

## 骨水泥强化椎弓根螺钉治疗合并骨质疏松脊柱疾病的疗效观察

胡凡琦, 胡文浩, 张昊, 王尧, 张智发, 张少甫, 张雪松  
解放军总医院 骨科, 北京 100853

**摘要:** 目的 探讨应用骨水泥强化椎弓根螺钉技术治疗多种合并骨质疏松脊柱疾病的临床效果。方法 选取2013年5月–2016年8月在我科行脊柱后路手术的249例病例进行回顾, 观察组( $n=83$ )使用骨水泥椎弓根螺钉(cement-augmented pedicle screw, CPS)强化固定, 对照组( $n=166$ )使用传统椎弓根螺钉固定, 记录患者基本资料、手术情况指标、手术前后的临床指标及影像学参数, 并进行组间对比分析。结果 两组病例年龄、性别、术前骨密度 $t$ 值均无统计学差异( $P$ 均 $> 0.05$ )。观察组手术时间为( $4.0 \pm 0.6$ )h, 对照组为( $3.1 \pm 0.8$ )h, 观察组手术时间长于对照组( $P=0.023$ ), 其余手术指标无统计学差异。手术效果评价方面, 观察组与对照组在术前及术后3个月均无统计学差异, 但在术后12个月, 观察组的VAS评分、ODI评分均低于对照组(VAS:  $1.6 \pm 0.7$  vs  $2.4 \pm 0.5$ ; ODI:  $21.0 \pm 5.3$  vs  $31.5 \pm 6.9$ ,  $P$ 均 $< 0.05$ )。在退行性侧凸与后凸畸形的影像学参数方面, 观察组术后12个月的远期结果优于对照组( $P < 0.05$ )。结论 采用骨水泥螺钉治疗合并骨质疏松的多种脊柱退行性疾病安全有效, 可以获得满意的远期效果。

**关键词:** 骨质疏松; 骨水泥椎弓根螺钉; 骨水泥

中图分类号: R 738.1 文献标志码: A 文章编号: 2095-5227(2018)06-0470-07 DOI: 10.3969/j.issn.2095-5227.2018.06.004  
网络出版时间: 2018-05-18 10:24 网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/10.1117.R.20180518.1024.006.html>

### Cement-augmented pedicle screw technique for treatment of spinal diseases with osteoporosis

HU Fanqi, HU Wenhao, ZHANG Hao, WANG Yao, ZHANG Zhifa, ZHANG Shaofu, ZHANG Xuesong

Department of Orthopaedics, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China

Corresponding author: ZHANG Xuesong. Email: zhangxuesong301@sina.com

**Abstract: Objective** To investigate the clinical effect of cement-augmented pedicle screw (CPS) for the treatment of multiple spinal diseases with osteoporosis. **Methods** A total of 249 cases were selected from May 2013 to August 2016 for posterior spinal surgery in our department. Patients in observation group ( $n=83$ ) underwent cemented pedicle screws (CPS) to strengthen fixation, while the control group ( $n=166$ ) underwent traditional pedicle screw fixation. The basic information, indicators of surgery, clinical outcomes and radiological parameters were recorded before and after surgery, and comparative analysis was performed between the two groups. **Results** There was no statistical difference in age, gender and preoperative bone mineral density between the two groups (all  $P > 0.05$ ). The operating time in observation group was significantly longer than that in control group [( $4.0 \pm 0.6$ ) h vs ( $3.1 \pm 0.8$ ) h,  $P=0.023$ ). There was no statistical difference in other surgical indexes. In terms of clinical results, there was no statistical difference between observation group and control group before and at 3 months after operation. However, at 12 months after operation, the VAS score and ODI score in the observation group were both lower than those in control group [VAS: ( $1.6 \pm 0.7$ ) vs ( $2.4 \pm 0.5$ ); ODI: ( $21.0 \pm 5.3$ ) vs ( $31.5 \pm 6.9$ );  $P < 0.05$ , respectively]. Long-term results of degenerative scoliosis and kyphosis measured by radiological parameters at 12 months after surgery were better in observation group than those in control group (all  $P < 0.05$ ). **Conclusion** CPS is safe and effective for the treatment of multiple spinal degenerative diseases with osteoporosis, and it can achieve satisfactory long-term results.

**Keywords:** osteoporosis; cement-augmented pedicle screw; bone cement

目前在临床上, 多种椎弓根螺钉及相关技术已经广泛用于需行脊柱后路内固定手术的骨质疏松症患者, 包括增大螺钉直径、双皮质固定以及利用骨水泥进行螺钉-骨界面强化等<sup>[1-3]</sup>。增加螺钉直径可以有效增加骨-螺钉的接触面积, 提高

了螺钉的稳定性。但有报道证实该方法受椎弓根直径的限制, 当螺钉的横截面积超过椎弓根横截面积90%时, 容易出现椎弓根爆裂, 导致内固定强度降低, 甚至神经根损伤<sup>[4]</sup>。而双皮质固定对术者置钉技术要求较高, 同时穿透前方皮质增加了椎前血管及脏器损伤的风险。随着骨水泥的广泛应用, 利用骨水泥进行椎弓根螺钉强化日趋成熟<sup>[5-7]</sup>。早期该技术的应用主要是在钉道内灌注骨水泥后进行置钉, 从而达到强化内固定的目的, 但该方法步骤较为烦琐, 易受骨水泥凝固时间的限制, 且置钉过程中容易出现骨水泥渗漏, 增加了手术

收稿日期: 2018-03-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(81371911)

Supported by the National Natural Science Foundation of China (81371911)

作者简介: 胡凡琦, 男, 在读硕士, 主治医师。研究方向: 脊柱外科。Email: hufanqi\_1989@163.com

通信作者: 张雪松, 男, 博士, 主任医师, 教授, 博士生导师。

Email: zhangxuesong301@126.com

风险。通过对传统椎弓根螺钉进行改良,有学者设计了多孔中空椎弓根螺钉,即骨水泥椎弓根螺钉(cement-augmented pedicle screw, CPS),该螺钉在尸体试验中取得了良好的效果,减少了手术操作时间,并显著降低了水泥渗漏的风险<sup>[8]</sup>。临床上,CPS已被应用于合并骨质疏松的腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)、腰椎管狭窄症(lumbar spinal stenosis syndrome, LSS)、腰椎滑脱症(lumbar spondylolisthesis, LSL)及腰椎退行性侧凸(degenerative scoliosis, DS)。随着老龄化的加重,由脊柱退变、骨质疏松引起的矢状面失衡逐渐成为影响老年患者生活质量的重要因素,CPS应用于矢状面失衡可能具有广泛的前景,但目前尚缺乏相关的研究报道。本研究将CPS应用于合并骨质疏松的脊柱后凸畸形、退行性侧凸、腰椎间盘突出症、腰椎滑脱症及腰椎管狭窄症病例的临床资料进行回顾,并与传统椎弓根螺钉进行对比,对骨水泥强化椎弓根螺钉技术的临床应用效果进行系统整体的评价。

#### 资料和方法

**1 资料来源** 选取2013年5月-2016年8月在我科手术治疗的脊柱疾病患者。纳入标准:1)合并骨质疏松(术前X线骨密度测量 $t$ 值降低 $> 2.5$ 标准差);2)因腰椎管狭窄症、腰椎间盘突出症、椎体压缩骨折(vertebral compression fracture, VCF)、腰椎滑脱症、脊柱退行性侧凸、脊柱退行性后凸畸形(degenerative kyphosis, DK)行脊柱后路内固定手术;3)随访资料完整,且随访时间不少于12个月;4)手术使用传统椎弓根螺钉或CPS。排除标准:1)先天性脊柱畸形或其他僵硬性脊柱畸形;2)伴随脊柱感染或肿瘤;3)翻修手术或既往腰椎手术病史;4)术前合并神经损伤。共有249例患者纳入本研究。采用双能X线吸收骨密度测量仪对腰椎骨密度进行测量。按照患者手术中使用螺钉进行分组:观察组,采用CPS固定,共计83例;对照组,采用传统椎弓根螺钉固定,共计166例。行长节段固定的患者,无论是否所有螺钉均采用CPS,只要使用骨水泥对CPS进行强化者均纳入观察组。

**2 手术方法** 所有病例均全身麻醉,取俯卧位,采用脊柱后正中入路,骨膜下剥离椎旁肌,显露椎板、关节突,根据“人字嵴”顶点确认进钉点,创建好钉道后使用探针探查钉道四壁的完整性,确认钉道完整后置入椎弓根螺钉,透视确认螺钉

位置无误。观察组病例继续通过中空CPS注入骨水泥进行强化,配制好骨水泥后,在其处于“拉丝期”时使用骨水泥推杆向CPS内推注,每枚螺钉注射1.5~2.0 ml PMMA骨水泥进行强化(图1)。

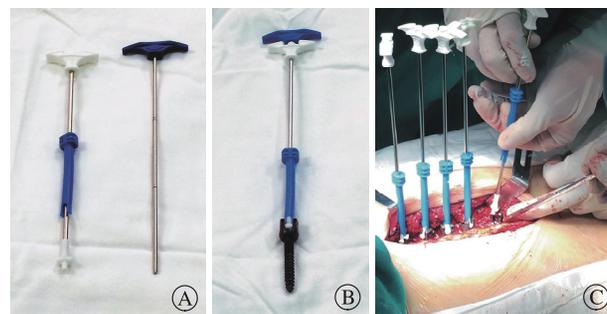


图1 术中经CPS骨水泥强化过程 A:手术中使用的骨水泥推杆,可容纳1.5 ml骨水泥(PMMA);B:骨水泥推杆与CPS连接;C:术中推注骨水泥过程

Fig.1 Intraoperative procedure of PMMA augmentation through CPS A: The bone cement push rod used in the operation can accommodate 1.5 ml of bone cement (PMMA); B: The bone cement push rod connected with CPS; C: Intraoperative injection of bone cement

**3 术后处理** 术后常规静脉给予抗生素预防感染,根据患者术前血栓风险评估结果给予高风险患者皮下注射低分子肝素,并穿戴梯度弹力袜防止下肢深静脉血栓形成。术后引流量低于50 ml/24 h后拔除引流管,术后3个月内佩戴腰围或支具。

**4 观察指标** 1)记录所有患者的性别、年龄、术前骨密度值、手术时间、术中出血量、术后引流量及骨水泥渗漏情况;2)术前行腰背痛与下肢痛的视觉模拟评分(visual analog scale, VAS)、Oswestry功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)评分评估临床结果,术后分别在3个月、12个月时各随访1次;3)存在侧凸及后凸畸形的病例拍摄脊柱全长片,测量以下参数:冠状面主弯Cobb角、冠状位平衡(coronal vertical axis, CVA)、腰椎前凸(lumbar lordosis, LL)、矢状位平衡(sagittal vertical axis, SVA);4)所有患者均测量手术前后最上固定椎的椎体前后缘高度(H);5)根据X线片评估脊柱融合情况:A级,植骨区连续骨痂形成,达到坚强植骨融合;B级,未达到坚强融合,但无假关节形成;C级,假关节形成,节段活动度超过 $5^\circ$ ;6)记录所有患者的手术并发症情况。

**5 统计学分析** 所有数据录入SPSS20.0统计软件进行分析,服从正态分布计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 $t$ 检验或重复测量方差分析;不服从正态分布的以中位数、四分位数表示,组间比较采用秩和检验。计数资料采用 $\chi^2$ 检验。

$P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结果

**1 两组一般资料比较** 两组年龄、性别、骨密度  $t$  值差异均无统计学意义, 具备可比性。两组患者的一般资料及疾病分布见表 1。

**2 两组手术及随访情况比较** 两组的手术节段、术中出血量及术后引流量均无统计学差异 ( $P$  均  $> 0.05$ ), 但观察组的手术时间高于对照组 ( $P < 0.05$ )。观察组有 4 例出现骨水泥渗漏, 均为椎体前方水泥渗漏, 没有出现椎管内或椎弓根水泥渗漏, 但出现 1 例骨水泥肺栓塞 (图 2)。随访 1 年内, 观察组共 720 枚螺钉均未见松动; 对照组 1 238 枚螺钉中 39 枚出现松动, 21 例没有达到坚固融合 (表 2)。

**3 两组疗效比较与术前相比** 两组 VAS 评分及 ODI 评分术后均显著改善 ( $P < 0.01$ ), 术后 3 个月两组 VAS 及 ODI 评分无统计学差异 ( $P > 0.05$ ), 但术后 12 个月观察组优于对照组 ( $P < 0.05$ )。见表 3。

**4 两组最上固定椎的椎体前后缘高度** 对照组术后 12 个月最上固定椎椎体前后缘 H 较术前降低, 前缘更为显著, 椎体出现压缩变形; 而观察组术后 12 个月未见明显压缩。见表 4。

**5 退行性侧凸与后凸畸形病例的影像学比较** 两组退行性侧凸病例术后 3 个月主弯 Cobb 角均得到明显纠正 ( $P < 0.01$ ), 且组间比较均无统计学差异 ( $P > 0.05$ )。但术后 12 个月时, 对照组出现了矫形丢失, 其主弯 Cobb 角均高于观察组 ( $P < 0.05$ )。两组退行性后凸病例术前 SVA、LL 均无统计学差异 ( $P > 0.05$ ), 术后 3 个月 SVA、LL 较术前均显著改善 ( $P < 0.01$ ), 组间比较无统计学差异 ( $P > 0.05$ )。术后 12 个月对照组 SVA 较术后 3 个月时显著增加 ( $P < 0.05$ ), LL 与术后 3 个月时比较无差异 ( $P > 0.05$ ), 术后 12 个月时观察组病例 SVA、LL 均未见明显变化, 没有出现矫形丢失。见表 5。

**6 典型病例** 病例 1: 患者男性, 62 岁, 诉腰痛半年, 伴双下肢疼痛、麻木, 活动及久站时症状加重, 骨密度检查  $t$  值为  $-3.26$ , 腰痛 VAS 评分 7 分, 下肢疼痛 VAS 评分 6 分。患者腰椎 X 线侧位片及 CT 提示腰 5 椎体向前滑脱; 腰椎 MRI 检查提示腰 5-骶 1 节段椎管相对狭窄, 硬膜囊明显受压; 患者行后路腰椎滑脱复位内固定融合术, 针对患者骨质疏松情况术中采用骨水泥强化内固定, 术后腰腿痛症状明显缓解, 术后腰痛及下肢痛 VAS 评分均为 2 分; 术后 12 个月随访未见螺钉松动、脱

落, 腰 5-骶 1 节段达到坚强融合。见图 3。

表 1 两组脊柱疾病患者的一般资料比较

Tab. 1 Comparison of general data in two groups

Variable	Observation group (n=83)	Control group (n=166)	P
Gender (M/F)	31/52	57/109	0.702
Age (yrs)	67.2 ± 11.8	63.7 ± 9.50	0.658
Bone density (t)	-3.34 ± 0.71	-3.15 ± 0.60	0.552
Preoperative diagnosis (n, %)			0.867
LDH	19(23)	45(27)	
LSS	16(19)	33(20)	
LSL	13(16)	28(17)	
VCF	15(18)	20(12)	
DS	11(13)	22(13)	
DK	9(11)	18(11)	

表 2 两组手术情况比较

Tab. 2 Comparison of surgical parameters between two groups

Variable	Observation group (n=83)	Control group (n=166)	P
Time of surgery (h)	4.0 ± 0.6	3.1 ± 0.8	0.023
Level	6.8 ± 4.2	6.3 ± 3.8	0.674
Intraoperative blood loss (ml)	365 ± 120	328 ± 115	0.539
Volume of drainage (ml)	216 ± 74	233 ± 80	0.296
Degree of fusion			0.001
A	83	145	
B	0	21	

表 3 两组临床结果比较

Tab. 3 Comparison of clinical outcomes between two groups ( $\bar{x} \pm s$ )

Variable	Observation group (n=83)	Control group (n=166)	P
VAS score			
Before surgery	7.1 ± 1.0	6.8 ± 1.2	0.641
3 months after surgery	1.7 ± 0.4 <sup>a</sup>	1.5 ± 0.6 <sup>a</sup>	0.239
12 months after surgery	1.6 ± 0.7 <sup>a</sup>	2.4 ± 0.5 <sup>a</sup>	0.028
ODI score			
Before surgery (%)	75.1 ± 10.2	73.3 ± 9.4	0.572
3 months after surgery (%)	21.2 ± 4.8 <sup>a</sup>	20.6 ± 5.6 <sup>a</sup>	0.354
12 months after surgery (%)	21.0 ± 5.3 <sup>a</sup>	31.5 ± 6.9 <sup>a</sup>	0.001

<sup>a</sup> $P < 0.05$ , vs before surgery

表 4 两组最上固定椎的椎体前后缘 H 比较

Tab. 4 Comparison of height of anterior and posterior edges of vertebral bodies at the upper end between two groups ( $\bar{x} \pm s$ )

Variable	Observation group (n=83)	Control group (n=166)	P
Height of anterior edge (mm)			
Before surgery	32.0 ± 3.1	33.2 ± 3.8	0.509
After surgery	31.5 ± 3.5	29.0 ± 3.3	0.001
Height of posterior edge (mm)			
Before surgery	32.6 ± 2.5	32.4 ± 3.0	0.724
After surgery	33.1 ± 2.9	30.3 ± 2.7	0.001

表 5 退行性侧凸与后凸病例的影像学结果比较

Tab. 5 Comparison of imaging results of degenerative scoliosis and kyphosis between two groups

Variable	Observation group	Control group	P
Degenerative scoliosis			
Cobb angle (°)			
Before surgery	28.9 ± 11.5	27.8 ± 10.8	0.572
3 months after surgery	16.8 ± 7.8 <sup>a</sup>	15.2 ± 6.9 <sup>a</sup>	0.394
12 months after surgery	17.0 ± 7.2 <sup>a</sup>	20.7 ± 6.4 <sup>a</sup>	0.012
Degenerative kyphosis			
SVA (mm)			
Before surgery	82.8 ± 22.1	85.1 ± 19.7	0.708
3 months after surgery	23.7 ± 12.5 <sup>a</sup>	25.0 ± 13.4 <sup>a</sup>	0.516
12 months after surgery	24.1 ± 14.2 <sup>a</sup>	45.0 ± 18.4 <sup>a</sup>	0.027
LL (°)			
Before surgery	-8.7 ± 12.9	-10.3 ± 15.4	0.681
3 months after surgery	-35.1 ± 10.5 <sup>a</sup>	-33.7 ± 13.6 <sup>a</sup>	0.552
12 months after surgery	-34.0 ± 12.7 <sup>a</sup>	-31.6 ± 14.0 <sup>a</sup>	0.309

<sup>a</sup>P < 0.05, vs before surgery

病例 2: 患者女性, 68 岁, 主诉腰痛伴间歇性跛行 1 年余, 术前腰痛 VAS 评分 7 分。腰椎正侧位 X 线片可见腰椎多节段退行性改变, 腰 1 椎体楔形变; 腰椎 MRI 检查见腰 4-5 椎管狭窄, 硬膜囊神经根受压, 腰 5-骶 1 椎间隙变窄。结合患者症状、体征, 行腰 4-5、腰 5-骶 1 椎管减压、椎间融合, 腰 3-骶 1 普通椎弓根螺钉内固定术, 术后腰腿痛症状明显缓解, 腰痛 VAS 评分 3 分。术后 3 个月随访, 患者腰痛症状进一步加重, 无法站立及久坐, 复查腰椎 X 线片示腰 3 椎体上终板塌陷, 前柱压缩, 近端邻近椎局部后凸, 考虑为骨质疏松所致, 给予口服骨化三醇、钙剂, 并肌注唑来膦酸钠等抗骨质疏松治疗。术后 1 年随访, 患者腰痛症状仍存在, 复查腰椎 X 线片示腰 3 椎体上终板进一步塌陷, 椎体前缘高度较术后 3 个月复查降低, 患者腰痛 VAS 评分 7 分, 严重影

响生活质量, 见图 4。

病例 3: 患者女性, 71 岁, 主诉腰痛 8 个月, 站立时加重, 查体胸腰段可见后凸畸形, 棘突及椎旁压痛、叩击痛阳性, 术前腰椎骨密度 -3.20。术前站立位脊柱全长片提示 T12、L1 椎体楔形变, 脊柱胸腰段后凸畸形, 腰椎退行性侧凸, 影像测量指标 LL 7°、局部后凸 73°、SVA 106 mm。行后路矫形内固定术, 针对患者重度骨质疏松情况, 术中对内固定近端及远端螺钉行骨水泥强化, 术后后凸畸形矫正: LL -32°、SVA 3 mm, 患者腰痛症状明显缓解。术后 1 年随访未见螺钉松动及矫形丢失。见图 5。

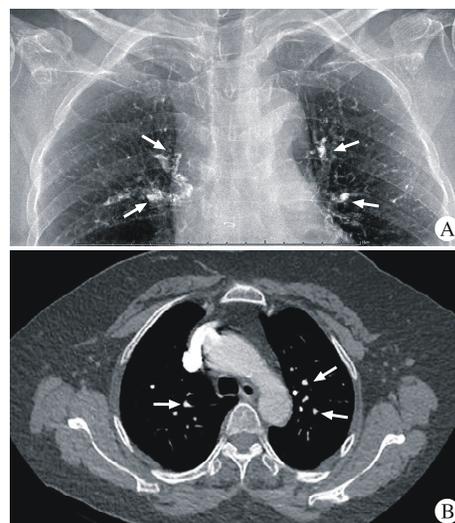


图 2 X 线片 (A) 和肺部 CT (B) 可见右肺上叶前段片状模糊影伴条索影, 双肺多发小结节影 (箭头所示)

Fig.2 X-ray (A) and CT scan (B) of lung showed patchy shadow on the anterior segment of the right lung with stripe shadow and multiple small nodular shadows in bilateral lungs (indicated by arrows)

## 讨论

随着社会老龄化的加重, 骨质疏松的发生率

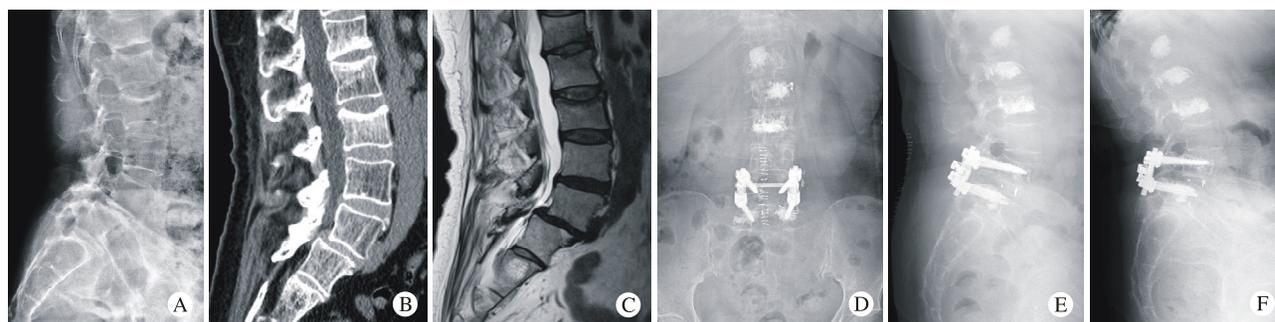


图 3 62 岁男性, 因腰椎滑脱症行脊柱后路手术, 术中行骨水泥强化内固定 A: 术前腰椎 X 线侧位片; B: 术前 CT; C: 术前核磁; D、E: 术后腰椎 X 线正侧位片; F: 术后 12 个月手术节段达到坚强融合

Fig.3 A 62-year-old male patient underwent posterior spinal surgery for spondylolisthesis with PMMA augmentation A: Preoperative X-ray of lumbar; B: Preoperative CT scan; C: Preoperative MRI scan; D, E: Postoperative X-ray of lumbar; F: Strong fusion was achieved at the level of the surgery at 12 months after surgery

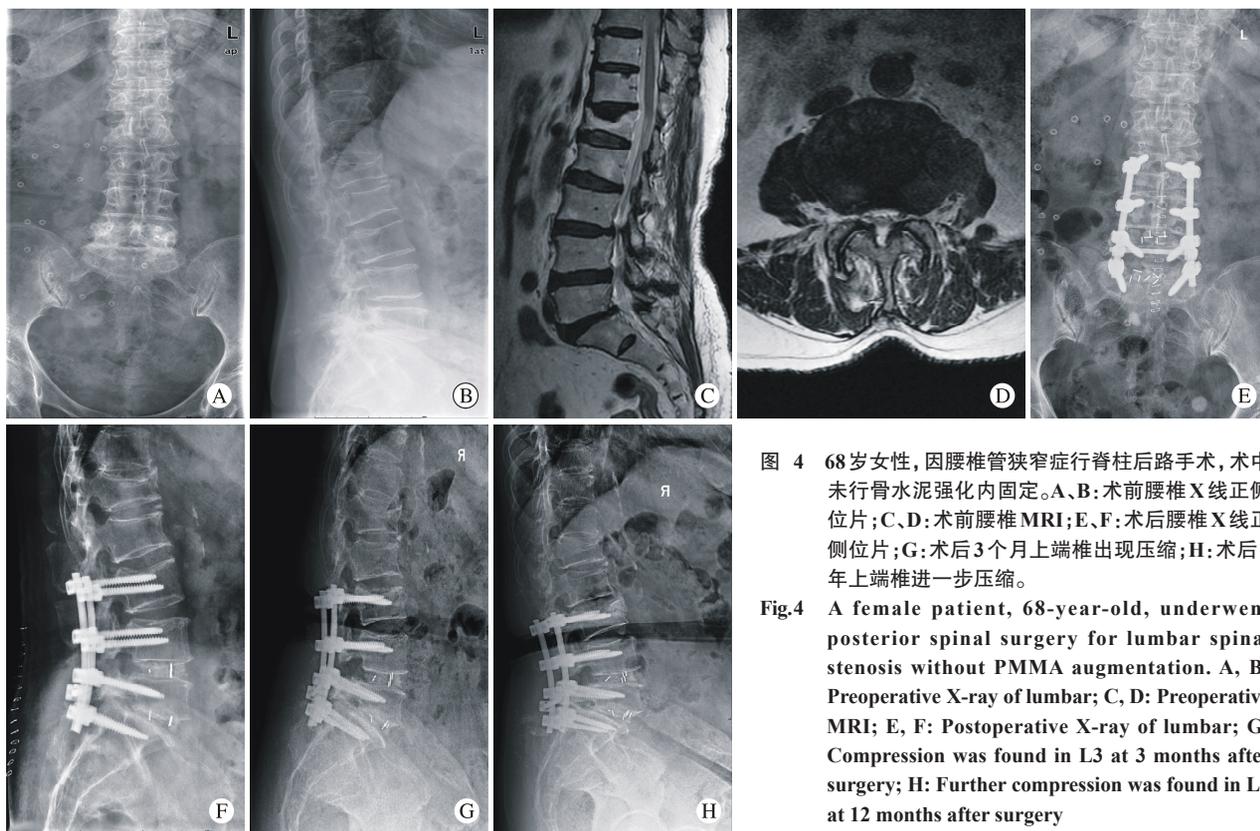


图 4 68岁女性,因腰椎管狭窄症行脊柱后路手术,术中未行骨水泥强化内固定。A、B:术前腰椎X线正侧位片;C、D:术前腰椎MRI;E、F:术后腰椎X线正侧位片;G:术后3个月上端椎出现压缩;H:术后1年上端椎进一步压缩。

Fig.4 A female patient, 68-year-old, underwent posterior spinal surgery for lumbar spinal stenosis without PMMA augmentation. A, B: Preoperative X-ray of lumbar; C, D: Preoperative MRI; E, F: Postoperative X-ray of lumbar; G: Compression was found in L3 at 3 months after surgery; H: Further compression was found in L3 at 12 months after surgery

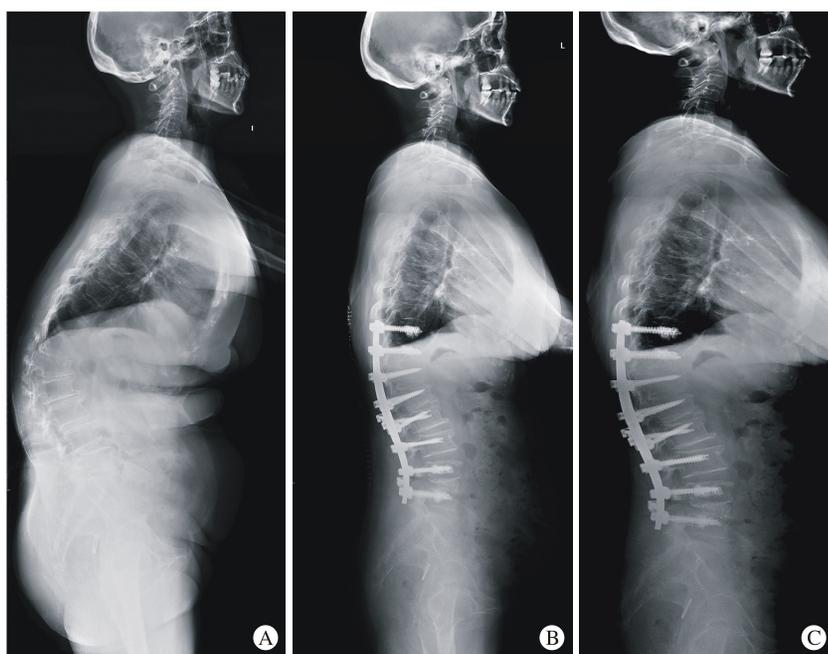


图 5 71岁女性,因退行性脊柱后凸畸形行脊柱后路手术,术中经CPS行骨水泥强化内固定

A: 术前脊柱全长片;B: 术后脊柱全长片;C: 术后1年未见明显畸形丢失

Fig.5 A female patient, 71-year-old, underwent posterior spinal surgery for degenerative kyphosis through CPS for PMMA augmentation. A: Preoperative full-length spinal radiographs; B: Post-operative full-length spinal radiographs; C: No significant loss of correction at 1 year after surgery

逐年升高,目前已经成为影响老年人生活质量最重要的原因之一<sup>[9-10]</sup>。同时,骨质疏松还会引起椎弓根螺钉的松动,最终导致脊柱内固定手术失败,患者满意度降低<sup>[11]</sup>。而诸多学者从多个方面对传统椎弓根螺钉进行改良,以提高螺钉的内固定强度,包括增加螺钉直径、采用双皮质固定、使用骨水泥强化等<sup>[12-15]</sup>。其中,骨水泥强化椎弓根螺钉已被证实可以有效提高螺钉固定强度,而骨水

泥灌注的方式也在不断改进,目前最为常用的是使用中孔侧孔螺钉对骨质疏松椎体进行骨水泥灌注,较之前的骨水泥预填充方法显著提高了手术效率,减少了骨水泥渗漏的发生率<sup>[16]</sup>。目前中空侧孔螺钉在临床应用的报道较少,且其适应证主要为合并骨质疏松的椎间盘突出症、椎管狭窄症或腰椎滑脱症<sup>[17-18]</sup>。本研究将骨水泥应用在所有合并骨质疏松并需要后路内固定手术的脊柱疾病

中,包括脊柱侧凸或后凸畸形病例,并进行系统回顾报道。

Amendola 等<sup>[16]</sup>在 2011 年对 21 例骨质疏松或肿瘤导致骨量下降的患者使用中空侧孔骨水泥螺钉进行内固定手术,并通过螺钉注入骨水泥,结果显示术后 VAS 评分及 SF-36 评分均显著改善,在平均 36 个月的随访期内没有发现螺钉松动情况出现。本研究中所有使用 CPS 的 83 例病例在随访中也没有出现螺钉松动的情况,该结果与 Amendola 等的研究一致。与之相比,在全部使用传统椎弓根螺钉的 166 例病例中共出现 39 枚螺钉松动,松动率达到 3%。然而,观察组 83 例病例并不是所有螺钉均使用 CPS,在分组时只要使用 CPS 均归入观察组,因此观察组病例中所使用的普通椎弓根螺钉在随访期也没有出现松动。这提示对于选择性进行骨水泥灌注强化的病例,骨水泥对 CPS 的强化也显著减少了其余普通螺钉的松动率。这可能与骨水泥的选择性灌注提高了整体内固定结构的稳定有关。

本研究中观察组所有病例,在术后 1 年随访时均获得与术后 3 个月一致的临床结果,包括 VAS 评分与 ODI 评分,但与之相比,对照组病例中传统螺钉并没有展示出良好的远期效果,在术后 1 年随访时平均 VAS 评分从术后 3 个月随访时的 1.5 增加到 2.4,ODI 评分从 20.6 增加到 31.5。同时观察发现对照组病例中上端固定椎的前后缘高度在术后 1 年随访时均有不同程度的丢失,以前缘压缩最为明显,进而可能导致近端椎局部后凸或邻近节段退变。而邻近节段的退变与患者远期的生活质量密切相关<sup>[19]</sup>,合并骨质疏松的患者有必要采用骨水泥螺钉的方式进行强化固定。而在临床工作中,内固定的近端椎往往位于胸腰段或胸椎后凸顶点的下方,应力较为集中,此位置应为脊柱后路内固定融合手术所关注的重点。

脊柱退行性侧凸患者往往年龄较大,合并骨质疏松,传统的脊柱内固定方式可能不能获得较好的远期融合效果,甚至经常因侧凸畸形的矫形丢失而需要进一步翻修手术<sup>[20-21]</sup>。而将骨水泥螺钉选择性用于退行性侧凸可以显著提高内固定的稳定性,尤其是减少远期的矫形丢失,避免再次手术,提高患者的生活质量。而目前的多孔中空螺钉设计,如 CPS,并没有显著增加出血量及并发症,其安全性也在可接受范围内。因此,骨水泥螺钉为脊柱退行性侧凸的整体矫形策略增加了更

多的选择性及可能性。

合并骨质疏松的脊柱后凸畸形往往容易出现上下端椎的螺钉拔出或松动,这往往是脊柱后凸畸形远期矫形丢失的重要原因之一。本研究将骨水泥强化椎弓根螺钉的方法用于后凸畸形患者的脊柱后路矫形策略中,提高了整体内固定的稳定性。在本研究中,采用骨水泥强化 CPS 固定技术治疗后凸畸形的病例均被归入观察组,共 9 例。其 SVA 从术前的 82.8 mm 改善到术后的 23.7 mm; LL 从术前的  $-8.7^\circ$  改善到  $-35.1^\circ$ ,术后 1 年随访均未见明显矫形丢失。而对照组 18 例后凸畸形病例 1 年随访时的 SVA 丢失率达到 33%,LL 达到 9%,两组之间有显著差异。根据本研究中术者的经验,在后凸畸形中使用骨水泥螺钉需要注意以下几个方面问题:1)对于相对僵硬的脊柱后凸畸形,需要根据情况适当行 Ponte 截骨,甚至 PSO 截骨;2)在螺钉置入的过程中需要充分考虑整体畸形的影响,如在固定节段的两端使用长尾螺钉,便于置棒;3)在选择性置入骨水泥螺钉时,尽量选择应力集中、骨质较松的位置,通过骨水泥灌注提高整体内固定结构的稳定性;4)在胸椎较高节段灌注骨水泥可能存在骨水泥入血致肺栓塞的风险,术中需要注意。

本研究为病例回顾研究,存在一定不足。在病例回顾中发现对照组病例的随访时间较观察组长,这说明对照组病例的手术日期较早,而随着骨水泥螺钉的广泛应用,观察组病例主要集中在随访区间较晚时间。因此两组患者的收治并不在同一时间段,该因素可能干扰研究结果。同时,该研究为单中心回顾研究,病例数有限,在骨水泥螺钉临床应用方面还需要大样本、多中心的前瞻性研究以得出更为严谨的结果。

综上,采用骨水泥椎弓根螺钉治疗合并骨质疏松的多种脊柱退行性疾病安全有效,可以获得满意的远期效果。

#### 参考文献

- 1 Becker S, Chavanne A, Spitaler R, et al. Assessment of different screw augmentation techniques and screw designs in osteoporotic spines [J]. *Eur Spine J*, 2008, 17 (11): 1462-1469.
- 2 Wu ZX, Gao MX, Sang HX, et al. Surgical treatment of osteoporotic thoracolumbar compressive fractures with open vertebral cement augmentation of expandable pedicle screw fixation: a biomechanical study and a 2-year follow-up of 20 patients [J]. *J Surg Res*, 2012, 173 (1): 91-98.
- 3 Lorenz A, Leichtle CI, Frantz S, et al. Pull out Strength of Dual Outer Diameter Pedicle Screws Compared to Uncemented and Cemented Standard Pedicle Screws: A Biomechanical in vitro Study [J].

- Orthop Surg, 2017, 9 (2): 229-236.
- 4 Sengupta DK, Herkowitz HN. Pedicle screw-based posterior dynamic stabilization : literature review [J/OL]. <https://www.hindawi.com/journals/aorth/2012/424268>.
  - 5 Bostelmann R, Keiler A, Steiger HJ, et al. Effect of augmentation techniques on the failure of pedicle screws under cranio-caudal cyclic loading [J]. Eur Spine J, 2017, 26 (1): 181-188.
  - 6 Hu MH, Wu HTH, Chang MC, et al. Polymethylmethacrylate augmentation of the pedicle screw : the cement distribution in the vertebral body [J]. Eur Spine J, 2011, 20 (8): 1281-1288.
  - 7 Chen LH, Tai CL, Lee DM, et al. Pullout strength of pedicle screws with cement augmentation in severe osteoporosis : a comparative study between cannulated screws with cement injection and solid screws with cement pre-filling [J]. BMC Musculoskelet Disord, 2011, 12 : 33.
  - 8 Tan QC, Wu JW, Peng F, et al. Augmented PMMA distribution : improvement of mechanical property and reduction of leakage rate of a fenestrated pedicle screw with diameter-tapered perforations [J]. J Neurosurg Spine, 2016, 24 (6): 971-977.
  - 9 Chen P, Li Z, Hu Y. Prevalence of osteoporosis in China : a meta-analysis and systematic review [J]. BMC Public Health, 2016, 16 (1): 1039.
  - 10 Si L, Winzenberg TM, Jiang Q, et al. Projection of osteoporosis-related fractures and costs in China : 2010-2050 [J]. Osteoporos Int, 2015, 26 (7): 1929-1937.
  - 11 Weiser L, Huber G, Sellenschloh K, et al. Insufficient stability of pedicle screws in osteoporotic vertebrae : biomechanical correlation of bone mineral density and pedicle screw fixation strength [J]. Eur Spine J, 2017, 26 (11): 2891-2897.
  - 12 Kueny RA, Kolb JP, Lehmann W, et al. Influence of the screw augmentation technique and a diameter increase on pedicle screw fixation in the osteoporotic spine : pullout versus fatigue testing [J]. Eur Spine J, 2014, 23 (10): 2196-2202.
  - 13 Chen HC, Lai YS, Chen WC, et al. Effect of different radial hole designs on pullout and structural strength of cannulated pedicle screws [J]. Med Eng Phys, 2015, 37 (8): 746-751.
  - 14 McLachlin SD, Al Saleh K, Gurr KR, et al. Comparative assessment of sacral screw loosening augmented with PMMA versus a calcium triglyceride bone cement [J]. Spine, 2011, 36 (11): E699-E704.
  - 15 Jacob AT, Ingalthalikal AV, Morgan JH, et al. Biomechanical comparison of single- and dual-lead pedicle screws in cadaveric spine [J]. J Neurosurg Spine, 2008, 8 (1): 52-57.
  - 16 Amendola L, Gasbarrini A, Fosco M, et al. Fenestrated pedicle screws for cement-augmented purchase in patients with bone softening : a review of 21 cases [J]. J Orthop Traumatol, 2011, 12 (4): 193-199.
  - 17 代朋乙, 黄昌林. 可注射骨水泥椎弓根螺钉系统联合椎间融合治疗腰椎滑脱并骨质疏松症的临床效果观察 [J]. 解放军医学杂志, 2016, 41 (10): 853-858.
  - 18 代飞, 刘瑶瑶, 孙东, 等. 新型可注射骨水泥椎弓根螺钉与骨水泥钉道强化在治疗腰椎滑脱伴骨质疏松中的比较研究 [J]. 脊柱外科杂志, 2014, 12 (5): 257-261.
  - 19 Chou WY, Hsu CJ, Chang WN, et al. Adjacent segment degeneration after lumbar spinal posterolateral fusion with instrumentation in elderly patients [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2002, 122 (1): 39-43.
  - 20 Ha KY, Kim YH, Ahn JH. Is it real adjacent segment pathology by stress concentration after limited fusion in degenerative lumbar scoliosis? [J]. Spine, 2014, 39 (13): 1059-1066.
  - 21 Wang H, Ma L, Yang D, et al. Incidence and risk factors for the progression of proximal junctional kyphosis in degenerative lumbar scoliosis following long instrumented posterior spinal fusion [J]. Medicine (Baltimore), 2016, 95 (32): e4443.