

强直性脊柱炎胸腰段后凸畸形外科治疗的研究进展

吴有财, 余城墙, 覃永婷, 张宇(综述), 韦建勋(审校)

作者单位: 530021 南宁, 广西壮族自治区人民医院脊柱外科

作者简介: 吴有财, 医学硕士, 住院医师, 研究方向: 骨科学。E-mail: 995400229@qq.com

通信作者: 韦建勋, 医学硕士, 主任医师, 硕士研究生导师, 研究方向: 脊柱外科疾病的诊疗。E-mail: 2420437137@qq.com

[摘要] 强直性脊柱炎(AS)是一种主要累及中轴骨骼的慢性炎症性风湿性疾病,可引起脊柱韧带进行性成骨性改变,最终导致僵硬后凸,常导致胸腰段、颈胸段后凸畸形,以胸腰段后凸畸形多见。对于AS导致的脊柱胸腰段后凸畸形以手术截骨矫形为主要治疗手段。该文就胸腰段后凸畸形外科治疗的研究进展作一综述。

[关键词] 强直性脊柱炎; 胸腰段后凸畸形; 截骨术

[中图分类号] R 68 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1674-3806(2022)03-0273-05

doi:10.3969/j.issn.1674-3806.2022.03.19

Advances in surgical treatment of thoracolumbar kyphosis in ankylosing spondylitis WU You-cai, YU Cheng-qiang, QIN Yong-ting, et al. Department of Spine Surgery, the People's Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530021, China

[Abstract] Ankylosing spondylitis(AS) is a chronic inflammatory rheumatic disease mainly involving the axial bone. AS can cause progressive osteogenic changes of spinal ligaments and eventually leads to rigid kyphosis. Rigid kyphosis often leads to thoracolumbar kyphosis and cervicothoracic kyphosis, and thoracolumbar kyphosis is more common. Surgical osteotomy is the main treatment for thoracolumbar kyphosis of the spine caused by AS. This paper reviews the advances in surgical treatment of thoracolumbar kyphosis in ankylosing spondylitis.

[Key words] Ankylosing spondylitis(AS); Thoracolumbar kyphosis; Osteotomy

强直性脊柱炎(ankylosing spondylitis, AS)是一种自身免疫性疾病,主要累及脊柱和骶髂关节,持续的全身性炎症导致整个脊柱的渐进性僵硬,最终导致僵硬后凸畸形^[1-2]。AS的病因尚不清楚,但有研究表明人类白细胞抗原 B27 与 AS 密切相关^[3-4]。AS 的患病率为 0.1%~1.4%,男女患者比例约为 2:1,80% 的患者发病年龄 < 30 岁,如不规律治疗,30% 的患者可能出现胸腰椎后凸畸形^[4-5]。在该疾病的发展过程中可出现腰椎生理前凸变直,脊柱矢状面失衡,导致患者不能平躺、不能直立和直视前方,严重的情况下,脊柱畸形甚至可导致腹部受压,限制呼吸功能,严重影响患者生活质量,在此种情况下患者不适合保守治疗^[6]。在 AS 晚期,通常需要手术干预以恢复脊柱矢状面平衡,使患者能直立和直视前方,提高其生活质量^[7]。外科手术治疗主要手段为截骨

矫形,手术目的是矫正畸形、稳定脊柱、减轻疼痛和改善神经功能。目前用于 AS 后凸畸形的截骨方式主要有经关节突截骨术(Smith-Petersen osteotomy, SPO)、经椎弓根椎体截骨术(pedicle subtraction osteotomy, PSO)、“蛋壳”技术、去松质骨截骨术(vertebral column decancellation, VCD)、全脊柱切除术(vertebral column resection, VCR)等。随着科技水平的不断提高,手术不断向精准、微创方向发展,出现了 3D 打印技术、超声骨刀、O 型臂导航及手术机器人等先进手段。现将近年常见的 5 种截骨矫形手术及新技术应用综述如下。

1 脊柱截骨术式

1.1 SPO SPO 于 1945 年由 Smith 和 Petersen 首次用于治疗脊柱后凸畸形^[8]。该术式主要切除上位椎体的下关节突、关节囊及两关节突之间黄韧带及椎

板,每节段截骨能矫正 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 。但该术式需脊柱前柱有一定的活动度,不适用于椎体前方骨桥形成及椎间隙狭窄患者。该术式具有损伤小、手术风险相对其他截骨术式低等优点,但矫正角度有限,不适用于 AS 引起的重度胸腰段后凸畸形患者。徐辰等^[9]对 11 例 AS 患者行 SPO 治疗,截骨节段为 3~5 个,平均随访 16 个月,术后所有患者术前合并背部疼痛或下肢功能障碍均明显缓解,手术效果好,未出现手术并发症。多节段 SPO 将矫形应力均匀分布在多个节段,有利于脊柱整体矢状面上生理曲线的恢复。

1.2 PSO PSO 主要经椎弓根 V 型截除两椎间盘之间的松质骨,通过缩短中后柱实现矫形,称为典型的闭合楔形截骨,单节段 PSO 截骨矫形角度 $25^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 。该术式对前方大血管及内脏器官的牵拉张力较小,且闭合面为骨面,骨性愈合快,但技术难度大、出血量大、并发症多。该术式于 1963 年被 Scudese 和 Calabro^[10]首次描述用于 AS 矢状面失衡的矫形。有学者^[11]对 22 例 AS 导致的胸腰段后凸畸形患者分别行单双节段经椎弓根截骨术,结果两组患者均未出现死亡、神经功能损伤、主动脉损伤等严重并发症,所有患者 X 线侧位矢状位相关参数及 Oswestry 功能障碍指数(Oswestry Disability Index, ODI)较术前明显改善,术后所有患者可直视前方及平躺,生活质量明显提高。对于重度胸腰段后凸畸形的患者,临床上多采用双节段 PSO 治疗。白超杰^[12]运用双节段经椎弓根截骨术对 38 例 AS 合并胸腰段重度后凸畸形进行截骨矫形治疗,患者术后脊柱后凸 Cobb's 角、站立位颌眉垂线角等指标均较术前明显改善,生活质量明显提高。Zhao 等^[13]回顾性分析 24 例胸腰段重度后凸畸形的患者,采用一期间断双节段经椎弓根楔形截骨术治疗,手术时间为 (282 ± 43) min,平均失血量为 $(2\,202 \pm 737)$ ml;影像学指标显示胸腰段后凸角、腰椎前凸角、站立位颌眉垂线角均较术前明显改善,差异有统计学意义($P < 0.05$);患者均能直视前方行走及平躺,与经双节段 PSO 组比较,两组影像学指标差异无统计学意义($P > 0.05$),但一期间断双节段 PSO 矫正能力更强。有报道指出对于胸腰段重度后凸畸形患者采用双节段 PSO 与一期间断双节段楔形截骨治疗,两者疗效相近,但后者更加安全,手术并发症更少^[14]。有学者^[15]对 PSO 进行改良,主要切除两相邻椎体关节突、软骨终板、部分棘突以及两椎体间的椎间盘,实现两椎体截骨面融合,与传统 PSO 比较,改良后的 PSO 提高了骨性愈

合率,降低了术后假关节形成率。Wei 等^[16]对 23 例 AS 胸腰段后凸畸形患者行改良楔形截骨术,结果显示术后胸椎后凸角、胸椎前凸角、胸腰椎后凸角、矢状面垂直轴均较术前明显改善,所有患者的手术顺利完成,无大血管损伤及神经损伤等严重并发症发生,手术效果显著,与传统经椎弓根截骨术比较,改良楔形截骨术手术时间缩短,患者出血量更少。

1.3 “蛋壳”技术 以椎弓根为向导,将椎体的松质骨完全去除后只剩下皮质骨,再使椎体塌陷,通过间隙内植骨支撑,能够完成不同角度和方向的矫形,矫正角度大。该术式是在 PSO 术式上的进一步改良,通过后路即可完成椎管前方的减压,避免了前后路联合手术导致的创伤,减少了脊髓损伤且截骨面为松质骨面,植骨处骨性融合快^[17]。“蛋壳”技术和 PSO 被归类为闭合性截骨术^[16]。岳兵等^[18]运用经椎弓根“蛋壳”技术治疗 36 例胸腰段畸形患者,其中 5 例为 AS 引起的胸腰段畸形患者,结果显示平均手术时间为 245 min,平均出血量为 1 900 ml,术后 1 年视觉模拟评分量表(Visual Analogue Scale, VAS)评分、ODI 及脊柱后凸 Cobb's 角均较术前明显改善,所有患者术后随访 1 年,截骨矫形处均已骨性融合,手术效果好。因传统“蛋壳”技术经椎弓根去除松质骨操作窗小,且术程早期切除脊柱后柱结构,术中易引起神经组织损伤。因此,术者不断对该术式进行改进,出现了改良“蛋壳”技术:在术程早期保持脊柱骨性结构完整,待椎体松质骨完全挖空后再切除脊柱后柱骨性结构,可有效防止术中操作对神经组织造成的损伤,也能避免过早破坏硬膜外静脉丛而减少术中出血。此外,在咬除横突后可纵行劈开部分椎体侧壁来扩大椎弓根截骨窗口,减少手术时间。回顾性分析研究采用改良“蛋壳”技术治疗 19 例胸腰段侧后凸畸形患者,其中 13 例患者为 AS 导致的胸腰段后凸畸形。结果显示平均手术时间为 343 min,术中平均出血量为 1 573 ml,术后 1 周与末次随访时后凸 Cobb's 角、VAS 评分及日本骨科协会(Japan Orthopaedic Association, JOA)评分均较术前显著改善,差异有统计学意义($P < 0.05$);术后 1 周后凸畸形矫正率为 34.1%~93.4%,平均为 62.2%;术后患者切口均 I 期愈合。1 例术后第 6 天出现脊髓迟发性缺血-再灌注损伤,经保守治疗后症状缓解。该术式手术效果好,术后患者生活质量明显改善^[19]。

1.4 VCD VCD 是“蛋壳”技术、SPO、PSO 和 VCR 四种截骨方式的结合^[20]。VCD 在术程早期与“蛋壳”

技术类似,截除截骨椎体后方骨性结构(截骨椎体棘突、椎板、上下关节突等),经椎弓根 Y 形切除椎体内松质骨,以截骨椎体的后半部分作为铰链,椎体中部作为矫正“杠杆”,使后柱相对缩短,前柱适当张开,以矫正脊柱后凸畸形。该术式不仅能使截骨量降低,保留下来的部分松质骨能当“钛笼”,降低人工支撑物的使用,同时减少了去除椎体松质骨时引起的出血及手术时间^[21]。Wang 等^[22]运用 VCD 治疗 30 例 AS 导致的胸腰段重度后凸畸形患者,结果显示 VCD 组平均手术时间为 (278.8 ± 38.3) min,术中平均出血量为 $(1\ 150.0 \pm 551.8)$ ml,全脊柱后凸角、腰椎前凸角、胸腰椎后凸角及矢状垂直轴等指标均较术前明显改善,未发生严重手术并发症。3 例患者出现硬脊膜撕裂,经对症处理后均痊愈。与单节段 PSO 组比较,VCD 组能获得更大的矫正胸腰段后凸畸形的能力,保留了更多的松质骨,具有截骨椎体高度丢失少、手术效果好、安全性高等优点。张震乾等^[23]运用 VCD 及双节段 PSO 分别治疗 AS 引起的胸腰段后凸畸形患者各 30 例,结果显示,VCD 组手术时间更短,术中出血量更少,差异有统计学意义($P < 0.05$)。两组影像学指标(胸腰椎最大后凸角、胸椎后凸角、胸椎前凸角、骨盆入射角、骨盆倾斜角和骶骨倾斜角)比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。在矫正 AS 后凸畸形上经单节段 VCD 与双节段 PSO 的治疗效果相似。但 VCD 组手术时间更短,术中出血量更少。

1.5 VCR VCR 是指完整切除 1 个脊柱节段(椎体、椎体后方的棘突、椎板、关节突和横突)及 2 个相邻椎间盘结构。由于椎体整体被完全切除,需对切除位置进行“钛笼”支撑植骨,保证脊柱的高度及稳定性。VCR 可同时矫正矢状面和冠状面上的失衡,其矫正能力比 PSO 及 VCD 强,但因手术创伤大、操作风险及操作难度大,仅用于胸腰段重度后凸畸形的治疗^[24]。马涌等^[25]对 35 例 AS 并发重度车轮状后凸畸形的患者分别行 VCR、VCD 治疗,其中 VCR 组 17 例和 VCD 组 18 例,VCR 组术后影像学指标全脊柱最大后凸 Cobb's 角、颌眉角、C₇ 铅垂线与术前比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。但 VCR 组与 VCD 组之间 3 项影像学指标差异无统计学意义($P > 0.05$),VCD 组的患者满意度高于 VCR 组。谢江等^[24]通过 CT 数据建立 AS 后凸截骨矫形三维有限元模型,并且模拟手术建立 L₂ VCD 和 VCR 两种不同术式截骨模型,结果显示 VCD 及 VCR 均能矫正矢状面失衡,但 VCD 内固定和截骨面应力明显高于 VCR,容易导致内固定的失败。

2 新技术应用

2.1 3D 打印技术 该技术是使用分层制造和叠加原型模式,利用计算机获取 CT 扫描数据,将计算机化数据转换成基于分层材料的 3D 对象,建立三维空间立体图像,在计算机上不断模拟手术操作,在术前得到最优的手术方案。脊柱后凸畸形患者的以往治疗都是根据患者术前 CT 及 X 线检查结果进行参数测量,准确性不高,通过 3D 打印技术建立术前手术模型,能够准确掌握截骨范围、椎弓根螺钉放置的方向及深度,术者可评估手术过程和已知的利弊,并最终确定最可行的方法,还能够发现潜在的问题,并考虑补救方法和预防措施。Tu 等^[26]运用 3D 打印技术对 9 例 AS 胸腰段重度后凸畸形患者行 PSO,结果显示平均手术时间为 (5.68 ± 3.22) h,术中平均出血量为 $(1\ 028.77 \pm 548.03)$ ml,平均矫正角度为 65.9°,平均 VAS 评分从 5.1 分下降到 2.3 分,ODI 从 52.6% 下降到 16.9%。患者均未出现严重的并发症,5 例患者术中体感诱发电位监测出现轻微波动,1 例患者下肢肌力从 4 级降至 3 级,2 例下肢感觉减退,手术效果好。谢江等^[24]通过 CT 数据建立 AS 后凸截骨矫形三维有限元模型,模拟 PSO 及 VCR,得出 VCD 术后内固定和截骨面应力高于 VCR 的结论。

2.2 超声骨刀 该器械工作原理是利用机械碎裂效应及空化效应来切割钙化组织和骨组织,与传统骨刀、咬骨钳、高速磨钻比较,超声骨刀具有下列优点:(1)具有组织选择性,其仅能切割骨性组织,对软组织无切割作用,能有效防止术中血管、神经及硬脊膜的损伤;(2)无热力效应,切骨精确度高,在骨科手术中,特别是在脊柱手术中得到广泛的应用^[27]。潘显纬等^[28]对 37 例腰椎退变性后凸畸形患者采用超声骨刀行 PSO 或 SPO,结果显示 SPO 组单个腰椎关节突关节切除时间为 (4.5 ± 1.8) min,单个腰椎关节突关节切除术出血量为 (105.3 ± 49.3) ml;PSO 组术中出血量为 (535.8 ± 197) ml,无神经根、硬脊膜损伤,2 例脑脊液漏考虑为后凸畸形矫正过程中截骨面闭合损伤引起;术后 1 周 36 例患者症状均有不同程度改善,1 例患者出现左足下垂,但术中未发现神经根损伤,术后末次随访所有患者的腰背部及下肢疼痛均有不同程度改善。

2.3 O 型臂导航 该技术通过在术中短时间内获得三维图像,再输入至导航计算机中自动完成匹配、注册,实时跟踪手术器械及对应解剖结构,极大地提高了置钉的精确性。术中 O 型臂导航系统的应用,不仅提高了术中置钉的安全性,还大大降低了神经

和血管的并发症发生率,减少了术中患者和医护人员 X 线照射量,还减少了手术的创伤,扩大了手术适应证^[29]。俞仲翔等^[30]对 11 例 AS 合并下颈椎骨折患者采用 O 型臂导航辅助手术治疗,15 例患者行徒手置钉术,比较两组手术时间、术中出血量、并发症等围手术期情况。结果显示 O 型臂导航组术中出血量为 (72 ± 20.8) ml、手术时间为 (126.7 ± 16.5) min,均低于徒手置钉组的 (97.4 ± 16.3) ml、 (168.2 ± 10.8) min,差异有统计学意义($P < 0.05$)。O 型臂导航辅助手术提高了置钉的准确性,较传统徒手置钉手术方式可显著缩短手术时间、减少术中出血量,降低了手术创伤和风险。AS 胸腰段后凸畸形的矫正往往需要长节段的椎弓根螺钉的置入,AS 胸腰段后凸畸形患者脊柱存在解剖结构变异,常规的置钉方法存在着一定的偏差,可能损伤脊髓或神经根,严重的甚至可导致患者瘫痪,O 型臂导航辅助手术可为术者提供清晰的解剖结构层次,几乎使术者在直视下手术,提高放置椎弓根的精确度,减少术中血管、神经组织的损伤,降低手术并发症发生率。

2.4 手术机器人 机器人辅助手术能够提供实时术中导航和立体定位,提高准确性,同时减少辐射暴露、并发症发生率、手术时间和患者术后恢复时间。目前,机器人辅助主要应用于脊柱融合和器械操作,也逐渐应用于脊柱肿瘤切除和消融、椎体成形术以及畸形的矫正^[31]。Laratta 等^[32]对 23 例脊柱畸形患者行机器人引导辅助下脊柱畸形矫正术,探讨骶 2 椎体置钉的准确率,结果显示机器人引导骶 2 椎体螺钉置入的总体准确率为 95.7%,术中未有与骶 2 椎体螺钉置入相关的神经、血管或内脏损伤并发症发生,证实机器人辅助手术安全可靠。尽管目前笔者未查询到机器人辅助治疗 AS 胸腰段后凸畸形的相关文献报道,但相信将来机器人辅助手术矫正脊柱畸形的技术会不断发展。

3 结语

AS 是一种自身免疫性疾病,常导致脊柱畸形和关节强直,以青年男性患者居多。AS 晚期出现不能直视前方、行走困难,严重影响患者心理健康及生活质量,给社会及家庭造成严重负担。目前对于 AS 导致的脊柱畸形以外科截骨矫形为主要治疗手段。随着医疗水平的提高和手术设备的改进,手术不断朝着创伤小、疗效好的方向发展。脊柱外科医师应掌握各种截骨矫形术式并充分了解其优缺点,严格把握好适应证,同时根据具体病例的特点,选择最合适的术式进行个体化治疗。

参考文献

- [1] Diao WY, Qian BP, Qiu Y, et al. Does the preoperative lumbar sagittal profile affect the selection of osteotomy level in pedicle subtraction osteotomy for thoracolumbar kyphosis secondary to ankylosing spondylitis? [J]. Clin Neurol Neurosurg, 2018,172:39-45.
- [2] 甘锋平,江建中,谭海涛,等. 全髋关节置换术治疗强直性脊柱炎髋关节强直的临床疗效观察[J]. 中国临床新医学,2018,11(3):254-257.
- [3] Yin J, Sternes PR, Wang M, et al. Shotgun metagenomics reveals an enrichment of potentially cross-reactive bacterial epitopes in ankylosing spondylitis patients, as well as the effects of TNFi therapy upon microbiome composition[J]. Ann Rheum Dis, 2020,79(1):132-140.
- [4] 李维超. 强直性脊柱炎活动期 CT 与 MRI 影像学特征分析[J]. 中国临床新医学,2020,13(6):614-617.
- [5] Koller H, Koller J, Mayer M, et al. Osteotomies in ankylosingspondylitis: where, how many, and how much? [J]. Eur Spine J, 2018,27(Suppl 1):70-100.
- [6] Ling T, Zhou B, Zhu C, et al. One-stage posterior grade 4 osteotomy and bone graft fusion at pseudarthrosis for the treatment of kyphotic deformity with Andersson lesions in ankylosing spondylitis[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2017,159:19-24.
- [7] Liu H, Yang C, Zheng Z, et al. Comparison of Smith-Petersen osteotomy and pedicle subtraction osteotomy for the correction of thoracolumbar kyphotic deformity in ankylosing spondylitis: a systematic review and meta-analysis[J]. Spine(Phila Pa 1976), 2015,40(8):570-579.
- [8] Smith-Petersen MN, Larson CB, Aufranc OE. Osteotomy of the spine for correction of flexion deformity in rheumatoid arthritis[J]. Clin Orthop Relat Res, 1969,66:6-9.
- [9] 徐辰,夏磊,李宁,等. 不同截骨术式对强直性脊柱炎后凸畸形患者矢状位平衡重建的影响[J]. 河南医学研究,2017,26(5):794-796.
- [10] Scudese VA, Calabro JJ. Vertebral wedge osteotomy. Correction of rheumatoid(ankylosing) spondylitis[J]. JAMA, 1963,186:627-631.
- [11] Hua WB, Zhang YK, Gao Y, et al. Analysis of sagittal parameters in patients undergoing one-or two-level closing wedge osteotomy for correcting thoracolumbar kyphosis secondary to ankylosing spondylitis [J]. Spine(Phila Pa 1976), 2017,42(14):E848-E854.
- [12] 白超杰. 经椎弓根双椎体截骨术治疗重度强直性脊柱炎后凸畸形的疗效观察[J]. 上海医药,2018,39(21):44-46.
- [13] Zhao Y, Wang Y, Wang Z, et al. Effect and strategy of 1-stage interrupted 2-level transpedicular wedge osteotomy for correcting severe kyphotic deformities in ankylosing spondylitis[J]. Clin Spine Surg, 2017,30(4):E454-E459.
- [14] Zhao Y, Xu H, Zhang Y, et al. Comparison of two surgeries in treatment of severe kyphotic deformity caused by ankylosing spondylitis: transpedicular bivertebrae wedge osteotomy versus one-stage interrupted two-level transpedicular wedge osteotomy[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2015,139:252-257.
- [15] 王存平,韩思林,朱喆,等. 改良经椎弓根椎间盘截骨术治疗

- 胸腰椎后凸畸形[J]. 临床骨科杂志, 2015, 18(6): 649–651.
- [16] Wei HY, Dong CK, Zhu YT, et al. A modified posterior wedge osteotomy with interbody fusion for the treatment of thoracolumbar kyphosis with Andersson lesions in ankylosing spondylitis: a 5-year follow-up study [J]. Chin Med J (Engl), 2020, 133(2): 165–173.
- [17] 张永刚. 什么叫“蛋壳”技术[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2006, 16(3): 224.
- [18] 岳兵, 蒋国强, 盛伟斌, 等. 经椎弓根蛋壳技术治疗胸腰椎畸形[J]. 中国骨伤, 2014, 27(5): 363–366.
- [19] 杨阳, 刘斌, 戎利民, 等. 改良“蛋壳”技术治疗胸腰段侧后凸畸形[J]. 中国修复重建外科杂志, 2016, 30(1): 72–76.
- [20] Zhang X, Zhang Z, Wang J, et al. Vertebral column decancellation: a new spinal osteotomy technique for correcting rigid thoracolumbar kyphosis in patients with ankylosing spondylitis [J]. Bone Joint J, 2016, 98-B(5): 672–678.
- [21] Hu W, Yu J, Liu H, et al. Y shape osteotomy in ankylosing spondylitis, a prospective case series with minimum 2 year follow-up [J]. PLoS One, 2016, 11(12): e0167792.
- [22] Wang T, Zheng G, Wang Y, et al. Comparison of 2 surgeries in correction of severe kyphotic deformity caused by ankylosing spondylitis: vertebral column decancellation and pedicle subtraction osteotomy [J]. World Neurosurg, 2019, 127: e972–e978.
- [23] 张震乾, 孔志强, 张福兴, 等. 比较单节段脊柱去松质骨截骨与双节段经椎弓根截骨矫正强直性脊柱炎后凸畸形的疗效[J]. 中外医疗, 2020, 39(26): 64–66, 72.
- [24] 谢江, 张玉坤, 李栋, 等. 去松质骨截骨与全脊柱截骨治疗强直性脊柱炎后凸畸形的有限元分析[J]. 中国组织工程研究, 2018, 22(7): 1102–1107.
- [25] 马涌, 欧勇, 马原. VCR、VCD 治疗强直性脊柱炎并发重度车轮状后凸畸形的临床研究[J]. 湖南师范大学学报(医学版), 2016, 13(3): 11–13.
- [26] Tu Q, Ding HW, Chen H, et al. Three-dimensional-printed individualized guiding templates for surgical correction of severe kyphoscoliosis secondary to ankylosing spondylitis: outcomes of 9 cases [J]. World Neurosurg, 2019, 130: e961–e970.
- [27] 李浩, 孙琳, 陈亚军. 超声骨刀应用于脊柱外科手术的临床研究进展[J]. 医学综述, 2018, 24(7): 1349–1353, 1359.
- [28] 潘显纬, 张浩, 姜横, 等. 超声骨刀应用于退变性腰椎后凸畸形手术的有效性及安全性[J]. 现代仪器与医疗, 2017, 23(1): 28–30, 48.
- [29] 刘亚明, 童通, 申勇. O 型臂导航系统在脊柱外科手术中的应用进展[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2016, 26(7): 653–657.
- [30] 俞仲翔, 王树强, 史萌, 等. O 型臂导航在强直性脊柱炎合并下颈椎骨折治疗中的应用[J]. 局解手术学杂志, 2019, 28(10): 798–802.
- [31] D'Souza M, Gendreau J, Feng A, et al. Robotic-assisted spine surgery: history, efficacy, cost, and future trends [J]. Robot Surg, 2019, 6: 9–23.
- [32] Laratta JL, Shillingford JN, Lombardi JM, et al. Accuracy of S2 alar iliac screw placement under robotic guidance [J]. Spine Deform, 2018, 6(2): 130–136.
- [收稿日期 2021–11–27][本文编辑 韦颖]

本文引用格式

吴有财, 余城墙, 覃永婷, 等. 强直性脊柱炎胸腰段后凸畸形外科治疗的研究进展[J]. 中国临床新医学, 2022, 15(3): 273–277.