

综述

休门病治疗的研究进展

Advances in treatment of Scheuermann's disease

郭俊汐, 吴金洋, 王 猛, 朱庆三

(吉林大学中日联谊医院 130033 长春市)

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2023.10.12

中图分类号: R682.3 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2023)-10-0956-05

休门病(scheuermann's disease)是临床上常见的引起青少年脊柱后凸的病因,文献中报道的患病率在 0.4%~10%之间,不同性别间发病率无明显差异,发病年龄多在 8~12 岁^[1]。休门病最早于 1921 年被首次报道,被认为是一种伴有背部疼痛和椎体楔形变的脊柱后凸畸形^[2]。随后 Sorenson^[3]提出了至少 3 个相邻楔形椎(椎体前方楔变 $\geq 5^\circ$)的影像学诊断标准,但也有文献认为如果同时具有不规则椎体终板或胸段脊柱(T3~T12)后凸 $>45^\circ$,一个及以上楔形椎就足以诊断^[4]。休门病的发病原因尚未完全阐明,但遗传因素被认为在其中发挥了重要作用。由于目前该疾病自然史的研究数据有限且不同治疗方式缺乏高等级证据支持,在手术干预时机以及最佳治疗方式的选择上仍存在争议。笔者通过回顾相关文献,就休门病治疗的研究进展进行综述。

1 自然史

在对未经治疗的休门病患者平均随访 32 年后, Murray 等^[5]发现未经治疗的休门病患者尽管存在一些功能限制,但他们的生活并未受到重大影响。Ristolainen 等^[6,7]的研究显示休门病患者的生活质量和总体健康状况相较于对照组均明显更低,在 46 年的长期随访中后凸平均进展 14° (基线时平均 46° ,末次随访时平均 60°),基线时的后凸程度与后凸进展的程度之间没有相关性,且在最终随访时无论是后凸程度还是其进展程度均与疼痛和生活质量等无关。

Ragborg 等^[8]的研究发现成年休门病患者相较于相同背景的正常人群健康相关生命质量(health-related quality of life, HRQOL)更低,主要体现在 SRS-22r 中的疼痛和自我形象评分方面。既往的研究认为胸腰椎型休门病患者腰痛发生率更高,并且更容易进展^[9]。Ragborg 等^[8]的研究发现凸畸形顶端的位置(胸椎或胸腰椎)似乎对 HRQOL 无总体影响,两组患者骨盆参数、肺功能指标也均无差异,末

次随访时,后凸进展的程度与基线后凸程度间的关系并不统一,但由于最终随访时数据较少,并未做进一步分析。Garrido 等^[10]对未经治疗的休门病患者(胸椎和胸腰椎型)平均随访 27 年后发现,患者 SRS-22 和 SF-36 评分更低,ODI 评分更高,后凸长期进展情况为平均 0.45° /年,且男女之间无明显差异,矢状面垂直距离(sagittal vertical axis, SVA)的增加与 SF-36 评分中身体功能差, SRS-22 评分中功能差、疼痛、较高的 ODI 评分相关,较大的 C2-C7 SVA 和胸段脊柱后凸与 SRS-22 中较差的自我形象评分相关。

2 保守治疗

保守治疗主要包括物理治疗和支具治疗,物理治疗又可分为运动疗法、手法治疗和被动牵伸等。国际脊柱侧凸矫形和康复治疗协会(international scientific society on scoliosis orthopaedic and rehabilitation treatment, SOSORT)于 2010 年发表了一篇有关休门病和特发性脊柱后凸保守治疗的共识,强调了治疗前评估患者后凸畸形柔韧度的重要性,并且认为支具使用的最佳时机是青春期开始时,需持续佩戴直到生长期结束,基于“4 点力”原理的支具被认为是最理想的^[11]。

2.1 物理治疗

运动疗法长期以来一直被用于特发性脊柱侧凸的治疗,期间出现了很多不同的学派和方法。患者治疗形式也有不同分类,常见的为门诊治疗、住院强化训练、家庭康复、门诊-家庭结合康复等形式。其中 Schroth 疗法基于感觉运动、肌肉运动知觉和生物力学原理,通过利用身体模块相互运动从而重建躯干的平衡状态,而矫正平衡的力量可以通过身体姿势的改变传导至脊柱,同时借助镜面反馈、治疗师引导、特殊的呼吸训练技术等手段,经过反复强化训练从而改善脊柱畸形^[12]。

既往的研究认为物理治疗更适于轻度后凸患者($< 60^\circ$)且主要用于改善患者疼痛,而对于后凸畸形的改善无效^[13]。近年的研究提示物理治疗可能是改善患者后凸畸形的有效方法^[14,15]。Bezalel 等^[12]的一项随机对照试验对比了不同物理治疗的疗效,研究共纳入了 50 例 10~17 岁休门病的患者,胸椎后凸角度为 $47^\circ\sim 81^\circ$,1 年后完成治疗随访

第一作者简介:男(1995-),硕士生,研究方向:脊柱外科

电话:18593116284 E-mail:wujiaoxi48@163.com

通信作者:朱庆三 E-mail:zhuqs@jlu.edu.cn

时无论是后凸畸形还是 SRS-22 评分均有明显改善,其中 Schroth 疗法组后凸畸形平均改善 8.78° ,作者认为 Schroth 疗法是改善胸椎 Cobb 角和减少休门病患者疼痛的有效治疗方法。

文献中关于运动疗法的持续时间及每日所需时间并不统一,这可能更依赖于治疗师的个体化评估。但在特发性脊柱侧凸的相关研究中,有文献认为至少 6 个月的持续治疗是获得良好结果的关键^[16]。运动疗法在改善患者后凸畸形方面有积极作用,但停止治疗后长期的随访结果依然未知。

2.2 支具治疗

支具治疗主要依据“三点力”或“四点力”原理对脊柱施加外部机械力和本体感觉输入,可以减少非自然负荷和不对称运动,改善神经肌肉控制。这有利于适当的脊柱生长,神经运动重组和运动行为的改变^[17]。

在休门病患者支具治疗的有限研究中,Milwaukee 支具的效果似乎是最好的。依据不同的支具、脊柱的柔韧度和后凸的程度,支具每天需使用 16~23h;而在僵硬的脊柱后凸患者中,可在支具治疗前使用石膏 2~3 个月^[18]。

既往的文献认为支具更适于轻至中度后凸畸形、更灵活以及骨骼尚未成熟的休门病患者,然而一旦停止支具的使用,依从性良好的患者中也会出现矫正度数丢失的情况^[18]。Etemadifar 等^[19]的研究共纳入 120 例平均年龄 12 岁的休门病患者,后凸角度从 $47^\circ\sim 90^\circ$,均接受 Milwaukee 支具治疗,随访时后凸畸形 $<75^\circ$ 的患者获得平均 25° 的改善,而 $\geq 75^\circ$ 的患者获得平均 26° 的改善,作者认对后凸畸形 $\leq 90^\circ$ 的患者,只要骨骼尚未成熟,也可以考虑支具治疗。

支具作为休门病患者保守治疗的主要方式,其疗效目前依然缺乏高等级证据支持。Milwaukee 支具佩戴的依从性尽管较低,但大多数新设计的支具还没有足够的证据表明其有效性。此外,不同支具间治疗效果的比较仍需要进一步研究。

3 手术治疗

对于存在进行性脊柱后凸、神经功能损害、持续疼痛、骨骼成熟、畸形明显的患者往往需要手术治疗^[18]。但目前文献中就手术干预的时机并没有较为统一的标准,Polly 等^[20]的研究发现手术治疗患者的后凸为 $55^\circ\sim 80^\circ$,并且手术治疗患者年龄更大、疼痛程度更强、自我形象评分更低、体重指数更高,作者认为疼痛和患者的不满意在决定何时进行手术干预方面发挥了重要作用。

3.1 手术入路

Moel^[21]于 1965 年发表了首篇关于休门病后路内固定和融合的手术治疗报告。随后 Bradford 等^[22-23]报告了使用单纯后路和前后路联合的分期入路经验。前后联合入路在早期很受欢迎,部分原因是早期单纯后路术后矫正的明显丢失。随着内固定系统和手术技术的进步,外科医生能够通过单纯后路获得所需的矫正,而前方韧带松解的重要性

也受到了质疑^[24]。在手术入路选择上,有横断面研究提示近年来单纯后路相较于前后联合入路更受外科医生欢迎,其使用也更为普遍^[25]。

Debnath 等^[26]对接受不同手术入路治疗的患者进行了至少 10 年的长期随访,结果显示前后联合入路组和单纯后路组在矫正丢失和结局评分方面没有差异,但前者的并发症发生率更高。Li 等^[27]的 Meta 分析提示前后联合入路和单纯后路手术在纠正休门病患者脊柱后凸方面的治疗效果相似,但后者由于较少的术中失血量和手术时间而具有优势。既往有研究支持在后凸畸形严重或僵硬的患者中使用前后联合入路^[28],但近年的文献认为此类患者仅通过单纯后路依然能获得满意的效果^[29,30]。

3.2 手术技术

一项对 2~27 岁的健康受试者的研究发现平均胸椎后凸随着年龄的增长而增加,从儿童时期的 20° 到青少年的 25° 再到成人的 40° ,作者认为正常脊柱后凸的上限为 45° ^[31]。Koller 等^[32]认为对术前过伸侧位片后凸 $>50^\circ$ 的患者行单纯后路手术需要后方松解及后柱截骨矫形,而对于成角尖锐且更为僵硬的后凸需要三柱截骨矫形。

近年来在脊柱畸形和 HRQOL 评估中,矢状面平衡和脊柱骨盆参数越来越受到关注,且已有文献报道低 HRQOL 和矢状位序列紊乱有关^[33,34]。最近有研究报告了纳入多个脊柱骨盆参数来评估骨骼成熟休门病患者整体矢状面平衡的公式: $\Delta = [(\text{胸椎后凸} - 45^\circ) + (\text{胸腰椎后凸} - 0^\circ) + (\text{PI} - \text{LL})]$,若 Δ 在 10° 以内则处于平衡状态^[35]。但仍需进一步的研究来评估术后休门病患者依据此公式维持在平衡范围内是否能获得更好的临床结果。

在选择上端固定椎 (upper instrumented vertebra, UIV) 时,目前文献认为融合必须包括后凸结构中的近端端椎。最近,Kiyak 等^[36]的研究对 30 例行单纯后路手术的休门病患者(胸椎型)评估后发现,选择 T2 作为近端融合水平相较于选择 T3 可以减少近端交界性后凸 (proximal junctional kyphosis, PJK) 的发生。

而下端固定椎 (lowest instrumented vertebra, LIV) 的选择,目前仍存在争议。Cho 等^[37]报道了融合到矢状面稳定椎 (sagittal stable vertebra, SSV) 而不是前凸的第一个椎体 (first lordotic vertebra, FLV) 的方法,SSV 被定义为骶尾部垂直线 (posterior sacral vertical line, PSVL) 接触的最头侧椎体且 SSV 通常位于 FLV 尾侧一个节段,结果显示选择 SSV 作为 LIV 可使远端交界性后凸 (distal junctional kyphosis, DJK) 的发生率显著降低。Kim 等^[38]通过对融合到 SSV 及以下和 SSV 以上进行比较,发现前者可以减少 DJK 的相关并发症。但也有研究并不同意从 FLV 延长到 SSV 的融合,对不同组随访数据间缺乏统计学差异,作者认为融合到 FLV 已足够,且能够保留更多的运动节段^[39]。而在 Gong 等^[40]的 Meta 分析中,融合到 SSV 相较于 FLV 有着更低的 DJK 发生率。

考虑到休门病患者不同的弯曲类型,最近的研究试

图从该角度对最佳 LIV 的选择进行探究。Zhu 等^[41]的一项研究共纳入了 45 例不同类型的休门病患者,结果显示 FLV 对于胸腰椎型后凸是足够的,而 SSV 则是胸椎型后凸的最佳选择。但在随后的另一研究中,52 例患者又依据不同的融合节段分为不同的亚组,结果表明两组患者中无论是选择 SSV 还是 SSV-1(SSV 头侧一个椎体)作为远端融合水平获得了相似的畸形矫正且 DJK 发生率无明显差异,由此认为选择 SSV-1 作为 LIV 是足够的且能保留更多运动节段^[42]。

由于 FLV 并不总是位于 SSV 头侧,使用 SSV 和 SSV-1 来区分不同的融合水平可能更为准确。将来,在考虑不同弯曲类型的前提下,如何选择最佳 LIV 还需要更大样本的相关研究。

3.3 手术并发症

Hug 等^[29]的研究结果表明在单纯后路手术中常见的并发症有内固定失败和交界性后凸,而前后联合入路手术中还可出现肺部、心血管并发症以及神经损伤等。交界性后凸是融合节段和未融合节段之间的 Cobb 角 $\geq 10^\circ$ 或是至少比术前测量值大 10° 。单独出现的交界性后凸通常并不需要手术干预,而伴随有临床症状、骨折或是内固定失败时常需要手术翻修^[43,44]。

Lowe 等^[45]的研究发现 PJK 与术中对后凸矫正超过 50% 有关,作者认为休门病患者的矢状面序列倾向于负平衡,这可能会随着手术的干预而进一步加重,尤其是存在过度矫正,从而容易诱发 PJK。有研究显示在截骨部位添加两条平行杆可以更有效地降低此处应力,并可能在截骨部位和非固定融合部位形成一个应力的逐渐过渡区,从而可能有助于减少 PJK^[46,47]。Zhu 等^[48]的研究认为这种添加卫星杆的结构相较于标准双杆结构能够有效地降低休门病患者中 PJK 的风险。杆的近端部分的轮廓也被认为与 PJK 有关,通过测量 UIV 的上终板与 UIV 尾侧第二个椎体下终板之间的角度,即杆的近端轮廓角(proximal contouring rod angle, PCRA)来间接评估近端杆的曲度,作者发现 PCRA $< 10^\circ$ 是 PJK 发生的危险因素^[49]。关于休门病患者术后脊柱骨盆参数的相互变化已有不少研究,有研究^[50]认为较大的骨盆入射角(pelvic incidence, PI)与 PJK 的发生有关。在另一篇研究中,作者发现术后脊柱后凸与 PI 比值的增加与 PJK 相关,并认为术后后凸需与 PI 匹配(即 PI 越大,术后后凸越大),从而减少 PJK 的发生^[45]。有研究发现颈椎前凸(C2-C7)与 T1 斜坡角呈线性正相关,且术后 T1 斜坡角的变化与胸椎或胸腰椎后凸的变化、腰椎前凸的变化等有关^[51],而在术后发生 PJK 的患者中,其 T1 斜坡角和颈椎前凸均明显更大^[52,53]。Kim 等^[54]的一篇 Meta 分析中指出年龄较大、术前或术后 SVA 较大、术前腰椎前凸(lumbar lordosis, LL)较小、SVA 和 LL 的矫正较大、融合的水平数较多(到骶骨水平)等是 PJK 的危险因素。

Ghasemi 等^[55]的研究认为更靠后的 LIV 铅垂线、更多的后凸矫正以及在年龄更小的休门病患者中行手术治疗

是 DJK 的危险因素。Berjano 等^[40]试图从力学角度分析 DJK 发生的原因,并提出了相应的力学模型,该模型将脊柱的融合部分在力学上简化为具有质心和杠杆臂的刚体,矢状面上当 LIV 尾端靠近融合部分重力线时,融合远端交界处的机械应力较小,出现内固定失败的几率较低,而当这两者间距离越大时,屈曲运动的力臂也越大,出现 DJK 的概率越大。类似的,在 Xu 等^[42]的研究中,作者认为在选择远端融合水平时,应考虑 LIV 的位置和术前 LIV 与 PSVL 之间的距离,为保持术后脊柱整体矢状面平衡和稳定性,LIV 的中心应相对接近 PSVL,从而使融合部分的远端保持在骶骨上方。在 ROC 曲线分析中,术前 LIV-PSVL $< -37.35\text{mm}$ 是 DJK 的危险因素。

4 展望

目前关于休门病自然史研究较一致地认为休门病患者相较于正常人群有更低的 HRQOL,但是评估所得分值的临床干预临界值在文献中并未明确,亦缺乏有关正常成年人胸椎后凸随年龄变化的纵向研究。尽管腰椎休门病可能有良好的预后,但其演变仍不清楚,因此进一步研究了解其自然史是必要的。已有研究证实恢复适当的矢状面序列对确保良好的临床结果至关重要,且已有学者提出评估整体矢状面平衡的公式,进一步的研究势必会为不同患者的治疗提供更多信息,从而实现个体化治疗。迄今为止,关于休门病不同干预方式的研究大多还是回顾性的单一中心观察研究,因此在鉴别手术患者和非手术患者以及选择最佳手术方法方面尚需要高等级证据支持。

5 参考文献

- Urrutia J, Narvaez F, Besa P, et al. Scheuermann's disease in patients 15-40 years old: a study to determine its prevalence and its relationship with age and sex using chest radiographs as screening tool[J]. J Orthop Sci, 2019, 24(5): 776-779.
- Scheuermann HW. The classic: kyphosis dorsalis juvenilis[J]. Clin Orthop Relat Res, 1977, 128: 5-7.
- Sorensen K. Scheuermann's juvenile kyphosis: clinical appearances, radiography, aetiology, and prognosis. Copenhagen, Denmark, Munksgaard[J]. 1964.
- Bradford DS. Vertebral osteochondrosis (Scheuermann's kyphosis)[J]. Clin Orthop Relat Res, 1981, 158: 83-90.
- Murray PM, Weinstein SL, Spratt KF. The natural history and long-term follow-up of Scheuermann kyphosis[J]. J Bone Joint Surg Am, 1993, 75(2): 236-248.
- Ristolainen L, Kettunen JA, Heliövaara M, et al. Untreated Scheuermann's disease: a 37-year follow-up study [J]. Eur Spine J, 2012, 21(5): 819-824.
- Ristolainen L, Kettunen JA, Kujala UM, et al. Progression of untreated mild thoracic Scheuermann's kyphosis - radiographic and functional assessment after mean follow-up of 46 years[J]. J Orthop Sci, 2017, 22(4): 652-657.

8. Ragborg L, Dragsted C, Dahl B, et al. Scheuermann's Kyphosis: a 39-year follow-up from diagnosis in non-operated patients[J]. *Eur Spine J*, 2020, 29(8): 2091-2099.
9. Wood KB, Melikian R, Villamil F. Adult Scheuermann kyphosis: evaluation, management, and new developments[J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2012, 20(2): 113-121.
10. Garrido E, Roberts SB, Duckworth A, et al. Long-term follow-up of untreated Scheuermann's kyphosis [J]. *Spine Deform*, 2021, 9(6): 1633-1639.
11. De Mauroy J, Weiss H, Aulisa A, et al. 7th SOSORT consensus paper: conservative treatment of idiopathic & Scheuermann's kyphosis[J]. *Scoliosis*, 2010, 5: 9.
12. Bezalel T, Carmeli E, Levi D, et al. The Effect of schroth therapy on thoracic Kyphotic curve and quality of life in scheuermann's patients: a randomized controlled trial [J]. *Asian Spine J*, 2019, 13(3): 490-499.
13. Haddadi K, Kadam A, Tannoury C, et al. Scheuermann's disease: new impressions of clinical and radiological evaluation and treatment approaches; a narrative review[J] *journal of pediatrics review*, 2018, 6(2): 37-45.
14. Ehsani NN, Oakley PA, Harrison DE. Scheuermann's disease: non-surgical improvement in whole spine sagittal alignment in the treatment of a symptomatic patient using Chiropractic BioPhysics(®) technique[J]. *J Phys Ther Sci*, 2019, 31(11): 965-970.
15. Oakley PA, Harrison DE. Reducing thoracic hyperkyphosis subluxation deformity: a systematic review of chiropractic biophysics methods employed in its structural improvement[J]. *Journal of Contemporary Chiropractic*, 2018, 1(1): 59-66.
16. Park JH, Jeon HS, Park HW. Effects of the Schroth exercise on idiopathic scoliosis: a meta-analysis[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2018, 54(3): 440-449.
17. Negrini S, Minozzi S, Bettany-Saltikov J, et al. Braces for idiopathic scoliosis in adolescents[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2015, 6: CD006850.
18. Sardar ZM, Ames RJ, Lenke L. Scheuermann's kyphosis: diagnosis, management, and selecting fusion levels[J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 2019, 27(10): e462-e472.
19. Etemadifar MR, Jamalaldini MH, Layeghi R. Successful brace treatment of Scheuermann's kyphosis with different angles[J]. *J Craniovertebr Junction Spine*, 2017, 8(2): 136-143.
20. Polly DW Jr., Ledonio CGT, Diamond B, et al. What are the indications for spinal fusion surgery in scheuermann kyphosis[J]. *J Pediatr Orthop*, 2019, 39(5): 217-221.
21. Moe JH. Treatment of adolescent kyphosis by non-operative and operative methods[J]. *Manit Med Rev*, 1965, 45(8): 481-484.
22. Bradford DS, Moe JH, Montalvo FJ, et al. Scheuermann's kyphosis: results of surgical treatment by posterior spine arthrodesis in twenty-two patients[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1975, 57(4): 439-448.
23. Bradford DS, Ahmed KB, Moe JH, et al. The surgical management of patients with Scheuermann's disease: a review of twenty-four cases managed by combined anterior and posterior spine fusion[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1980, 62(5): 705-712.
24. Geck MJ, Macagno A, Ponte A, et al. The Ponte procedure: posterior only treatment of Scheuermann's kyphosis using segmental posterior shortening and pedicle screw instrumentation[J]. *J Spinal Disord Tech*, 2007, 20(8): 586-593.
25. Huq S, Ehresman J, Cottrill E, et al. Treatment approaches for Scheuermann kyphosis: a systematic review of historic and current management[J]. *J Neurosurg Spine*, 2019, 32(2): 235-247.
26. Debnath UK, Quraishi NA, Mccarthy MJH, et al. Long-term outcome after surgical treatment of Scheuermann's kyphosis (SK)[J]. *Spine Deform*, 2022, 10(2): 387-397.
27. LI Q. Surgical procedures used for correction of scheuermann's kyphosis: a meta-analysis [J]. *Pain Res Manag*, 2021, 2021: 2142964.
28. Tome-Bermejo F, Tsirikos AI. Current concepts on Scheuermann kyphosis: clinical presentation, diagnosis and controversies around treatment [J]. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*, 2012, 56(6): 491-505.
29. Tsirikos AI, Carter TH. The surgical treatment of severe Scheuermann's kyphosis[J]. *Bone Joint J*, 2021, 103-B(1): 148-156.
30. Mirzashahi B, Chehrassan M, Arfa A, et al. Severe rigid Scheuermann kyphosis in adult patients; correction with posterior-only approach[J]. *Musculoskelet Surg*, 2018, 102(3): 257-260.
31. Fon GT, Pitt MJ, Thies AC JR. Thoracic kyphosis: range in normal subjects[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 1980, 134(5): 979-983.
32. Koller H, Juliane Z, Umstaetter M, et al. Surgical treatment of Scheuermann's kyphosis using a combined antero-posterior strategy and pedicle screw constructs: efficacy, radiographic and clinical outcomes in 111 cases[J]. *Eur Spine J*, 2014, 23(1): 180-191.
33. Diebo BG, Varghese JJ, Lafage R, et al. Sagittal alignment of the spine: What do you need to know [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2015, 139: 295-301.
34. Lonner B, Yoo A, Terran JS, et al. Effect of spinal deformity on adolescent quality of life: comparison of operative scheuermann kyphosis, adolescent idiopathic scoliosis, and normal controls [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2013, 38(12): 1049-1055.
35. Bederman SS, Farhan S, Hu X, et al. Sagittal spinal and pelvic parameters in patients with scheuermann's disease: a preliminary study[J]. *Int J Spine Surg*, 2019, 13(6): 536-543.
36. Kiyak G, Balikei T, Bezer M. Comparison of proximal junctional kyphosis rate according to fusion level [J]. *J Orthop*,

- 2020, 21: 337-339.
37. Cho KJ, Lenke LG, Bridwell KH, et al. Selection of the optimal distal fusion level in posterior instrumentation and fusion for thoracic hyperkyphosis: the sagittal stable vertebra concept[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2009, 34(8): 765-770.
38. Kim HJ, Nemani V, Boachie-Adjei O, et al. Distal fusion level selection in scheuermann's kyphosis: a comparison of lordotic disc segment versus the sagittal stable vertebrae [J]. *Global Spine J*, 2017, 7(3): 254-259.
39. Yanik HS, Ketenci IE, Coskun T, et al. Selection of distal fusion level in posterior instrumentation and fusion of Scheuermann kyphosis: is fusion to sagittal stable vertebra necessary[J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(2): 583-589.
40. Gong Y, Yuan L, He M, et al. Comparison between stable sagittal vertebra and first lordotic vertebra instrumentation for prevention of distal junctional kyphosis in scheuermann disease: systematic review and Meta-analysis[J]. *Clin Spine Surg*, 2019, 32(8): 330-336.
41. Zhu W, Sun X, Pan W, et al. Curve patterns deserve attention when determining the optimal distal fusion level in correction surgery for Scheuermann kyphosis[J]. *Spine J*, 2019, 19(9): 1529-1539.
42. Xu Y, Hu Z, Zhang L, et al. Selection of the optimal distal fusion level for Scheuermann kyphosis with different curve patterns: when can we stop above the sagittal stable vertebra [J]. *Eur Spine J*, 2022, 31(7): 1710-1718.
43. Lonner BS, Parent S, Shah SA, et al. Reciprocal changes in sagittal alignment with operative treatment of adolescent scheuermann kyphosis—prospective evaluation of 96 patients [J]. *Spine Deform*, 2018, 6(2): 177-184.
44. Berjano P, Damilano M, Pejrona M, et al. Revision surgery in distal junctional kyphosis[J]. *Eur Spine J*, 2020, 29(Suppl 1): 86-102.
45. Lowe TG, Kasten MD. An analysis of sagittal curves and balance after Cotrel-Dubouset instrumentation for kyphosis secondary to Scheuermann's disease: a review of 32 patients [J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 1994, 19(15): 1680-1685.
46. Luca A, Ottardi C, Sasso M, et al. Instrumentation failure following pedicle subtraction osteotomy: the role of rod material, diameter, and multi-rod constructs[J]. *Eur Spine J*, 2017, 26(3): 764-770.
47. Hyun SJ, Lenke LG, Kim YC, et al. Comparison of standard 2-rod constructs to multiple-rod constructs for fixation across 3-column spinal osteotomies[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2014, 39(22): 1899-1904.
48. Zhu ZZ, Chen X, Qiu Y, et al. Adding satellite rods to standard two-rod construct with the use of duet screws: an effective technique to improve surgical outcomes and preventing proximal junctional kyphosis in posterior-only correction of scheuermann kyphosis[J]. *Spine(Phila Pa 1976)*, 2018, 43(13): E758-E765.
49. Grelat M, Du CZ, Xu L, et al. Under-contouring of rods: a potential risk factor for proximal junctional kyphosis after posterior correction of Scheuermann kyphosis[J]. *J Neurosurg Spine*, 2020, 1-8.
50. Vital L, Nunes B, Santos SA, et al. Sagittal plane alignment and functional outcomes following surgery for scheuermann kyphosis[J]. *Rev Bras Ortop(Sao Paulo)*, 2021, 56(4): 446-452.
51. Nasto LA, Shalabi ST, Perez-Romera AB, et al. Analysis of cervical sagittal alignment change following correction of thoracic and thoracolumbar Scheuermann's kyphosis [J]. *Eur Spine J*, 2017, 26(8): 2187-2197.
52. Passias PG, Horn SR, Jalai CM, et al. Cervical alignment changes in patients developing proximal junctional kyphosis following surgical correction of adult spinal deformity [J]. *Neurosurgery*, 2018, 83(4): 675-682.
53. Xu L, Shi B, Qiu Y, et al. How does the cervical spine respond to hyperkyphosis correction in Scheuermann's disease[J]. *J Neurosurg Spine*, 2019, 7: 1-8.
54. Kim JS, Phan K, Cheung ZB, et al. Surgical, radiographic, and patient-related risk factors for proximal junctional kyphosis: a Meta-analysis[J]. *Global Spine J*, 2019, 9(1): 32-40.
55. Ghasemi A, Stubig T, Nasto LA, et al. Distal junctional kyphosis in patients with Scheuermann's disease: a retrospective radiographic analysis[J]. *Eur Spine J*, 2017, 26(3): 913-920.

(收稿日期:2022-01-20 修回日期:2022-04-18)

(本文编辑 姜雅浩)