

重视成人脊柱畸形冠状面失平衡的焦点问题

Focus issues about coronal imbalance in adult spinal deformity

海 涌

(首都医科大学附属北京朝阳医院骨科 100020 北京市)

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2023.03.01

中图分类号:R682.3 文献标识码:C 文章编号:1004-406X(2023)-03-0193-04

如何矫正成人脊柱畸形(adult spinal deformity, ASD)患者的冠状面失平衡(coronal imbalance, CIB)是脊柱畸形治疗的难点。CIB 不仅影响患者的外观,当人体重心超出“经济圆锥”^[1]范围时,还将使人体维持动态平衡所需的能耗增加,进而导致肌肉劳损,加速椎间盘退变,引起疼痛甚至神经功能障碍。近年来,越来越多的研究表明,脊柱畸形患者 CIB 将导致背部疼痛、外观满意度差、健康相关生命质量下降,甚至需要进行手术矫正^[2-4]。目前, CIB 的诊断标准尚不统一,影响 CIB 的因素众多,代偿机制尚不明确,治疗存在较大难度。因此,本期将结合文献回顾和国内各中心的最新研究成果,针对 ASD 患者人群 CIB 的焦点问题进行深入探讨,包括 CIB 的临床评估和诊断标准、常用的分型、发生率与危险因素、对患者的影响以及外科治疗策略,供同道参考。

1 CIB 的评估与定义

ASD 患者 CIB 的临床表现可以是整体的躯干失平衡,也包括局部失平衡,如:头颈部倾斜、颈胸段失衡、腰骶段失衡、骨盆倾斜、髋关节不对称及双下肢不等长等。除了躯干静止姿态,患者在行走、坐立等活动状态下的动态平衡,同样也属于广义的冠状面平衡的评估范畴。影像学评估参数包括 C7 铅垂线(C7 plumb line, C7PL)与骶骨中垂线(central sacral vertical line, CSVL)之间的水平距离,即冠状面平衡距离(coronal balance distance, CBD)或冠状面垂直轴距(coronal vertical axis, CVA);锁骨角(clavicle angle, CA);锁骨高度差;T1 倾斜角(T1 tilt);骨盆倾斜角(pelvic inclination, PI);双下肢绝对长度及双下肢相对长度等。其中, CBD/CVA 是最常被应用的影像学评估参数。脊柱侧凸研究学会(Scoliosis Research Society, SRS)将 CBD $\leq$ 2cm 定义为冠状面平衡,将 CBD>2cm 定义为 CIB,但该标准通常适用于青少年特发性脊柱侧凸(adolescent idiopathic scoliosis, AIS)患者。对于 ASD 患者而言,如果以 2cm 来界定 CIB,研究发现其与患者的生活质量和预后无明显相关性。在对 ASD 的 SRS 分型中, Lowe 等^[5]将 CBD $\geq$ 3cm 定义为 CIB。Choi 等^[6]在帕金森病与脊柱 CIB 的研究中,同样将 CBD>3cm 定义为 CIB。

2 CIB 的分型

目前关于 ASD 患者 CIB 的分型主要切入点是 C7PL 或 T1 铅垂线(T1 plumb line, T1PL)与主弯的位置关系。当 C7PL 或 T1PL 位于主弯的凸侧时,术后出现 CIB 加重的风险倍增。这类患者 CIB 的矫形难度较大,矫形理念重在对腰骶半弯的矫正和 L4、L5 椎体水平化。

2009 年,邱勇等^[7]依据 CBD 大小和 C7PL 与主弯位置关系将退变性腰椎侧凸(degenerative lumbar scoliosis, DLS)CIB 分为三型:A 型, CBD<3cm; B 型, CBD>3cm, C7PL 偏向腰椎主弯凹侧; C 型, CBD>3cm, C7PL 偏向腰椎主弯凸侧。2018 年, Obeid 等^[8]采用 T1PL 到 CSVL 的水平距离定义 ASD 患者 CIB 分型,当 T1PL-CSV L>2cm 定义为 CIB, T1PL 位于与主弯凹侧为 CIB 1 型; T1PL 位于与主弯凸侧为

作者简介:男(1963-),主任医师,教授,研究方向:脊柱外科

电话:(010)85231229 E-mail:spinesurgeon@163.com

CIB 2 型;若 $T1PL-CSVL \leq 2\text{cm}$ 为 CIB 0 型。以上两种 CIB 分型的理念相似,均强调了要重视对 C 型和 CIB 2 型患者 CIB 的评估和治疗。

3 CIB 的发生率与危险因素

文献报道 ASD 患者的 CIB 发生率差异较大,这与诊断标准不同和样本差异有关。术前 CIB 的发生率从 15%~35% 不等^[9]。在 Ploumis 等^[10]报道的 54 例 ASD 患者中,11 例(20.4%)术前存在 CIB(诊断标准为 $CBD > 4\text{cm}$)。在 Bao 等^[11]报道的 284 例 DLS 患者中,34.8% 的患者术前存在 CIB(诊断标准为 $CBD > 3\text{cm}$),其中 B 型 CIB 占 21.8%,C 型 CIB 占 13.0%。

术后患者冠状面平衡状态与术前平衡、矫形策略和术后代偿等因素相关。对于 C 型或 CIB 2 型患者,由于术前向主弯凸侧倾斜,因此如果针对主弯进行充分矫正而忽视了腰骶半弯的矫正,极易导致术后 CIB 加重。即使在术前评估中已经认识到腰骶半弯矫正的重要性,但是由于腰骶半弯矫正的难度远大于胸腰弯,因此术后平衡纠正不理想甚至失衡加重的情况难以避免^[11]。术后即刻冠状面平衡的患者需关注上端固定椎(upper instrumented vertebra,UIV)倾斜,若倾斜较大可能导致术后远期随访出现 CIB。本期中李危石团队发现术前 AVT 值、术前主弯 Cobb 角、术后即刻 UIV 倾斜角是术后即刻平衡患者随访时出现失衡状态的独立危险因素。

4 CIB 对患者的影响

大量研究报道认为 CIB 严重影响患者生活功能和术后的疗效。Glassman 等^[12]研究报道术前 $CVA > 4\text{cm}$ 的 ASD 患者行手术矫正后患者自我报告的结局指标(patient-reported outcomes,PROs)得到了明显改善。对于术前 C 型 CIB 的患者,术后 SF-36 (Short Form-36,SF-36) 量表和视觉模拟(visual analog scale,VAS)评分量表改善方面不如 A 型和 B 型患者。Plais 等^[13]报道了 576 例 ASD 患者,其中 B 型 CIB 患者在术前的 Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index,ODI)、SF-36 量表和 SRS-22 量表评分的基线更低。Acaroglu 等^[14]报道了 483 例患者,结果表明术后 CIB 与更差的 SRS-22 评分独立相关。Bao 等^[11]报道的术后 21 例 CIB 患者相比非 CIB 患者 SF-36 和 VAS 评分更低。

此外,术后 CIB 可能与术后发生机械性并发症相关。一项纳入 121 例 ASD 的单中心研究表明^[15],术后 2 年随访断棒的发生率与 CIB 相关,其中 25 例 CIB 组患者断棒发生率为 36%,非 CIB 组患者断棒发生率为 17%。但是,也有研究表明术后 CIB 与机械性并发症无明确关联。如 2012 SRS-Schwab 分型^[16]研究中认为 CIB 并不影响患者术后疗效,因此未将冠状面序列评估纳入分型标准和治疗目标。同样,在 GAP 评分^[17](global alignment and proportion score)系统中,也将机械性并发症的参数评估重点放在脊柱-骨盆矢状面参数的评估,并不认为冠状面序列与术后机械性并发症的发生相关。

5 CIB 的矫形策略

对于存在 CIB 的 ASD 患者,要综合评估患者年龄、脊柱畸形特点、主要症状来源、骨密度、合并症和患者本身的诉求,制定个性化矫正策略。本期吴继功团队分析了脊柱侧凸术后出现严重冠状面失衡后再手术的策略,文章强调要依据患者椎体融合、僵硬、骨盆倾斜及腰骶交界曲度等情况,对每例患者进行个性化治疗。目前针对 CIB 矫形的手术技术有后柱截骨(posterior column osteotomy,PCO)、不对称三柱截骨、全脊椎截骨(vertebral column resection,VCR)、后路或前路椎间融合技术和辅助支撑棒(Kickstand rod)技术等。

不对称多节段后柱截骨(multiple-level asymmetrical Ponte osteotomies,MAPO)对于前柱未融合的重度僵硬性脊柱侧凸患者能够起到显著的畸形矫正和平衡改善作用。笔者团队研究发现,MAPO 技术具有与 VCR 相似的畸形矫正能力和平衡改善能力,同时出血量明显减少,手术时间显著缩短,最重要的是神经并发症明显减少^[18]。

经椎弓根不对称截骨(asymmetric pedicle subtraction osteotomy,APSO)^[19,20]相比 PCO 有更高的矫

形能力,通常在主弯或腰骶半弯顶椎凸侧进行截骨,根据截骨段闭合情况决定是否置入椎间融合器。为了实现更精准的术前矫形设计和术中矫形实施,在术前应用三维模拟软件或 3D 打印模型进行模拟截骨矫形,术中应用 3D 打印截骨导板指导截骨角度设计,能够显著提高三柱截骨矫形的精准度^[20]。本期钱邦平团队报道了对合并 CIB 的 AS 胸腰椎侧后凸畸形患者采用 APSO 可重建其双平面平衡。

VCR 因技术难度较高、且伴随的神经损伤并发症发生率较高,近些年应用较少。在胸椎或胸腰段合并椎体前柱分节不良或角状侧后凸畸形的患者,可采取 VCR 截骨实现主弯矫形和平衡恢复。

不对称经椎间孔腰椎融合术(TLIF)^[15,21]适用于腰骶半弯矫正,在腰骶半弯的凹侧置入椎间融合器可恢复腰骶部倾斜,实现矫正平衡的功能。在腰弯区域行前路椎间融合术(LLIF 或 OLIF)^[22,23]可以很好地恢复椎间隙高度,使椎体序列重排,能在一定程度上改善因腰椎侧凸导致的 CIB。

Kickstand rod 技术由 Lenke 教授团队报道^[24],该技术在治疗 ASD 患者严重 CIB 中起着重要作用,在完成矫形手术凸侧加压和凹侧撑开后,在凹侧再次置入髂骨螺钉[进钉点位于髂后上棘近端 4~5cm,螺钉远端与经 S2 骶髂(S2 alar-iliac, S2AI)螺钉相交],应用卫星棒与近端多米诺相连接,并对凹侧进一步撑开,使冠状面失衡得到进一步矫形。虽然 Kickstand rod 技术能够给冠状面矫形带来强有力的辅助矫形能力,但是该技术带来的额外手术创伤、术后髂骨钉相关的并发症、远期髂骨钉松动和内固定失败的风险仍然值得被关注。

6 小结与展望

ASD 患者 CIB 的发生率和危害被一定程度地低估和忽视,而目前评估和治疗 CIB 的理论和技術仍然有待进一步完善和提升。因此,ASD 患者术前和术后的 CIB 问题应该受到更多的重视和深入研究。未来,CIB 的诊断有待进一步统一和标准化,骨盆和下肢对脊柱冠状面平衡影响的研究尚不充分,CIB 如何影响 ASD 患者的生活质量和术后并发症同样值得深入探索。数字化术前规划模拟矫形、术中全脊柱透视技术和术中冠状面平衡评估工具的研发有望进一步提高脊柱畸形患者 CIB 的手术矫形效果。

7 参考文献

1. Dubousset J. Three-dimensional analysis of the scoliotic deformity. In: Weinstein SL, ed. The Pediatric Spine: Principles and Practice [M]. New York: Raven Press, 1994. 479-496.
2. Lafage V, Schwab F, Vira S, et al. Does vertebral level of pedicle subtraction with osteotomy correlate degree of spinopelvic parameter correction[J]. J Neurosurg Spine, 2011, 14(2): 184-191.
3. Schwab FJ, Blondel B, Bess S, et al. Radiographical spinopelvic parameters and disability in the setting of adult spinal deformity: a prospective multicenter analysis[J]. Spine, 2013, 38(13): E803-812.
4. Blondel B, Schwab F, Bess S, et al. Posterior global malalignment after osteotomy for sagittal plane deformity: it happens and here is why[J]. Spine, 2013, 38(7): E394-401.
5. Lowe T, Berven SH, Schwab FJ, et al. The SRS classification for adult spinal deformity: building on the King/Moe and Lenke classification systems[J]. Spine, 2006, 31(19 Suppl): S119-125.
6. Choi HJ, Smith JS, Shaffrey CI, et al. Coronal plane spinal malalignment and Parkinson's disease: prevalence and associations with disease severity[J]. Spine J, 2015, 15(1): 115-121.
7. 邱勇, 王斌, 朱峰, 等. 退变性腰椎侧凸的冠状面失衡分型及对截骨矫形术式选择的意义[J]. 中华骨科杂志, 2009, 29(5): 418-423.
8. Obeid I, Berjano P, Lamartina C, et al. Classification of coronal imbalance in adult scoliosis and spine deformity: a treatment-oriented guideline[J]. Eur Spine J, 2019, 28(1): 94-113.
9. Zuckerman SL, Cerpa M, Lai CS, et al. Coronal alignment in adult spinal deformity surgery: definitions, measurements, treatment algorithms, and impact on clinical outcomes[J]. Clin Spine Surg, 2022, 35(5): 196-203.
10. Ploumis A, Simpson AK, Cha TD, et al. Coronal spinal balance in adult spine deformity patients with long spinal fusions: a minimum 2-to 5-year follow-up study[J]. J Spinal Disord Tech, 2015, 28(9): 341-347.
11. Bao H, Yan H, Qiu Y, et al. Coronal imbalance in degenerative lumbar scoliosis: prevalence and influence on surgical decision-making for spinal osteotomy[J]. Bone Joint J, 2016, 98-B(9): 1227-1233.
12. Glassman SD, Berven S, Bridwell K, et al. Correlation of radiographic parameters and clinical symptoms in adult scoliosis[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2005, 30(6): 682-688.

13. Plais N, Bao HD, Lafage R, et al. The clinical impact of global coronal malalignment is underestimated in adult patients with thoracolumbar scoliosis[J]. *Spine Deform*, 2020, 8(1): 105–113.
14. Acaroglu E, Guler UO, Olgun ZD, et al. Multiple regression analysis of factors affecting health-related quality of life in adult spinal deformity[J]. *Spine Deform*, 2015, 3(4): 360–366.
15. Tanaka N, Ebata S, Oda K, et al. Predictors and clinical importance of postoperative coronal malalignment after surgery to correct adult spinal deformity[J]. *Clin Spine Surg*, 2020, 33(7): E337–E341.
16. Schwab F, Ungar B, Blondel B, et al. Scoliosis Research Society–Schwab adult spinal deformity classification: a validation study[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2012, 37(12): 1077–1082.
17. Yilgor C, Sogunmez N, Boissiere L, et al. Global alignment and proportion(GAP) score: development and validation of a new method of analyzing spinopelvic alignment to predict mechanical complications after adult spinal deformity surgery[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2017, 99(19): 1661–1672.
18. Zhang YG, Hai Y, Tao LM, et al. Posterior multiple-level asymmetrical ponte osteotomies for rigid adult idiopathic scoliosis[J]. *World Neurosurg*, 2019, 127: e467–e473.
19. Chan AK, Lau D, Osorio JA, et al. Asymmetric pedicle subtraction osteotomy for adult spinal deformity with coronal imbalance: complications, radiographic and surgical outcomes[J]. *Oper Neurosurg(Hagerstown)*, 2020, 18(2): 209–216.
20. Girod PP, Hartmann S, Kavakebi P, et al. Asymmetric pedicle subtraction osteotomy(aPSO) guided by a 3D-printed model to correct a combined fixed sagittal and coronal imbalance[J]. *Neurosurg Rev*, 2017, 40(4): 689–693.
21. Takahashi T, Hanakita J, Watanabe M, et al. Lumbar alignment and clinical outcome after single level asymmetrical transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative spondylolisthesis with local coronal imbalance[J]. *Neurol Med Chir(Tokyo)*, 2014, 54(9): 691–697.
22. Wang MY, Mummaneni PV. Minimally invasive surgery for thoracolumbar spinal deformity: initial clinical experience with clinical and radiographic outcomes[J]. *Neurosurg Focus*, 2010, 28(3): E9.
23. Dakwar E, Cardona RF, Smith DA, et al. Early outcomes and safety of the minimally invasive, lateral retroperitoneal transpsoas approach for adult degenerative scoliosis[J]. *Neurosurg Focus*, 2010, 28(3): E8.
24. Makhni MC, Cerpa M, Lin JD, et al. The “Kickstand Rod” technique for correction of coronal imbalance in patients with adult spinal deformity: theory and technical considerations[J]. *J Spine Surg*, 2018, 4(4): 798–802.

(收稿日期:2023-02-12)

(本文编辑 卢庆霞)