

临床论著

陈旧性胸腰椎骨折伴后凸畸形的截骨矫形术式选择

王 琨, 杨 操, 杨述华, 郜 勇, 吴星火, 张宇坤, 李 帅, 刘 伟, 宋 雨

(华中科技大学同济医学院附属协和医院骨科 430022 武汉市)

【摘要】目的:观测经椎弓根截骨(PSO)与 Smith-Petersen 截骨(SPO)两种术式治疗胸腰椎陈旧骨折伴后凸畸形的矫形效果和临床疗效,探讨截骨矫形术式选择。**方法:**2006 年 3 月~2014 年 12 月,对 47 例创伤性后凸畸形患者进行了截骨矫形手术。其中男 30 例,女 17,年龄 22~69 岁,平均 42.5 ± 15.5 岁。均为陈旧性胸腰椎骨折导致的创伤性后凸畸形。47 例患者主诉均为腰背部疼痛。针对不同病理特征和畸形程度,32 例行 PSO 矫形,15 例行 SPO 矫形。PSO 手术在病椎行经椎弓根楔形截骨矫形,SPO 手术在病椎上下及相邻间隙做 2~3 节段 SPO 截骨矫形。通过术前、术后和末次随访全脊柱正侧位 X 线片,测量后凸畸形 Cobb 角及矢状面平衡(SVA),分析两种方法矫形效果,采用疼痛视觉模拟评分(VAS)评估疼痛情况,应用 Oswestry 功能障碍指数(ODI)分析两种方法临床疗效。**结果:**47 例中有 42 例获得随访,其中 PSO 手术 29 例,SPO 手术 13 例。随访时间 8~48 个月,平均 29.4 ± 7.8 个月。42 例均获得骨性融合。后凸畸形 Cobb 角 PSO 组术前为 $41.8^\circ \pm 10.5^\circ$,术后为 $2.6^\circ \pm 1.2^\circ$,末次随访时为 $3.2^\circ \pm 1.3^\circ$,矫正率 92.3%;SPO 组术前为 $40.2^\circ \pm 9.6^\circ$,术后为 $4.9^\circ \pm 2.3^\circ$,末次随访时为 $5.3^\circ \pm 3.5^\circ$,矫正率 86.8%。两组术后、末次随访时 Cobb 角与术前相比均有显著性差异($P < 0.05$)。PSO 组 SVA 术前为 5.0 ± 4.1 cm,术后为 -0.6 ± 2.2 cm,末次随访时为 1.2 ± 1.5 cm;SPO 组 SVA 术前为 3.5 ± 2.2 cm,术后为 0.8 ± 0.6 cm,末次随访时为 1.3 ± 1.1 cm。两组术后、末次随访时 SVA 与术前相比均有显著性差异($P < 0.05$)。PSO 组 VAS 术前为 6.46 ± 1.72 ,末次随访时为 0.91 ± 0.59 ,ODI 术前为 $(69.4 \pm 12.1)\%$,末次随访时为 $(23.7 \pm 11.5)\%$;SPO 组 VAS 术前为 6.51 ± 1.87 ,末次随访时为 2.08 ± 0.75 ,ODI 术前为 $(68.1 \pm 16.3)\%$,末次随访时为 $(33.1 \pm 12.5)\%$,两组随访 VAS 和 ODI 与术前相比有显著性差异($P < 0.05$)。**结论:**针对不同病理特征和畸形程度的胸腰椎陈旧骨折伴后凸畸形患者,选用 PSO 或 SPO 矫治均可取得良好矫形效果及临床疗效。

【关键词】经椎弓根截骨;Smith-Petersen 截骨;胸腰椎脊柱;创伤性后凸畸形

doi:10.3969/j.issn.1004-406X.2016.01.05

中图分类号:R682.3 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2016)-01-0024-06

Selection of osteotomy in patients with thoracolumbar posttraumatic kyphosis secondary to old fracture/WANG Kun, YANG Cao, YANG Shuhua, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2016, 26(1): 24-29

【Abstract】 Objectives: To investigate clinical outcome of pedicle subtraction osteotomy (PSO) and Smith-Petersen osteotomy(SPO) for thoracolumbar posttraumatic kyphosis. **Methods:** From March 2006 to December 2012, a total of 47 cases with posttraumatic kyphosis undergoing surgery were retrospectively analyzed, including 32 cases of PSO and 15 of SPO according to various pathological features and deformity. All patients with old kyphosis of thoracolumbar presented with back pain. PSO in one level and SPO in two or three levels were performed. Radiologic assessment included pre-, post-operative and follow-up Cobb angle and SVA in X-ray films. The visual analogue scale(VAS) and Oswestry disability index(ODI) were evaluated before surgery and at follow-up. **Results:** Forty two of the forty seven patients were followed up by 8 months to 48 months (average, 29.4 ± 7.8 months), including 29 cases of PSO and 13 cases of SPO. Cobb angle in PSO group decreased from $41.8^\circ \pm 10.5^\circ$ preoperatively to $2.6^\circ \pm 1.2^\circ$ postoperatively and increased to $3.2^\circ \pm 1.3^\circ$ at final follow-up. The correction rate was 92.3%. Cobb angle in PSO group decreased from $40.2^\circ \pm 9.6^\circ$ preoperatively to $4.9^\circ \pm 2.3^\circ$ postoperatively and increased to $5.3^\circ \pm 3.5^\circ$ at final follow-up. The correction rate

第一作者简介:男(1987-),博士研究生,研究方向:脊柱外科

电话:(027)85351626 E-mail:alfredqueen@126.com

通讯作者:杨操 E-mail:yangcaom@gmail.com

was 86.8%. Significant differences were observed ($P < 0.05$) in Cobb angle at postoperation and at final follow-up comparing to that of preoperation in both groups. SVA in PSO group decreased from 5.0 ± 4.1 cm preoperatively to -0.6 ± 2.2 cm postoperatively and increased to 1.2 ± 1.5 cm at final follow-up. SVA in SPO group decreased from 3.5 ± 2.2 cm preoperatively to 0.8 ± 0.6 cm postoperatively and increased to 1.3 ± 1.1 cm at final follow-up. Significant differences were observed ($P < 0.05$) in SVA at postoperation and at final follow-up comparing to that of preoperation in both groups. The VAS and ODI improved significantly in both groups at follow-up ($P < 0.05$). 42 cases got bony fusion. **Conclusions:** The PSO and SPO can obtain substantially correction and clinical result for thoracolumbar posttraumatic kyphosis according to various pathological features and deformity.

【Key words】 Pedicle subtraction osteotomy; Smith-Petersen osteotomy; Thoracolumbar vertebra; Posttraumatic kyphosis

【Author's address】 Department of orthopaedic Surgery, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, 430022, China

陈旧创伤继发的后凸畸形是最常见的胸腰段后凸畸形,是脊柱损伤常见的并发症,可伴随假关节形成导致脊柱失稳,继发剧烈的疼痛,引发或加重神经症状^[1]。早期矫形手术以前路为主,随着内固定技术和截骨矫形术的发展,后路手术变得流行。Smith-Petersen 截骨(Smith-Petersen osteotomy, SPO)和经椎弓根椎体截骨(pedicle subtraction osteotomy, PSO)是应用最广泛的两种手术方法^[2]。如何把握两种术式的手术指征,尤其对于矫治胸腰椎陈旧骨折伴后凸畸形,如何选择这两种术式成为亟待解决的问题,国内也鲜有报道,因此我们回顾性分析2006年3月~2014年12月收治的胸腰椎陈旧骨折伴后凸畸形患者,分析两种术式的临床疗效,为临床诊治提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

47例胸腰椎陈旧骨折伴后凸畸形患者中男30例,女17例,年龄22~69岁,平均 42.5 ± 15.5 岁。骨折时至本次手术治疗时间为6~74个月,既往曾行保守治疗患者22例,单纯椎板减压手术或附加各种内固定手术患者25例。本次就诊时主诉均为腰背部疼痛,7例患者合并不同程度的下肢麻木,下肢乏力症状,按照脊髓损伤 ASIA 分级,5例 D 级,2例 E 级。后凸畸形 Cobb 角平均 $41.2^\circ \pm 10.2^\circ$ ($30^\circ \sim 55^\circ$)。手术指征包括:经3个月保守治疗无效的顽固性疼痛,伴有局部椎管狭窄,局部后凸 Cobb 角 $\geq 30^\circ$,畸形进行性加重,矢状面(SVA) > 5 cm,按手术方式不同分为 PSO 组和 SPO 组。其中 PSO 组32例,男20例,女12例,年龄23~69

岁,平均 43.1 ± 14.8 岁,后凸顶椎分布为 T11 2例、T12 9例、L1 16例、L2 5例,PSO 的适应证为:(1)病椎处见融合的骨桥形成,椎间隙高度狭窄,后凸僵硬或合并腹侧椎管狭窄,(2)矢状面 SVA ≥ 8 cm,(3)累及一个节段的角状后凸畸形。SPO 组15例,男10例,女5例,年龄22~64岁,平均 41.7 ± 17.1 岁,后凸顶椎分布为 T11 1例、T12 4例、L1 8例、L2 2例,SPO 的适应证为:(1)病椎处未见明显骨桥,椎间隙高度正常者,无腹侧椎管狭窄;(2)矢状面 SVA < 8 cm;(3)由后柱被破坏,或累及多个椎体的较圆润后凸畸形。排除标准包括:既往有脊柱先天性畸形、强直性脊柱炎和脊柱结核者。

1.2 治疗方法

所有患者全麻取俯卧位,胸部及两侧髂嵴下方垫以软枕,连接体感诱发电位(somatosensory evoked potentials, SEPs)、运动诱发电位(motor evoked potentials, MEPs)监测仪,手术区域常规消毒铺巾。根据术前设计的融合节段,切开皮肤及皮下组织,显露拟融合节段椎体的椎板、横突及小关节突。使用 C 型臂 X 线机透视定位,确认手术截骨节段。截骨节段上下各置入椎弓根螺钉(Medtronic, 美国)两对。

截骨方式:(1)PSO 组。使用咬骨钳咬除预定截骨部位棘突、椎板和双侧椎弓根,以椎体前缘皮质为顶点,椎体后缘为底边,楔形切除椎体质骨,截骨过程中使用临时固定棒,用骨刀对双侧椎体侧壁截骨至椎体前缘,同时切除病变椎体与上位椎体间的椎间盘,刮除软骨终板,椎间隙植入少量松质骨,靠近硬脊膜的后侧皮质在截骨最后阶段

用反向刮匙刮除,通过对两侧交替加压闭合截骨间隙矫正畸形,置连接棒锁紧,后外侧植骨。(2) SPO 组。在相应节段切除后方棘上韧带、棘间韧带和黄韧带松解后柱,咬除部分棘突及椎板,关节突间关节,放置固定棒,进行加压使截骨面靠拢闭合,置连接棒锁紧,椎板后方植骨。

1.3 疗效评定

在术前、术后及门诊随访时拍摄站立位全脊柱正、侧位 X 线片,测量脊柱后凸 Cobb 角,矢状面平衡(sagittal vertical axis, SVA):C7 铅垂线与骶骨后上角之间的垂直距离(在骶骨后上角前方为正,后方为负)。术前和末次随访时采用疼痛视觉模拟评分(VAS)评估疼痛情况,应用 Oswestry 功能障碍指数(ODI)分析两种方法临床疗效。

数据分析采用 SPSS 19.0 统计软件(SPSS 公司,美国),通过配对 *t* 检验分别比较术前、术后与末次随访时的影像学参数,术前与末次随访时的 VAS 和 ODI 评分, $P < 0.05$ 为有统计学意义。

2 结果

所有患者均顺利完成手术, PSO 组截骨节段为一个, SPO 组 13 例在病椎上下截骨两个节段, 2 例在病椎上下及相邻间隙截骨三个节段, 固定融合上下各二个节段。伤口均一期愈合, 无神经损伤等并发症。1 例胸椎 PSO 截骨过程中损伤壁层胸膜, 术后出现血气胸, 通过放置胸腔闭式引流管进行引流, 待连续 3d 引流量小于 100ml, 夹闭引流管, X 线透视, 肺完全膨胀时拔除引流管, 患者痊愈出院。1 例胸椎 PSO 截骨患者出现术后肺部感染, 通过抗感染治疗, 患者痊愈出院。4 例 PSO 截骨患者和 1 例 SPO 截骨患者出现脑脊液漏, 术后

放置引流管引流 1 周左右, 待伤口愈合后拔除, 孔口自行闭合。

47 例中 42 例获得随访, 其中 PSO 组 29 例, SPO 组 13 例。随访时间 8~48 个月, 平均 29.4 ± 7.8 个月。PSO 组矫正率 92.3%。SPO 组矫正率 86.8%, 两组术后 Cobb 角、末次随访 Cobb 角和术前相比均有显著性差异 ($P < 0.05$, 表 1)。两组术后、末次随访 SVA 和术前相比有显著性差异 ($P < 0.05$, 表 1)。两组疼痛视觉模拟评分 (VAS) 和 Oswestry 功能障碍指数 (ODI) 在末次随访时较术前相比有显著性差异 ($P < 0.05$, 表 1)。7 例伴有麻木乏力的患者术后均有明显缓解, 末次随访时 AIS 分级 7 例均为 E 级。42 例均获得骨性融合(图 1、2), 其中有 1 例行 SPO 截骨患者随访期间发现螺钉部分拔出, 但未产生明显症状, 且已骨性融合, 故未作特殊处理。

3 讨论

胸腰段脊柱是骨折的好发部位, 保守或不恰当的手术治疗会导致继发性后凸畸形^[3], 其中不恰当手术治疗是导致创伤性后凸畸形的最高危因素^[4]。胸腰段后凸畸形患者, 为了维持躯干平衡, 常常出现过度的代偿性腰椎前凸, 因此后柱小关节突负荷加重, 椎旁肌肉因持续的拉伸而出现疲劳并产生炎症, 导致剧烈的疼痛; 腰椎前凸未出现代偿的患者, 由于躯干前倾, 椎旁肌肉仍旧会受到持续牵拉, 最终导致疼痛, 此外骨和软组织创伤, 假关节形成或骨不连致脊柱不稳, 畸形邻近节段退变也会导致疼痛^[3,5]。神经损伤可随着畸形进展新发或者在原有基础上加重, 主要因为椎体和韧带的破坏直接形成压迫, 或由后凸畸形隆起而致

表 1 两组患者术前、术后后凸 Cobb 角、SVA、VAS 及 ODI 测量结果

Table 1 The measurement results of pre- and post-operative Cobb angle, SVA, VAS and ODI in two group patients

	PSO 组 PSO group (n=29)			SPO 组 SPO group (n=13)		
	术前 Pre-operation	术后 Post-operation	末次随访 Last follow up	术前 Pre-operation	术后 Post-operation	末次随访 Last follow up
胸腰段后凸 Cobb 角(°) Thoracolumbar Cobb angle	41.8±10.5	2.6±1.2 ^①	3.2±1.3 ^①	40.2±9.6	4.9±2.3 ^①	5.3±3.5 ^①
矢状面平衡(cm) SVA	5.0±4.1	-0.6±2.2 ^①	1.2±1.5 ^①	3.5±2.2	0.8±0.6 ^①	1.3±1.1 ^①
疼痛视觉模拟评分(分) VAS scores	6.46±1.72	—	0.91±0.59 ^①	6.51±1.87	—	2.08±0.75 ^①
Oswestry 功能障碍指数(%) ODI scores	69.4±12.1	—	23.7±11.5 ^①	68.1±16.3	—	33.1±12.5 ^①

注: ①与术前相比 $P < 0.05$

Note: ①Compared with pre-operation, $P < 0.05$



图 1 患者男,40 岁,L2 压缩性骨折伴创伤性后凸畸形 5 年 **a** 术前 CT 示 L2 压缩性骨折 **b** 术前 MRI 示陈旧骨折伴后凸畸形形成并脊髓空洞 **c,d** 术前正侧位 X 线片示 Cobb 角 45° **e,f** SPO 术后正侧位 X 线片示矫形效果良好,Cobb 角 8° **g,h** 术后 1 年正侧位 X 线片示矫形维持良好,Cobb 角 9°,骨性融合,未见内固定断裂 图 2 患者男,43 岁,手术后 3 年

继发创伤性后凸畸形 **a** 术前 CT 示后柱结构破坏 **b,c** 术前正侧位 X 线片示 Cobb 角 48° **d,e** PSO 术后正侧位 X 线片示矫形效果良好,可见前柱张开,Cobb 角为 15° **f,g** 术后 2 年正侧位 X 线片示矫形维持良好,Cobb 角 9°,骨性融合,无内固定断裂

Figure 1 A 40-year-old male patient with a posttraumatic thoracolumbar kyphosis 5 years ago after fracture **a** Preoperative CT of the thoracolumbar spine showed compression fracture of L2 **b** Preoperative MRI showed old posttraumatic kyphosis and syringomyelia **c, d** Preoperative X-ray showed 45°kyphosis **e, f** Postoperative X-ray showed 8° kyphosis after SPO **g, h** 1 year X-ray showed sustained of correction and 9° kyphosis, the spine was fused well and there was no instrument failure **Figure 2** A 43-year-old male patient with a posttraumatic thoracolumbar kyphosis after surgery 3 years ago **a** Preoperative CT showed break in posterior column **b, c** Preoperative X-ray showed 48°kyphosis **d, e** Postoperative X-ray showed 15° kyphosis after PSO, lengthening of the anterior column **f, g** 2 year X-ray showed maintaining of correction and 9° kyphosis, the spine was fused well and there was no instrument failure

的神经牵拉伤,另一类主要原因为创伤后形成脊髓空洞症^[6]。创伤性后凸畸形患者通常需要手术治疗,手术指征包括:(1)轴性疼痛加重;(2)假关节形成或骨不连;(3)脊髓或神经根损伤;(4)畸形进展^[7]。手术治疗的目的是恢复正常的脊柱矢状面平衡,获得确实的融合,缓解疼痛和阻止畸形进展^[8]。为了达到上述目的,早期观点认为需要同时行前路支撑加后路固定手术,但近来随着截骨技巧和内固定技术的飞速发展,单纯后路截骨矫形手术变得愈加普遍,其中 SPO 和 PSO 是最常用的两种截骨矫形术式^[2,7-9]。

1945 年 Smith-Peterson 等^[10]首先报道 SPO 治疗脊柱后凸畸形,该术式切除后柱结构,以中柱为支点,使前柱张开,后柱缩短以达到矫形目的。此后 Ponte 等在此基础上详细地阐述了多节段 SPO 治疗休门氏病,更加接近我们今天所用脊柱后柱截骨方式^[9]。单节段 SPO 平均矫形 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$,当每节段截骨平均适度时,前路置入物支撑和重建不是必需的,仅靠椎间盘的韧性可以获得较好的矫形效果^[11]。PSO 最早由 Thomasen^[12]提出,除了切除后柱结构外,需经椎弓根区域对椎体进行楔形截骨,以前柱为支点的三柱截骨矫形减少了对脊柱前方血管和内脏的牵拉,同时更大的截骨面使矫形效果更佳,闭合后也利于骨性融合,单节段 PSO 可矫正 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ ^[13]。

两种术式原理不同,各自均有优缺点,因此针对不同畸形,应该有不同选择。Buchowski 等^[7]认为,对于圆滑的、渐进性的、矢状面轻度失衡的和发生在胸椎的创伤性后凸畸形,根据病情选用单节段或多节段 SPO 更加合适;反之对于伴有角状后凸畸形的,矢状面严重失衡的,发生于腰椎的创伤性后凸畸形,应该选用 PSO,并制定出截骨方式选择流程图。Dorward 等^[9]认为椎间盘韧性降低和椎体融合也是 SPO 的禁忌证。Zeng 等^[5]对于胸腰椎后凸 Cobb 角 $<45^{\circ}$ 畸形患者单纯行 PSO,对于 Cobb 角 $>45^{\circ}$ 患者行 PSO 同时加入置入物撑开前柱,取得良好的矫形效果及临床疗效。Gao 等^[14]运用与我们相同方式的 PSO,称之为改良 PSO 治疗胸腰椎创伤性后凸畸形,同时完整切除目标椎体上椎间盘,使相邻椎体创面闭合,作者认为创伤同时伴随着软骨终板破裂,髓核组织突入骨质也是疼痛产生的原因。在本组研究中,笔者在创伤性后凸畸形治疗中分析 PSO 和 SPO 两种术式,两组患

者术后 Cobb 角和 SVA 均较术前有显著性改善,随访未见明显丢失,矫形效果稳定,随访 VAS 和 ODI 评分均较术前显著降低,因此我们认为 PSO 和 SPO 矫治创伤性后凸畸形的矫形效果及临床疗效良好。尽管 PSO 截除大量松质骨,手术创伤更大,操作更复杂,但大多数创伤性后凸畸形由于创伤致骨折及软组织损伤,血肿形成肌化及愈合后,形成较厚的无弹性的瘢痕组织,创伤性后凸畸形通常伤椎为楔形,同时伤椎与上位椎体间椎间盘组织有破坏,因此行 PSO 截骨过程中对伤椎经椎弓根形楔形截骨,使截骨后残余椎体前后缘等高,同时切除破坏的椎间盘,与传统 PSO 截骨相比,能获得更大矫形效果。由于椎体截骨面与上位椎体下缘软骨下骨板很难严密闭合,因此在闭合截骨面之前,需要在截骨间隙植入少量松质骨,以利于截骨面愈合。另有一部分创伤性后凸畸形由于后柱结构破坏所致,前面不存在瘢痕组织,椎间盘正常且张开容易,伤椎累及多个且楔形不明显,局部后凸畸形较圆润,对此类后凸畸形采用 SPO 可获得较好的矫形效果。

正因为两种术式存在差异,许多研究将两种手术方式在多方面进行了对比,Cho 等^[15]在矢状面失衡病例中对比单节段 PSO 和多节段 SPO ($n\geq 3$),文中报道两者后凸矫形效果一致,术后融合率和 ODI 评分无显著差异,但术中出血 PSO 组多于 SPO 组,手术时间相当,作者认为 PSO 组患者拥有更高的矢状面矫正率和更低的手术后冠状面失衡风险。Lewis 等^[16]在胸椎后凸畸形病例中比较 PSO 和 SPO,结果显示两组后凸畸形矫正度相当,术中出血和患者住院时间也没显著性差异,但 PSO 较 SPO 手术时间更长。朱峰等^[17]重点比较了两种术式在退变性侧后凸畸形患者中对冠矢状面重建的影响,结果表明两者矫正后凸 Cobb 角无显著性差异,但 PSO 术后易出现脊柱矢状面平衡(sagittal vertical axis, SVA)的过度矫正,而 SPO 术后可出现冠状面失衡,PSO 手术时间更长,术中出血更多。

朱泽章等^[18]详细对比了两种术式在强直性脊柱炎患者中并发症发生的情况,结果显示 SPO 组术中硬脊膜破裂发生率显著高于 PSO 组,余无显著性差异。创伤性后凸畸形由于陈旧性损伤瘢痕组织形成,尤其是有手术史的患者,硬脊膜与周围瘢痕组织粘连较重,分离过程中容易损伤硬脊膜,

术后出现脑脊液漏。本组病例中, 4 例 PSO 截骨患者及 1 例 SPO 截骨患者出现脑脊液漏。如果出现硬脊膜破裂, 仔细缝合后, 常规置管引流, 根据伤口愈合情况, 术后延长放置引流管时间, 通常 1 周左右。引流过程中应观察引流液及患者症状。如果脑脊液因流量过多, 同时患者出现头痛症状, 可将引流袋放置位置抬高, 同时通过静脉增加补液量。本组研究中, PSO 组早期 1 例患者胸椎截骨过程中, 切除肋骨小头剥离壁层胸膜, 导致壁胸膜破裂, 由于为防止胸腔引流管, 术后出现血气胸。由于陈旧性创伤粘连较重, 在胸椎 PSO 截骨剥离两侧壁层胸膜时, 容易损伤胸膜, 而且难于缝合, 因此术中如果发现胸膜破裂, 应常规放置胸腔闭式引流管引流。

总之, 运用 PSO 和 SPO 矫治胸腰椎陈旧骨折伴后凸畸形均可取得良好矫形效果及临床疗效。两种术式的适应证不尽相同, 脊柱外科工作者应该根据病情严格掌握。

4 参考文献

- Munting E. Surgical treatment of post-traumatic kyphosis in the thoracolumbar spine: indications and technical aspects[J]. Eur Spine J, 2010, 19(Suppl 1): 69-73.
- Enercan M, Ozturk C, Kahraman S, et al. Osteotomies/spinal column resections in adult deformity[J]. Eur Spine J, 2013, 22(2): 254-264.
- Vaccaro AR, Silber JS. Post-traumatic spinal deformity [J]. Spine, 2001, 26(24 Suppl): s111-118.
- Yagi M, Hasegawa A, Takemitsu M, et al. Incidence and the risk factors of spinal deformity in adult patient after spinal cord injury: a single center cohort study [J]. Eur Spine J, 2015, 24(1): 203-208.
- Zeng Y, Chen Z, Sun C, et al. Posterior surgical correction of posttraumatic kyphosis of the thoracolumbar segment [J]. J Spinal Disord Tech, 2013, 26(1): 37-41.
- Carroll AM, Brackenridge P. Post-traumatic syringomyelia: a review of the cases presenting in a regional spinal injuries unit in the north east of England over a 5-year period [J]. Spine, 2005, 30(10): 1206-1210.
- Buchowski JM, Kuhns CA, Bridwell KH, et al. Surgical management of posttraumatic thoracolumbar kyphosis [J]. Spine J, 2008, 8(4): 666-677.
- Heary RF. Evaluation and treatment of adult spinal deformity [J]. J Neurosurg Spine, 2004, 1(1): 9-18.
- Dorward GI, Lenke GL. Osteotomies in the posterior only treatment of complex adult spinal deformity: a comparative review[J]. Neurosurg Focus, 2010, 28(3): 1-10.
- Smith-Petersen MN, Larson CB, Aufranc OE. Osteotomy of the spine for correction of flexion deformity in rheumatoid arthritis[J]. J Bone Joint Surg Am, 1945, 27(1): 1-11.
- Bridwell KH. Decision making regarding Smith-Petersen vs. pedicle subtraction osteotomy vs. vertebral column resection for spinal deformity[J]. Spine, 2006, 31(19): 171-178.
- Thomasen E. Vertebral osteotomy for correction of kyphosis in ankylosing spondylitis [J]. Clin Orthop Relat Res, 1985, 194: 142-152.
- Kim JY, Bridwell KH, Lenke GL, et al. Results of lumbar pedicle subtraction osteotomies of fixed sagittal imbalance a minimum 5-year follow-up study[J]. Spine, 2007, 32(20): 2189-2197.
- Gao R, Wu J, Yuan W, et al. Modified partial pedicle subtraction osteotomy for the correction of post-traumatic thoracolumbar kyphosis[J]. Spine J, 2015, 15(9): 2009-2015.
- Cho KJ, Bridwell KH, Lenke LG, et al. Comparison of Smith-Petersen versus pedicle subtraction osteotomy for the correction of fixed sagittal imbalance[J]. Spine, 2005, 30(18): 2030-2038.
- Lewis SJ, Goldstein S, Bodrogi A, et al. Comparison of pedicle subtraction and Smith-Petersen osteotomies in correcting thoracic kyphosis when closed with a central hook-rod construct [J]. Spine, 2014, 39(15): 1217-1224.
- 朱锋, 鲍虹达, 邱勇, 等. 比较经椎弓根与 Smith-Petersen 截骨对退变性侧后凸畸形冠矢状面平衡重建的影响[J]. 中华骨科杂志, 2014, 34(4): 347-353.
- 朱泽章, 邱勇, 王斌, 等. 两种截骨矫形术治疗强直性脊柱炎胸腰椎后凸畸形的围手术期并发症比较[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2008, 18(12): 895-899.

(收稿日期: 2015-08-30 修回日期: 2015-12-15)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)