

可调式手术体位架在强直性脊柱炎重度后凸畸形后路截骨矫形术中的应用



张伟, 于海洋, 王宏亮, 翟云雷, 董磊, 郑国辉, 徐文强, 张旭

安徽医科大学阜阳临床学院 阜阳市人民医院骨科(安徽阜阳 236000)

【摘要】 目的 介绍一种自主设计的可调式手术体位架, 探讨其应用于强直性脊柱炎重度后凸畸形后路截骨矫形术中的可行性及有效性。**方法** 2016 年 3 月—2018 年 5 月, 在 7 例强直性脊柱炎重度后凸畸形患者后路截骨矫形术中, 使用自主设计的可调式手术体位架以获得俯卧位手术体位。其中男 5 例, 女 2 例; 年龄 40~55 岁, 平均 49.4 岁。强直性脊柱炎病程 10~21 年, 平均 16.7 年。顶椎位于 T₁₁ 2 例, T₁₂ 1 例, L₁ 1 例, L₂ 3 例; 依据 301 分型标准: I 型 2 例, II B 型 4 例, III A 型 1 例。1 例合并双侧髋关节非功能位强直, 7 例均无脊髓神经受损症状。手术前后测量患者颌眉角(chin-brow vertical angle, CBVA)、脊柱整体后凸角(global kyphosis, GK)、胸腰段后凸角(thoracolumbar kyphosis, TLK)、腰椎前凸角(lumbar lordosis, LL)、矢状位垂直轴(sagittal vertical axis, SVA), 记录手术时间、术中出血量以及并发症发生情况。**结果** 7 例患者手术均顺利完成; 手术时间 310~545 min, 平均 409.7 min; 术中出血量 1 500~2 500 mL, 平均 1 642.9 mL。其中 2 例单椎体截骨发生矢状面移位, 1 例术后出现单侧肢体 L₄ 根性症状, 3 例术后腹部皮肤张力大。术后患者均获随访, 随访时间 20~35 个月, 平均 27.9 个月。术后 1 周及末次随访时 CBVA、GK、TLK、LL、SVA 与术前比较, 差异均有统计学意义(P<0.05); 术后 1 周及末次随访时比较, 差异均无统计学意义(P>0.05)。随访期间未见内固定物松动、断裂等并发症, 所有截骨及植骨均获骨性融合。**结论** 强直性脊柱炎重度后凸畸形后路截骨矫形术中, 采用自主设计的可调式手术体位架便于患者俯卧体位的安放, 在其辅助下进行截骨矫形安全、可行, 疗效满意。

【关键词】 可调式手术体位架; 强直性脊柱炎; 后凸畸形; 后路截骨矫形术

Application of self-designed adjustable operation frame in treatment of severe kyphosis secondary to ankylosing spondylitis with posterior osteotomy

ZHANG Wei, YU Haiyang, WANG Hongliang, ZHAI Yunlei, DONG Lei, ZHENG Guohui, XU Wenqiang, ZHANG Xu

Department of Orthopaedic Surgery, Fuyang People's Hospital, Fuyang Clinical College of Anhui Medical University, Fuyang Anhui, 236000, P.R.China

Corresponding author: YU Haiyang, Email: fy.yhy@163.com

【Abstract】 Objective To introduce a self-designed adjustable operation frame and explore the feasibility and safety in the treatment of severe kyphosis secondary to ankylosing spondylitis with posterior osteotomy. **Methods** Between March 2016 and May 2018, 7 cases of severe kyphosis secondary to ankylosing spondylitis were treated with posterior osteotomy using self-designed adjustable operation frame with prone position. There were 5 males and 2 females with an average age of 49.4 years (range, 40-55 years). The disease duration was 10-21 years (mean, 16.7 years). The apical vertebrae of kyphosis were located at T₁₁ in 2 cases, T₁₂ in 1 case, L₁ in 1 case, and L₂ in 3 cases. Among the 7 cases, 2 were classified as type I, 4 as type II B, and 1 as type III A according to 301 classification system. There was no neurological deficit of all cases; but 1 case suffered bilateral hip joints ankylosed in non-functional position. The parameters of chin-brow vertical angle (CBVA), global kyphosis (GK), thoracolumbar kyphosis (TLK), lumbar lordosis (LL), sagittal vertical axis (SVA) were measured; and the operation time, the intraoperative blood loss, and the complications were also collected and analyzed. **Results** All operations completed successfully. The operation time was 310-545 minutes (mean, 409.7 minutes) and the intraoperative blood loss was 1 500-2 500 mL (mean, 1 642.9 mL). There were 2 cases treated with

DOI: 10.7507/1002-1892.202003115

基金项目: 安徽省科技厅重点研究与开发项目(1704a0802159)

通信作者: 于海洋, Email: fy.yhy@163.com

one-level osteotomy of sagittal translation, 1 case of radiculopathy symptom of L₅, and 3 cases of tension of abdominal skin. All patients were followed up 20-35 months (mean, 27.9 months). There were significant differences in CBVA, GK, TLK, LL, and SVA between pre- and post-operation ($P < 0.05$); but no significant difference between 1 week after operation and last follow-up ($P > 0.05$). All the osteotomies and bone grafts fused well and no complications of loosening and breakage of internal fixator occurred during the follow-up. **Conclusion** In the posterior osteotomy for correction of severe kyphosis secondary to ankylosing spondylitis, the self-designed adjustable operation frame is convenient for the patient to be placed in prone position. It is safe, feasible, and effective to perform osteotomy correction with the aid of the self-designed adjustable operation frame.

【Key words】 Self-designed adjustable operation frame; ankylosing spondylitis; kyphosis; posterior osteotomy

Foundation item: Foundation for Key Research and Development Project of Science and Technology Commission of Anhui Province (1704a0802159)

强直性脊柱炎是临床常见免疫性疾病,主要表现为中轴骨渐进性受累,椎体前柱压缩、后柱拉伸,晚期脊柱不同程度后凸^[1],甚至出现下颌接触胸部、胸骨紧贴耻骨、额面触及腿部的重度畸形体态,手术矫形是重建躯体平衡的唯一选择^[2-4]。脊柱矫形手术常在俯卧位下进行,轻、中度脊柱后凸畸形患者采用弓形架与 Jackson 手术床并配合多种衬垫,方可完成矫形手术所需体位摆放,而重度或极重度患者难以完成手术体位摆放。术中体位不当可能导致压疮、医源性骨折、脊髓剪切损伤等严重并发症^[5-8]。由于目前尚无针对重度脊柱后凸畸形设计的专用手术体位架,部分患者因体位无法摆放而丧失手术机会,如何安全、个体化摆放手术体位成为首要难题^[4-5,7-9]。此外,截骨后需要精准调整手术床、衬垫以及外力辅助等一系列措施配合下闭合截骨面完成畸形矫正,但此类患者脊柱僵硬,临床普通手术床和支架仅能进行小幅度区域性整体调节。2015年,我们针对强直性脊柱炎重度后凸畸形患者矫形手术需求,自主设计了可调式手术体位架,可个体化、多模块调节匹配各种后凸体态,并于2016年3月-2018年5月用于7例强直性脊柱炎重度后凸畸形患者后路截骨矫形术中,获得满意效果。报告如下。

1 可调式手术体位架设计

可调式手术体位架主要包括底座、支撑杆、平板模块。其中,底座由矩形钢管构成,两长边对称性留取7组垂直和水平方向交叉的圆孔,垂直方向圆孔通道用于安装直径匹配的可滑动圆柱形支撑杆,水平方向圆孔通道用于安装螺栓并拧紧咬合在支撑杆凹槽内,从而牢固固定支撑杆。支撑杆外侧缘纵向每间隔1cm留取椭圆形凹槽,通过调整底座水平方向螺栓完成两侧支撑杆在垂直方向的升

降,支撑杆高度升降调节范围为10~50cm。底座两侧的支撑杆与顶端平板模块连接为一个整体同步升降。见图1。

术中患者取俯卧位,术者通过调整各平板模块高度使手术体位架弧度贴合患者脊柱后凸程度及胸腹部折叠体态。具体步骤:拧松螺栓逐级滑动,升降两侧对称支撑杆至合适高度、拧紧螺栓并锁定于凹槽处,使手术体位架与患者畸形体态基本匹配。初步调整后铺软垫,患者头颈部置方形棉垫支撑,方形棉垫高度与近端首个平板模块一致。待患者俯卧于体位架上后再次针对性校正,使各接触面受力基本均等,最终完成贴合性匹配。

2 临床应用

2.1 一般资料

本组男5例,女2例;年龄40~55岁,平均49.4岁。强直性脊柱炎病程10~21年,平均16.7年。入院检查:患者直立、平视、端坐、平卧不能,背部僵硬疼痛,胸腹部不同程度折叠,均诊断为强直性脊柱炎伴重度后凸畸形。顶椎位于T₁₁2例,

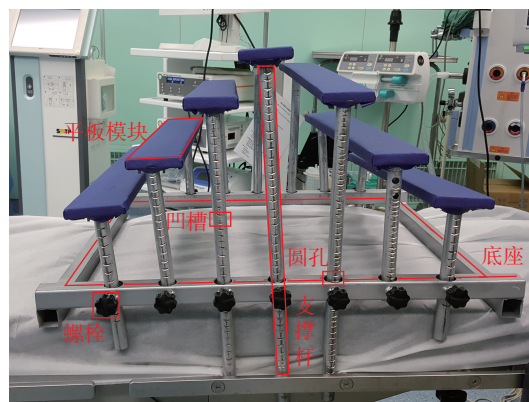


图1 可调式手术体位架示意图

Fig.1 Illustration of the self-designed adjustable operation frame

T₁₂ 1 例, L₁ 1 例, L₂ 3 例; 依据 301 分型标准: I 型 2 例, II B 型 4 例, III A 型 1 例。1 例合并双侧髋关节非功能位强直, 7 例均无脊髓神经受损症状。

患者入院后均行脊柱全长 X 线片及三维 CT 检查, 测量颌眉角 (chin-brow vertical angle, CBVA)、脊柱整体后凸角 (global kyphosis, GK)、胸腰段后凸角 (thoracolumbar kyphosis, TLK)、腰椎前凸角 (lumbar lordosis, LL)、矢状位垂直轴 (sagittal vertical axis, SVA), 见表 1。

2.2 手术方法

本组 6 例行单纯后路椎体截骨矫形术; 1 例伴双侧髋关节非功能位强直者一期行双侧股骨颈截断克氏针固定适度打开躯体, 二期行后路椎体截骨矫形术, 三期行人工全髋关节置换术。本组 2 例行单椎体截骨, 5 例行跳跃式双椎体截骨, 共截骨 12 处。

参考患者脊柱后凸畸形程度调整手术体位架后, 患者俯卧于手术体位架上, 常规安装肌电监护仪, 经鼻或经口气管插管全麻。C 臂 X 线机透视确认后, 以截骨椎为中心取后正中切口显露手术节段; 截骨椎远、近端分别徒手植入 3~4 组椎弓根螺钉, 咬除截骨椎双侧横突, 沿其根部钝性剥离骨膜至椎体侧前方; 以截骨椎为中心沿棘突测量截骨长度并标记两端, 超声骨刀截除后方棘突、椎板、关节突以及截骨椎双侧椎弓根, 沿椎板截骨端以枪状钳潜行咬除骨化黄韧带、咬薄椎板腹侧面至平滑, 使头尾两端及侧方形成穹隆状减压, 交替单侧临时棒固定后经对侧椎弓根截骨或去松质骨蛋壳化处理^[3-4], L 形凿打压残余椎体后壁使其塌陷至体部, 骨刀凿断侧壁拟行截骨端闭合。5 例双椎体截骨者同法完成另一椎体截骨操作。

探查确认截骨水平硬膜囊与神经根彻底松解后, 拧松临时棒螺栓, 术者严密监视截骨端, 保持体位架近端首个支撑平板模块基本固定不变, 并以其为参考下调其他平板模块。嘱台下助手由中央向两侧对称、逐级调节各支撑杆, 同步靶向下调各支撑平板模块, 利用滑棒技术使截骨端轴向靠拢并趋于闭合, 至各支撑平板模块基本等高、术野截骨端基本闭合、肩背与臀部基本同平面后, 安装精确预弯的钛棒, 使折弯点与截骨闭合间隙位于同一水平, 结合压棒技术闭合截骨端残余间隙, 使截骨椎形成单纯闭合式或闭合开口式截骨, 同法闭合另一截骨处, 交替更换永久钛棒。C 臂 X 线机透视并确认截骨角度与设计角度基本吻合, 脊柱序列改善满意后, 置横向连接杆, 彻底冲洗止血, 将截除骨质

制作成骨条或骨粒植于后方。置 2 根负压引流管后, 逐层关闭切口。

2.3 术后处理

术后常规加强静脉营养支持, 预防感染 2~3 d, 24 h 引流量 < 50 mL 后拔除引流管; 腹部张力性疼痛症状明显者常规禁食水 1~2 d, 待腹部 CT 检查排除腹腔脏器损伤后, 逐渐恢复流质进食。除双侧髋关节非功能位强直患者待三期人工全髋关节置换术后下地活动外, 其余 6 例患者拔除引流管后可佩戴支具下地活动, 视随访情况支具佩戴 3 个月及以上。

2.4 统计学方法

采用 SPSS20.0 统计软件进行分析。数据以均值±标准差表示, 手术前后比较采用重复测量方差分析, 两两比较采用 LSD 检验; 检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2.5 结果

本组手术均顺利完成; 手术时间 310~545 min, 平均 409.7 min; 术中出血量 1 500~2 500 mL, 平均 1 642.9 mL。术中每个椎体截骨 30°~50°, 平均 40.9°。其中, 2 例单椎体截骨 45°、50° 时发生矢状面移位, 分别移位 6、9 mm; 1 例因术中显露、截骨时持续牵拉 L₃ 神经根, 术后出现单侧肢体 L₃ 根性症状, 经脱水、营养神经等保守治疗 3 周后症状完全缓解。3 例术后腹部皮肤张力大, 经早期禁食、营养支持处理 1~2 周后完全缓解。本组均无医源性骨折、感染、皮肤压疮发生。

术后患者均获随访, 随访时间 20~35 个月, 平均 27.9 个月。术后 1 周及末次随访时 CBVA、GK、TLK、LL、SVA 与术前比较, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$); 术后 1 周及末次随访时比较, 差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。随访期间未见内固定物松动、断裂等并发症, 术后 6 个月复查时所有截骨及植骨均获骨性融合。见表 1 及图 2。

3 讨论

3.1 强直性脊柱炎重度后凸畸形手术体位摆放的困境

强直性脊柱炎重度甚至完全折叠状态的极重度后凸畸形患者矫形术中, 需要配合多个不同大小和造型的衬垫以支撑患者胸腹部折叠体态, 手术体位摆放及手术操作难度均较大^[3-4, 10-11]。虽有学者报道在侧卧位下对强直性脊柱炎重度后凸畸形患者行矫形手术^[12], 但术者需长时间上举双臂进行精细操作, 对其体力是极大考验。脊柱截骨方法众多, 其中经椎弓根截骨与去松质骨化截骨矫形能力强、

表 1 患者手术前后影像学测量指标比较 (n=7, $\bar{x}\pm s$)

Tab.1 Comparison of radiological parameters between pre- and post-operation (n=7, $\bar{x}\pm s$)

时间 Time	GK (°)	TLK (°)	LL (°)	SVA (mm)	CBVA (°)
术前 Preoperative	89.14±16.24*#	42.14±11.77*#	27.29±24.20*#	284.86±76.33*#	53.71±33.54*#
术后 1 周 One week after operation	24.86±6.09	12.43±8.30	-34.43±19.72	102.00±21.42	9.71±1.60
末次随访 Last follow-up	25.29±6.40	12.71±8.60	-34.00±7.52	102.86±20.10	10.14±1.35
统计值 Statistic	F=416.055 P=0.000	F=24.096 P=0.003	F=88.224 P=0.000	F=24.732 P=0.003	F=14.293 P=0.009

*与术后 1 周比较 P<0.05, #与末次随访比较 P<0.05

*Compared with the value at 1 week after operation, P<0.05; # compared with the value at last follow-up, P<0.05

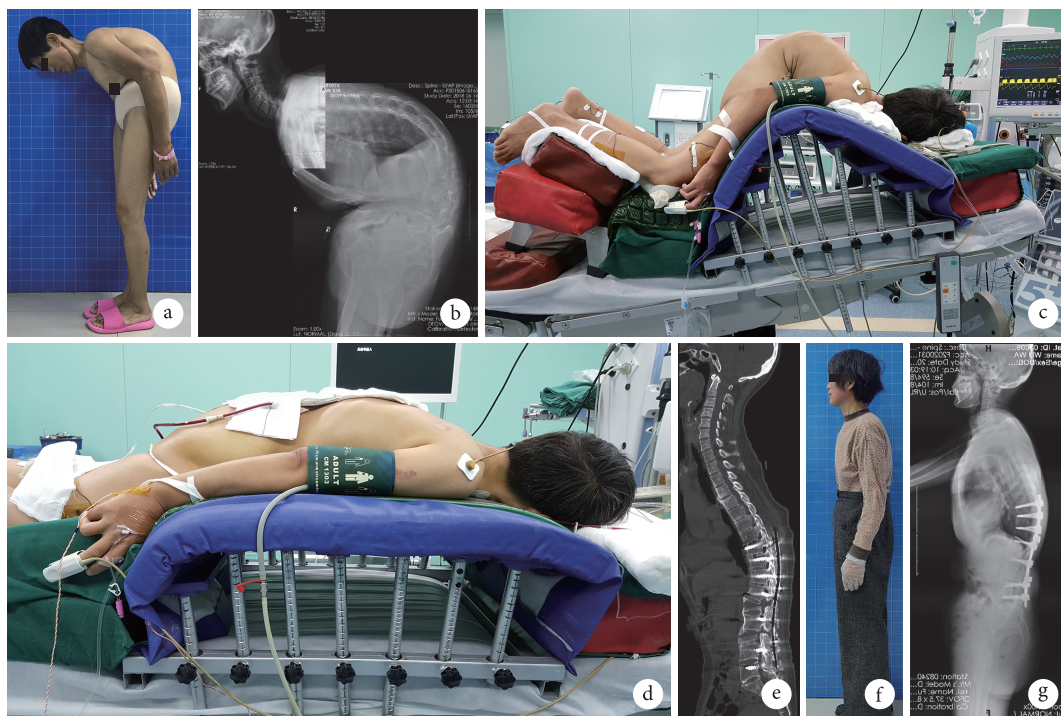


图 2 患者, 女, 53 岁, 强直性脊柱炎重度后凸畸形 a、b. 术前患者大体观及侧位 X 线片; c. 术前患者体位; d. 矫形术后患者体位; e. 术后 1 周矢状位 CT; f、g. 术后 20 个月患者大体观及侧位 X 线片

Fig.2 A 53-year-old female patient with severe kyphosis secondary to ankylosing spondylitis a, b. Preoperative general image and lateral X-ray film; c. Preoperative prone position; d. Postoperative prone position; e. Sagittal CT at 1 week after operation; f, g. General image and lateral X-ray film at 20 months after operation

临床应用广泛^[3]。但截骨始终在脊髓神经周围操作, 精细操作耗时较长, 非俯卧位下的手术操作将迅速消耗术者的体力; 闭合截骨面时需持续提供强大且稳定的外力, 需要多名助手抬肩及骨盆、移除相应衬垫, 耗费大量时间的同时, 由于反复在无菌区周围操作, 会增加术野污染风险; 矫形前后患者体位发生巨大变化, 术者及助手配合稍有不慎将导致截骨椎脱位、脊髓神经剪切等灾难性并发症的发生^[1, 4, 10, 13-16]。鉴于以上因素, 设计一种适合多种畸形体态、便于术者截骨操作的可调式手术体位架, 对于脊柱矫形具有重要意义^[4, 7, 13, 17]。

3.2 自主设计可调式手术体位架的优势

我院自主设计的可调式手术体位架底座为水平矩形, 可安放于普通手术床; 支撑杆与平板模块相连, 由两侧对应的支撑杆同步滑动调整平板模块高度, 以形成不同角度匹配患者各种畸形体态。手术体位架上无需使用多个衬垫, 进而避免了与畸形体态不匹配和挪移困难的问题, 仅需覆盖一块塑形能力强的厚质软垫, 形成柔和支撑曲面, 在满足个体化调节的同时, 将传统手术床中的多点支撑改为软性、柔和曲面支撑, 增加接触面积、减少局部受力, 可有效预防压疮等长时间俯卧体位导致的相关并发症。

强直性脊柱炎患者部分合并颈椎强直, 摆放体位时避免医源性骨折至关重要。本组在使用手术体位架时, 在患者头颈部置方形棉垫支撑, 其高度与近端首个支撑平板模块一致, 通过固定近端用于支撑肩部的首个模块位置不动, 保证了头颈部与躯干及肩部位置相对不变, 以此避免颈肩部出现台阶而猛然受力, 最终达到有效避免颈椎骨折及脊髓损伤的目的。本组患者通过升降各支撑杆均完成俯卧体位的匹配, 搬运及取俯卧体位时均未发生医源性骨折, 术后未发现腹侧各骨性凸起明显红肿、压疮。截骨闭合时仅需同步调整两侧对应的支撑杆, 基本避免了传统手术中需要人工移除腹部衬垫及抬肩辅助矫形的繁琐操作, 从根本上避免了由此带来的术区污染、明显降低了由于配合不慎导致截骨椎发生矢状面移位、脊髓剪切的风险^[4, 13, 16, 18]。

本组 7 例共截骨 12 处, 截骨后通过靶向调节各支撑杆使截骨端趋于自发性闭合, 在体位变动时仍可持续提供牢固支撑, 单椎体截骨者其截骨角度 < 45° 时均未发生截骨椎矢状面移位, 2 例截骨 45°、50° 时发生矢状面移位。但有研究发现截骨椎矢状面移位是截骨获得更大矫正角度的有利机制, 其发生与腰椎后凸严重程度成正相关^[18-19]。本组患者截骨椎矢状面移位及神经并发症发生率低, 分析原因一方面是截骨闭合时靶向、柔和、下调支撑平板, 避免了猛然出现台阶作用; 另一方面是在截骨椎板头尾两端常规作潜行穹隆减压, 使截骨处椎管容积增大, 进而提高神经组织对适度短缩皱褶的硬膜和截骨椎矢状面移位的容受性。虽有 1 例因术中 L₃ 神经根长时间牵拉而出现短期下肢根性症状, 但与截骨及闭合操作无直接相关性。

3.3 自主设计可调式手术体位架的改进

经临床实践我们发现该可调式手术体位架需要进一步改进。首先, 支撑杆逐个、逐级调节耗时相对较长, 在有限的操作空间不便于同时调整相邻的多个支撑杆, 未来可通过支撑杆升降自动化解决这一问题。其次, 普通手术床上安放手术体位架以及患者摆放体位后, 其整体垂直高度大于 C 臂 X 线机球管和接收器间的距离, 脊柱内固定后不能直接进行正位透视, 部分极重度后凸畸形患者甚至不能完整侧位透视, 而强直性脊柱炎患者小关节周围骨化、椎弓根进针点难以辨识, 因此对术者植钉准确性要求较高^[20]。最后, 对于躯干完全折叠呈“折刀”状态的极重度后凸畸形患者, 矫形后其身高增加明显, 仍需部分外力引导患者躯干在体位架上滑动。

综上所述, 自主设计可调式手术体位架为强直性脊柱炎重度后凸畸形患者的体位摆放提供便利, 其辅助后凸截骨矫形安全、可行, 操作简便, 临床效果满意。但由于本组病例较少, 没有设立对照组, 研究得出的结论尚需扩大样本量进一步验证。

作者贡献: 张伟参与研究设计及实施、数据收集整理及统计分析、文章撰写; 王宏亮、翟云雷、董磊参与研究设计及实施、数据收集整理及统计分析; 郑国辉、徐文强、张旭参与数据收集整理及统计分析; 于海洋负责研究设计及实施, 并对文章的知识性内容作批评性审阅。

利益冲突: 所有作者声明, 在课题研究和文章撰写过程中不存在利益冲突。课题经费支持没有影响文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

机构伦理问题: 研究方案经阜阳市人民医院医学伦理委员会批准 ([2017]1 号) 。

参考文献

- 1 丁柯元, 朱金文, 陈浩, 等. 经后路椎弓根侧方入路病灶清除联合椎间植骨内固定术治疗强直性脊柱炎合并胸腰段 Andersson 病损. 中国修复重建外科杂志, 2019, 33(12): 1474-1479.
- 2 Zhong W, Chen Z, Zeng Y, *et al.* Two-level osteotomy for the corrective surgery of severe kyphosis from ankylosing spondylitis: A retrospective series. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2019, 44(23): 1638-1646.
- 3 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. *World Neurosurg*, 2019, 127: e972-e978.
- 4 Xin Z, Zheng G, Huang P, *et al.* Clinical results and surgery tactics of spinal osteotomy for ankylosing spondylitis kyphosis: experience of 428 patients. *J Orthop Surg Res*, 2019, 14(1): 330.
- 5 Graham RB, Cotton M, Koht A, *et al.* Loss of intraoperative neurological monitoring signals during flexed prone positioning on a hinged open frame during surgery for kyphoscoliosis correction: case report. *J Neurosurg Spine*, 2018, 29(3): 339-343.
- 6 丁江平, 翁习生, 唐国柱, 等. 重度僵硬性脊柱畸形后路三柱截骨矫形 67 例疗效及并发症分析. 中国骨与关节杂志, 2020, 9(4): 246-254.
- 7 Jin SJ, Park YS, Kim SH, *et al.* Effect of prone positional apparatus on the occurrence of acute kidney injury after spine surgery. *World Neurosurg*, 2019, 128: e597-e602.
- 8 Messina A, Montagnini C, Cammarota G, *et al.* Complications associated with prone positioning in elective spinal surgery. *Anesth Analg*, 2020, 130(3): 752-761.
- 9 Shlobin NA, Dahdaleh NS. Surgical stabilization of a cervical fracture in a patient with ankylosing spondylitis in the sitting position. *Cureus*, 2020, 12(1): e6625.
- 10 徐辉, 张永刚, 毛克亚, 等. 经椎弓根截骨术治疗强直性脊柱炎后凸畸形. 中国修复重建外科杂志, 2013, 27(4): 389-392.
- 11 Rui L, Xu G, Lv X, *et al.* A comprehensive protocol to prevent brachial plexus injury during ankylosing spondylitis surgery. *J Perianesth Nurs*, 2018, 33(6): 908-914.

- 12 李强, 陈涛, 周莹, 等. 强直性脊柱炎极重度后凸畸形折叠人麻醉管理一例. 临床麻醉学杂志, 2019, 35(3): 310-311.
- 13 Qian BP, Huang JC, Qiu Y, *et al.* Complications of spinal osteotomy for thoracolumbar kyphosis secondary to ankylosing spondylitis in 342 patients: incidence and risk factors. *J Neurosurg Spine*, 2018, 30(1): 91-98.
- 14 Wang Y, Xue C, Song K, *et al.* Comparison of loss of correction between PSO and VCD technique in treating thoracolumbar kyphosis secondary to ankylosing spondylitis, a minimum 2 years follow-up. *J Orthop Surg Res*, 2019, 14(1): 137.
- 15 李长明, 赵士杰, 许建柱, 等. 经椎弓根楔形截骨联合长节段椎弓根螺钉固定治疗强直性脊柱炎后凸畸形合并胸腰段骨折的短期疗效. 中华创伤杂志, 2019, 35(6): 501-507.
- 16 Qian BP, Mao SH, Jiang J, *et al.* Mechanisms, predisposing factors, and prognosis of intraoperative vertebral subluxation during pedicle subtraction osteotomy in surgical correction of thoracolumbar kyphosis secondary to ankylosing spondylitis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2017, 42(16): E983-E990.
- 17 Kolb B, Large J, Watson S, *et al.* An innovative prone positioning system for advanced deformity and frailty in complex spine surgery. *J Neurosurg Spine*, 2019, 32(2): 229-234.
- 18 Park JS, Kim J, Joo IH, *et al.* Analysis of risk factors for sagittal translation after pedicle subtraction osteotomy in ankylosing spondylitis patients. *Spine J*, 2018, 18(8): 1356-1362.
- 19 Chang KW, Chen HC, Chen YY, *et al.* Sagittal translation in opening wedge osteotomy for the correction of thoracolumbar kyphotic deformity in ankylosing spondylitis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2006, 31(10): 1137-1142.
- 20 Qian BP, Zhang YP, Qiao M, *et al.* Accuracy of freehand pedicle screw placement in surgical correction of thoracolumbar kyphosis secondary to ankylosing spondylitis: a computed tomography investigation of 2314 consecutive screws. *World Neurosurg*, 2018, (116): E850-E855.

收稿日期: 2020-03-17 修回日期: 2020-07-12

本文编辑: 刘丹