

腰骶段先天性脊柱畸形矫正术后冠状面失平衡的研究现状

Current studies on the postoperative coronal imbalance after surgical correction of lumbosacral congenital spinal deformity

蒋彬, 王冰, 吕国华, 李磊, 李亚伟, 李鹏志, 郑振中, 王帅

(中南大学湘雅二医院脊柱外科 410011 长沙市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2018.12.12

中图分类号: R687.3 文献标识码 A 文章编号: 1004-406X(2018)-12-1133-04

先天性脊柱侧凸畸形(congenital scoliosis, CS)是由椎体发育异常所致。新生儿中发病率为 0.5%~1%^[1]。然而, 部分患儿在生长发育阶段出现临床畸形时才就诊, 因此实际发生率可能更高^[2]。CS 的进展取决于畸形椎的类型, 两端软骨板及椎间盘发育完全的畸形椎所引起的脊柱侧凸最容易进展, 畸形所在部位对畸形进展亦有重要影响^[2-3]。腰骶段畸形在先天性脊柱侧凸中仅占 4.7%~8.6%^[3,4], 但其位置特殊, 在传递载荷、维持运动与躯干平衡方面具有“承上启下”的关键作用。一旦腰骶段脊柱畸形发生进展, 易形成以冠状面失平衡、躯干偏移为特点的侧凸畸形, 同时可伴有不同程度的双肩不等高、腰部不对称、骨盆倾斜等异常表现, 因此需要早期外科干预^[5]。若手术时机、方式与矫正策略选择不当, 患者术后容易发生内固定失败、矫正丢失、冠状面或矢状面医源性失代偿等并发症。笔者就腰骶段先天性脊柱畸形术后冠状面失平衡的相关研究进行综述。

1 腰骶段先天性畸形

1.1 腰骶段先天性畸形的病理分型

腰骶段先天性脊柱畸形由下腰椎与骶骨之间的椎体形成、分节障碍所致, 可表现为阻滞椎、楔形椎、半椎体或横突肥大、骶骨发育不良等异常, 其中半椎体最为多见^[3,5]。Winter 等^[6]根据胚胎时期椎体发育异常形成机制将其分为形成障碍、分节障碍及混合型三类, 其中形成障碍和分节障碍约占 80%, 混合型障碍约占 20%。1982 年, McMaster 等^[3]以 Winter 分类系统为基础, 将椎体形成障碍进一步分为部分形成障碍(楔形椎)和完全形成障碍(半椎体); 并将椎体分节障碍进一步分为单侧椎体分节障碍、单侧椎体分节障碍合并同节段对侧半椎体及双侧椎体分节障碍(阻滞

椎)。楔形椎为椎体单侧部分形成障碍, 仍保留两个椎弓根。半椎体为椎体单侧完全形成障碍, 其又可根据上下端是否具有完整椎间盘分为完全分节型、部分分节型及未分节型^[7,8]。此外, 近年有学者提出利用 3D 计算机断层扫描重建对 CS 进行三维分类^[9], 与 X 线相比, 该方法对畸形细节评估更详细, 但作者并未阐述如何基于该三维分类法进行治疗及预后评估。

1.2 腰骶段先天性畸形的自然发展史

CS 进展速度和最终严重程度取决于畸形类型和畸形部位^[3,10]。在 CS 的病理类型中, 单侧椎体分节障碍合并同节段对侧半椎体畸形引起的脊柱侧凸最严重, 单侧椎体未分节、半椎体次之, 阻滞椎引起的脊柱侧凸进展最小。半椎体中, 完全分节型半椎体上下端椎间盘及终板因均具有纵向生长能力, 引起的进展最为严重, 部分分节型次之, 未分节型最轻。McMaster 等^[3]于 1982 年首次对 251 例 CS 自然发展史进行研究报道, 共 13 例腰骶段畸形患者, 其中半椎体畸形 12 例, L5 楔形椎畸形 1 例。仅 1 例半椎体与骶骨分节不全, 其余均为完全分节型半椎体。完全分节型半椎体进展速度为 1.7°/年, 不完全分节型半椎体进展速度为 1.0°/年。

既往研究显示, 腰骶段先天性脊柱畸形具有以下特征^[3,8]: (1)原发性结构弯短且僵硬, 仅涵盖 L4~S1; (2)畸形近端腰椎严重倾斜并旋转; (3)胸腰段常形成长节段继发弯以代偿腰骶段倾斜, 上端椎多止于 T10~T12, 极少数情况下可延伸至上胸椎; (4)继发弯进展速度(3.0°/年)大于原发弯(1.5°/年); (5)腰骶段半椎体畸形进展与半椎体是否越过中线相关。半椎体越过邻椎中线者, 继发弯进展相对缓慢; 半椎体未越过邻椎中线者, 继发弯往往进展迅速, 出现侧凸顶椎旋转而发生“剃刀背”畸形; (6)继发弯随年龄增长逐渐加重而形成僵硬的结构弯, 10 岁前继发弯相对稳定, 然而, 进入青春期后, 继发弯快速进展、僵硬, 进而导致躯干倾斜。此外, 腰骶段畸形进展或可继发出现双肩不等高、骨盆倾斜^[11]、骶骨倾斜^[12]、冠状面失平衡^[3,4,13,14]等异常。但与胸腰段及腰段先天性脊柱畸形不同的是, 腰骶部半椎体通常较少发生后凸畸形的风险^[15]。

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(81871748); 国家自然科学基金青年项目(81601868)

第一作者简介: 男(1982-), 博士研究生在读, 研究方向: 脊柱外科
电话: (0731)85295125 E-mail: jiangbinspine@csu.edu.cn

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

1.3 腰骶段畸形对冠状面平衡及骨盆的影响

腰骶段畸形局部轻微的倾斜即可造成冠状位失平衡而产生严重的躯干偏移^[15]。Nakamura 等^[16]对 5 例一期后路半椎体切除短节段融合的 CS 小儿患者进行随访, 其中 2 例腰骶段畸形患者术前均伴有冠状面失平衡。余可谊等^[17]对 8 例行半椎体切除手术治疗的腰骶段半椎体畸形进行随访发现, 4 例患者术前冠状面失平衡, 占 50%。笔者所在中心前期研究结果^[18], 在 14 例腰骶段半椎体畸形患儿中 10 例存在术前冠状面失平衡, 占 71.4%, 其中 6 例 C7 铅垂线(C7 plumb line, C7PL)偏向半椎体对侧, 占 42.9%, 其余 4 例 C7PL 偏向半椎体同侧, 占 28.5%。根据 C7PL 与半椎体位置关系分为以下三种情况^[4, 13, 14, 18]: (1) C7PL 向半椎体对侧偏移(C7PL-CSVL>2cm), 较为常见。其原因多与继发弯僵硬、无法代偿腰骶段畸形产生的倾斜所致; (2) C7PL 向向半椎体侧偏移(C7PL-CSVL>2cm), 少部分患儿继发弯代偿过度的情况下可出现该类倾斜; (3) 躯干无偏移(C7PL-CSVL≤2cm), 极少数患者如合并骨盆倾斜、对侧半椎体、双下肢不等长等畸形, 可抵消腰骶段倾斜表现为冠状面平衡。先天性脊柱侧凸合并骨盆倾斜被认为通常由双下肢不等长或 S1 畸形本身造成的^[19]。Dubousset 等^[20]认为双下肢等长的骨盆倾斜表现为以下两类: (1) 腰骶段畸形直接参与构成腰骶段原发弯, 属于结构性侧凸的一部分, 表现为与腰椎侧凸的方向一致; (2) 严重侧凸患者, 腰骶段区域无法代偿躯干失衡, 骨盆倾斜作为对躯干平衡的一种代偿机制, 不属于结构性侧凸的一部分。

2 手术方式的选择

腰骶段畸形程度各异, 应采取个体化治疗方式。若致畸椎未引起明显侧凸畸形且无明显临床症状或躯干失平衡则无需手术干预, 但患者需随访至骨龄成熟。一旦腰骶段畸形进展, 导致明显的躯干偏移, 有必要早期干预^[9, 14, 15]。支具治疗虽可控制继发弯进展, 但对原发结构弯没有矫正效果, 且无法阻止躯干倾斜^[9]。原位融合术可去除脊柱生长潜力, 但仅适合未形成继发弯患者, 对已形成的继发弯缺乏矫正作用^[4, 21]。因此, 半椎体切除短节段固定术作为可直接去除致畸因素并矫正畸形的有效术式, 逐渐成为腰骶段半椎体畸形的主流选择^[16, 22], 其最佳适应证为继发弯柔韧的 3~5 岁小儿患者^[13, 14, 23]。由于早期开展的一期前后路联合半椎体切除融合术有创伤大、出血多, 且存在假关节形成、神经损害、胸腔积液、肺不张、肠麻痹等并发症^[13, 14, 25, 26]。近年来, 随着后路技术的逐渐成熟, 单纯一期后路半椎体切除已逐渐得到业内青睐, 并获得良好疗效^[22, 25~27], 该术式由于在避免前路手术并发症同时获得与前后路联合手术近似的矫正率, 因而被认为是现代有效的半椎体切除技术。Mladenov 等^[26]对比研究联合前后路与一期后路切除半椎体的疗效, 结果显示前后联合入路切除半椎体的矫正率为 55%, 一期后路切除半椎体的矫正率为 59%, 且一期后路无手术相关并发症。长节段固定融合适用于已形成结构

性继发弯、初次就诊较晚的青少年或成年患者^[4]。尤其是伴邻近腰椎明显旋转、继发弯 Cobb 角较大、节段较长或形成侧后凸的患者^[13, 14]。但由于缺乏长节段固定相关研究, 其固定节段、矫形选择方式等尚需进一步研究证实。一般来讲, 长节段固定者近端固定椎应跨越继发弯至 T10、T11 或 T12^[4, 28], 而下端固定椎应固定至骶骨^[13, 14], 骶骨发育不良或骨盆倾斜者, 则采用髂骨钉固定至骨盆以维持“基座”的水平与稳定^[29]。目前认为, S2AI 螺钉稳定性优于髂骨螺钉^[30], 更适用于长节段固定的远端固定椎选择。

3 手术治疗存在的问题

后路半椎体切除短节段固定术治疗腰骶段半椎体畸形疗效显著^[31], 但该术式术后可能导致冠状面失平衡问题。既往文献报道^[15~18], 腰骶段半椎体切除矫形术后冠状面失平衡发生率为 7.1%~50%。有关术后发生冠状面失平衡原因, McMaster 等^[3]与 Bollini 等^[15]研究显示, 腰骶段畸形术前常伴躯干向代偿弯凸侧倾斜, 并认为矫形术后冠状面失平衡与术前躯干向代偿弯凸侧倾斜密切相关, 但该研究并未具体分析。Nakamura 等^[16]认为对于年龄较小和骨龄未成熟的患儿, 初次手术时未行植骨融合术, 在青春期半椎体再生长是脊柱平衡矫正丢失的原因。孙旭等^[32]则认为, CS 病程长, 髂腰韧带、椎旁肌长期处于不对称应力而导致局部僵硬, 远端固定至骶骨或骨盆进一步造成远端代偿能力下降, 是冠状面失平衡的重要原因之一。本中心前期研究表明^[18], 半椎体切除不彻底、融合失败、腰骶水平化重建不足、远端代偿能力下降和倾斜残留是术后冠状面失平衡常见原因。除此之外, 术前对冠状面平衡状况评估不充分, 制定的矫形策略不当也是矫形术后出现冠状面失平衡的重要原因。

4 冠状面失平衡的预防方法

4.1 术前影像学充分评估

对腰骶段先天性脊柱畸形患者, 融合节段选择主要根据年龄和继发弯僵硬程度。仅融合腰骶弯者, 以往认为可术前通过仰卧 Bending 位评估近端腰弯代偿能力可避免腰骶弯过度矫形^[17]。而最近研究表明, 支点侧屈位 X 线较仰卧 Bending 位 X 线能更好地评估脊柱柔韧性及预测手术矫形率, 为融合节段和矫形率提供依据^[33, 34]。如需同时融合腰弯, 除术前仔细评估腰弯代偿能力, 掌握原发弯与继发弯矫形之间的平衡更为重要^[17]。李其一等^[35]提出为获得短节段融合, 采用限制性部分矫形, 使下腰段半椎体切除后仍保留与 S1 相一致的侧凸可有效避免侧凸完全矫正后导致的躯干倾斜。但刘臻等^[36]通过对成人退变性脊柱侧凸的长期随访, 认为限制性矫形术后, 术前躯干向代偿弯凸侧倾斜患者仍易发生术后冠状面失代偿。

4.2 腰骶段个体化截骨

腰骶段截骨的目的在于获得水平化的腰骶段。但鉴于腰骶段先天性脊柱畸形的复杂性, 应根据个体化病理特

点采用不同截骨方式。半椎体切除的关键在于彻底切除半椎体的上下终板、凹侧椎间盘及半椎体前后方结构,以防止半椎体再生长或融合失败^[29],同时需切除对侧合并骨桥及或松解对侧关节突,以获得凸凹双侧良好的撑开与压缩空间^[37,38]。与半椎体切除相似,楔形椎、骺骨发育不良等需进行凸侧 4 级截骨,同时辅以凹侧广泛松解,以获得腰骶水平的有效重建。刘臻等^[36]报道应用代偿弯凸侧入路的椎间孔椎间融合术(transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF)治疗退变性腰椎侧凸,认为该术式具有与 4 级截骨类似的效果,可有效实现腰骶部水平化,并获得良好的冠状面矫形效果,并且兼具减少内固定应力波动、断钉、断棒风险等优势,但该技术是否适用腰骶段先天性脊柱畸形患者尚待进一步研究。✓

4.3 矫形策略参照术前冠状面平衡状况✓

虽然通过上述不同截骨技术可以为后续腰骶段水平化操作提供基础,但若矫形方式不当,术后仍然会出现冠状面失平衡。根据 Bridwell 截骨原则^[29],要求截骨侧局部加压抱紧,但理论上存在诱导躯干向凸侧倾斜趋势,有可能进一步加重躯干向凸侧偏移,导致冠状面失平衡加重或重建失败。我们既往研究^[18]结果表明,根据术前冠状面平衡状态选择不同的矫形策略,可有效避免矫形术后冠状面失平衡。对于术前冠状面平衡患者,采取双侧均等撑开或压缩操作,以防止躯干偏移;对于躯干向继发弯凹侧倾斜失平衡患者,采取常规凹侧撑开、凸侧压缩技术,可有效避免术后冠状面失平衡;而对于躯干向继发弯凸侧倾斜失平衡患者,采取“反向”凸侧撑开、凹侧压缩技术可使下腰段水平化,从而避免冠状面失平衡。✓

✓

5 总结✓

综上所述,腰骶段先天性脊柱畸形发生率虽低,但其矫形术后躯干失平衡发生率较高,发生原因是多因素共同作用的结果。术前应充分评估影像学资料,综合年龄、畸形类型和节段,以及冠状面平衡状况等因素,合理选择恰当的固定节段、个体化的截骨方式,采用有效的腰骶水平化方案及恰当的矫形策略,以避免术后躯干失平衡的发生。半椎体切除短节段固定融合术已取得一定疗效,但目前尚缺乏腰骶段先天性脊柱畸形长节段固定矫形术后冠状面失平衡状况的相关研究,对其发生原因、预防及处理方式仍需进一步研究。此外,腰骶段先天性脊柱畸形术前冠状面平衡状况与分型亦要多中心、大样本随访研究。✓

✓

6 参考文献✓

1. 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.✓
2. Pahys JM, Guille JT. What's new in congenital scoliosis?[J]. J Pediatr Orthop, 2016, 38(3): e172-e179.✓
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. Slabaugh PB, Winter RB, Lonstein JE, et al. Lumbosacral hemivertebrae: a review of twenty-four patients, with excision in eight[J]. Spine, 1980, 5(3): 234-244.✓
5. Brailsford JF. Deformities of the lumbosacral region of the spine[J]. Br J Surg, 2010, 16(64): 562-627.✓
6. Winter RB, Moe JH, Eilers VE. Congenital scoliosis a study of 234 patients treated and untreated: part I natural history [J]. J Bone Joint Surg, 1968, 50(1): 1-15.✓
7. Wynne-Davies R. Congenital vertebral anomalies: aetiology and relationship to spina bifida cystica [J]. J Med Genet, 1975, 12(3): 280-288.✓
8. McMaster MJ, David CV. Hemivertebra as a cause of scoliosis: a study of 104 patients[J]. J Bone Joint Surg Br, 1986, 68(4): 588-595.✓
9. Kawakami N, Tsuji T, Imagama S, et al. Classification of congenital scoliosis and kyphosis: a new approach to the three-dimensional classification for progressive vertebral anomalies requiring operative treatment[J]. Spine, 2009, 34(17): 1756-1765.✓
10. Hedequist D, Emans J. Congenital scoliosis: a review and update[J]. J Pediatr Orthop, 2007, 27(27): 106-116.✓
11. Winter RB, Pinto WC. Pelvic obliquity: its causes and its treatment[J]. Spine, 1986, 11(3): 225-234.✓
12. 张延斌, 仇建国, 邱贵兴, 等. 伴有骺骨倾斜的腰椎先天性脊柱侧凸患儿的手术治疗策略研究[J]. 中华骨与关节外科杂志, 2018, 11(3): 192-196.✓
13. Leong JC, Day GA, Luk KD, et al. Nine-year mean follow-up of one-stage anteroposterior excision of hemivertebrae in the lumbosacral spine[J]. Spine, 1993, 18(14): 2069-2074.✓
14. Bollini G, Docquier PL, Viehweger E, et al. Lumbar hemivertebra resection[J]. J Bone Joint Surg Am, 2006, 88(5): 1043-1052.✓
15. Bollini G, Docquier PL, Viehweger E, et al. Lumbosacral hemivertebrae resection by combined approach: medium- and long-term follow-up[J]. Spine, 2006, 31(11): 1232-1239.✓
16. Nakamura H, Matsuda H, Konishi S, et al. Single-stage excision of hemivertebrae via the posterior approach alone for congenital spine deformity: follow-up period longer than ten years[J]. Spine, 2002, 27(1): 110-115.✓
17. 余可宜, 仇建国, 李书纲, 等. 半椎体切除术治疗先天性腰骶弯[J]. 协和医学杂志, 2011, 2(1): 51-55.✓
18. 王孝宾, 王冰, 吕国华, 等. 儿童下腰椎和腰骶段半椎体畸形冠状面平衡状况与外科矫形选择[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2015, 25(8): 699-704.✓
19. 乔军, 邱勇, 朱泽章, 等. 合并骨盆倾斜的先天性脊柱侧凸行脊柱矫形术后骨盆倾斜的转归[J]. 中华骨科杂志, 2017, 37(4): 236-241.✓
20. Dubousset J. Pelvic obliquity: a review[J]. Orthopedics, 1991, 14(4): 479-481.✓

21. Yaszay B, O'Brien M, Shufflebarger HL, et al. Efficacy of hemivertebra resection for congenital scoliosis: a multicenter retrospective comparison of three surgical techniques [J]. *Spine*, 2011, 36(24): 2052-2060.✓
22. Ruf M, Harms J. Hemivertebra resection by a posterior approach: innovative operative technique and first results [J]. *Spine*, 2002, 27(10): 1116-1123.✓
23. 仇建国, 邱贵兴, 于斌, 等. 后路半椎体切除术治疗先天性脊柱侧后凸的初步结果[J]. *中华骨科杂志*, 2006, 26(3): 156-160.✓
24. Hedequist DJ, Hall JE, Emans JB. Hemivertebra excision in children via simultaneous anterior and posterior exposures[J]. *J Pediatr Orthop*, 2005, 25(1): 60-63.✓
25. Zhang J, Shengru W, Qiu G, et al. The efficacy and complications of posterior hemivertebra resection[J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(10): 1692-1702.✓
26. Mladenov K, Kunkel P, Stuecker R. Hemivertebra resection in children, results after single posterior approach and after combined anterior and posterior approach: a comparative study[J]. *Eur Spine J*, 2012, 21(3): 506-513.✓
27. Ruf M, Harms J. Posterior hemivertebra resection with transpedicular instrumentation: early correction in children aged 1 to 6 years[J]. *Spine*, 2003, 28(18): 2132-2138.✓
28. Suk SI, Chung ER, Lee SM, et al. Posterior vertebral column resection in fixed lumbosacral deformity[J]. *Spine*, 2005, 30(23): E703-E710.✓
29. Hosalkar HS, Luedtke LM, Drummond DS. New technique in congenital scoliosis involving fixation to the pelvis after hemivertebra excision[J]. *Spine*, 2004, 29(22): 2581-2587.✓
30. Hoernschemeyer DG, Pashuck TD, Pfeiffer FM. Analysis of the s2 alar-iliac screw as compared with the traditional iliac screw: does it increase stability with sacroiliac fixation of the spine?[J]. *Spine J*, 2017, 17(6): 875-879.✓
31. Zhuang Q, Zhang J, Li S, et al. One-stage posterior-only lumbosacral hemivertebra resection with short segmental fusion: a more than 2-year follow-up[J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(5): 1-8.✓
32. 孙旭, 钱邦平, 邱勇, 等. 先天性胸腰段侧后凸畸形三柱截骨矫形术后冠状面失代偿[J]. *中华骨科杂志*, 2014, 34(9): 903-908.✓
33. Hamzaoglu A, Talu U, Tezer M, et al. Assessment of curve flexibility in adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Spine*, 2005, 30(14): 1637-1642.✓
34. He C, Wong MS. Spinal flexibility assessment on the patients with adolescent idiopathic scoliosis (AIS): a literature review[J]. *Spine*, 2017, 43(4): E250-E258.✓
35. 李其一, 仇建国, 邱贵兴, 等. 腰段半椎体畸形及其远端椎体的影像学特点[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2015, 25(11): 997-1000.✓
36. 刘臻, 赵志慧, 胡宗杉, 等. 术中腰骶部水平化改善退变性腰椎侧凸术后冠状面平衡[J]. *中华骨科杂志*, 2017, 37(4): 193-200.✓
37. 郭建伟, 仇建国, 王升儒, 等. 后路半椎体切除治疗先天性脊柱侧凸的并发症及预防策略[J]. *中华外科杂志*, 2014, 52(8): 566-570.✓
38. 郭惊, 邱勇. 腰骶部半椎体畸形的临床评估与手术治疗进展[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2012, 22(7): 656-658.✓
39. Bridwell KH. Decision making regarding Smith-Petersen vs. pedicle subtraction osteotomy vs. vertebral column resection for spinal deformity[J]. *Spine*, 2006, 31(19 Suppl): 171-178.✓
- (收稿日期:2018-10-16 末次修回日期:2018-11-12)✓
- (本文编辑 姜雅浩)