagi M, Rahm M, Gaines R, et al. Characterization and surgical outcomes of proximal junctional failure in surgically treated patients with adult spinal deformity[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2014, 39(10): E607–E614.
30. Rhee JM, Bridwell KH, Won DS, et al. Sagittal plane analysis of adolescent idiopathic scoliosis: the effect of anterior versus posterior instrumentation [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2002, 27(21): 2350–2356.
31. Cammarata M, Aubin CE, Wang X, et al. Biomechanical risk factors for proximal junctional kyphosis: a detailed numerical analysis of surgical instrumentation variables [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2014, 39(8): E500–E507.
32. Hassanzadeh H, Gupta S, Jain A, et al. Type of anchor at the proximal fusion level has a significant effect on the incidence of proximal junctional kyphosis and outcome in adults after long posterior spinal fusion [J]. *Spine Deform*, 2013, 1(4): 299–305.
33. Thawrani DP, Glos DL, Coombs MT, et al. Transverse process hooks at upper instrumented vertebra provide more gradual motion transition than pedicle screws[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2014, 39(14): E826–E832.

(收稿日期:2018-05-29 修回日期:2018-07-12)

(本文编辑 卢庆霞)