

可膨胀椎弓根螺钉在骨质疏松性脊柱固定手术中的应用

李洪波 吴培斌 李荣金 赵永平

中图分类号: R687.3 文献标识码: A 文章编号: 1006-7108(2011)08-0699-06

摘要: 目的 评价膨胀式椎弓根螺钉(expandable pedicle screw, EPS)在骨质疏松情况下的胸腰椎疾病经椎弓根固定的可靠性。方法 回顾性分析2008年1月至2010年12月收治且定期随访至少12个月的骨质疏松合并腰椎疾患行后路手术患者56例(随机、非盲),男25例,女31例;年龄45岁~72岁,平均61.3岁;病程2个月~5年,平均13.5个月。其中腰椎间盘突出症9例,腰椎管狭窄症14例,腰椎滑脱(按Meyerding分级): I度7例, II度6例, III度3例,胸腰椎结核2期后路融合手术6例,压缩性骨折7例、翻修手术4例。术前均采用双能X线吸收法(DXA),按照国际临床骨密度学会ISCD的质量控制要求,采用美国GE公司骨密度仪,检测腰椎骨密度(bone mineral density, BMD),证实BMD平均下降2.7个标准差。手术方式均采用腰椎后路椎弓根螺钉系统固定,患者被随机分组,采用EPS螺钉固定28例,普通椎弓根螺钉固定28例;随访观察患者疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)、改良Prolo功能评分,重点通过X线、CT的影像学检查评估螺钉稳定性及融合情况。结果 所有患者均获15~24月随访,平均18月;EPS组术后1年有85.7%的患者螺钉位置稳定,脊柱融合率为85.7%,在EPS组中1例患者在第2次手术取钉时出现断钉情况;CPS组术后1年仅有60.0%的患者螺钉位置稳定,脊柱融合率为85.0%,未出现螺钉取出困难情况;术前、术后3个月、术后6个月、术后12个月的VAS及改良Prolo功能评分显示较术前改善,但两组间差异不具统计学意义;同时所有患者中出现并发症的有16例(33.3%)、输血病例22例(45.8%),但两组之间并发症比较不具统计学意义。结论 在胸腰椎疾病患者合并骨质疏松条件下采用EPS固定是稳定、有效的, EPS相比CPS可获得更强的固定能力,能有效地解决术后螺钉松动、脱落等问题,适宜用于在骨质疏松性脊柱疾病的融合固定手术中使用。且操作较为简单,不会增加手术时间及出血量。同时因骨质疏松性脊柱疾病多为年龄较大患者,故手术并发症相对较多,应更重视围手术期管理。

关键词: 膨胀式椎弓根螺钉; 骨质疏松; 脊柱融合术; 治疗结果

Application of expandable pedicle screws in fixation of osteoporotic lumbar spine Li Hongbo¹, Wu Peibin¹, Li Rongjin², et al. ¹Department of Spine Surgery, the Third Affiliated Hospital of Nanchang Medical College, Nanchang 330003; ²Department of Orthopedics, the People's Hospital of Nanchang, Nanchang 330200, Jiangxi, China

Corresponding author: Li Hongbo, Email: armeil126@sina.com

Abstract: Objective To evaluate the reliability of the expandable pedicle screw (EPS) fixation for thoracolumbar spine disease in patients with osteoporosis. **Methods** A retrospective analysis was performed. From January 2008 to December 2010, 56 patients with thoracolumbar disease and osteoporosis who undergone back-path surgery were treated and followed up regularly for at least 12 months, including 25 men and 31 women, with an average age of 61.3 years old (45-72 years old). The course of the disease was between 2 months and 5 years, with an average of 13.5 months. Among the 56 patients, there were 9 cases of lumbar disc herniation, 14 cases of stenosis, 7 cases of 1st degree, 6 of 2nd degree, and 3 of 3rd degree of spondyloarthrosis, 6 cases of spinal tuberculosis with 2 times back-path fusion surgery, 7 cases of

作者单位: 330003 南昌,南昌大学第三附属医院脊柱外科(李洪波、吴培斌);南昌县人民医院骨科(李荣金、赵永平)

通讯作者: 李洪波, Email: armeil126@sina.com

compression fractures, and 4 cases of revision surgery. Bone mineral density (BMD) was tested with dual-energy X-ray absorptiometry (GE) in all patients before surgery. An average decrease of 2.7 standard deviations of BMD was found, according to ISCD standard. EPS posterior spinal fixation was applied in all surgery. The patients were randomly divided into two groups, 28 patients with EPS posterior spinal fixation, and 28 patients with conventional posterior spinal fixation. Visual analogue scale (VAS), modified Prolo functional scores, X-ray, and CT were used to follow up and to evaluate the pain and stability and integration of the screw. **Results** The mean follow-up period was 18 months (15-24 months). In EPS group, 85.7% of the screw placements were stable, and the spinal fusion rate was 85.7% in 1 year after the operation. EPS breaking occurred in 1 patient during the process of removal in EPS group. In CPS group, only 60.0% of the screw placements were stable, and the spinal fusion rate was 85.0% in 1 year after the operation. No difficulty occurred during the withdrawing of the screw. Both VAS and modified Prolo functional scores showed a significant improvement on 3, 6, and 12 months after the surgery, with no statistical significance between the two groups. Complication occurred in 16 patients (33.3%) among all the cases. Twenty-two cases (45.8%) required blood transfusions. There was no significant difference between the two groups. **Conclusion** For patients with thoracolumbar disease combined with osteoporosis, EPS fixation was stable and effective, and was more fixable than CPS. EPS fixation could solve several postoperative problems such as screw loosening and loss. It was suitable in fusion and fixation surgery for osteoporotic spinal diseases. And the operation was simple without increasing operation time and blood loss. Because the patients with osteoporotic spinal disease are older and more susceptible to complications, close attention should be paid during the perioperative period.

Key words: Expandable pedicle screw; Osteoporosis; Spinal fusion; Treatment outcome

目前我国人口已呈老龄化趋势,因为种族及饮食等方面差异,我国的骨质疏松患者较多,其中有部分患者同时合并有腰椎疾患,并有相当一部分患者需手术治疗。目前手术的方式主要以融合固定手术为主,后路椎弓根螺钉固定系统较为常用,但螺钉松动等并发症并不少见^[1]。我院自2008起采用膨胀式椎弓根螺钉应用于椎体条件不佳情况的脊柱融合固定手术,现报告如下:

1 资料与方法

1.1 一般资料

南昌大学第三附属医院2008年1月至2010年12月收治且定期随访至少12个月的骨质疏松合并腰椎疾患行脊柱后路融合固定手术的患者56例,男25例,女31例;年龄45岁~72岁,平均61.3岁;病程2个月~5年,平均13.5个月;腰椎疾患包括:腰椎间盘突出症9例,椎管狭窄14例,腰椎滑脱:I度7例,II度6例,III度3例,胸腰椎结核病灶清除术后行2期后路融合手术6例,压缩性骨折7例、翻修手术4例。所有患者经术前评估和处理,均无明显手术禁忌证。本研究获得医院伦理委员会批准,术前均向患者说明相关情况,与患者签署知情同意书等。手术方式采用腰椎后路椎弓根螺钉系统固定;其中采用EPS螺钉固定28例,普通椎弓根螺钉

固定28例;术前合并其他系统疾病包括:高血压、糖尿病、脑血栓、贫血、呼吸系统等疾病。

1.2 手术方法

采用全身麻醉,患者取俯卧位,以目标椎为中心作后正中入路,依次显露相邻上下椎椎板及关节突;术中利用C型臂透视定位,椎弓根螺钉置入方法采用Weinstein定位法,用咬骨钳或开路椎去除进钉点处骨皮质,使用椎弓根探子逐渐钻入椎弓根及椎体内,钝头探针探查钉道四壁的完整性后放置金属定位针,在“C”臂机透视下确认螺钉的方向和位置及长度,攻丝后沿钉道方向拧入EPS,放置膨胀内芯,安装预弯的固定棒并拧紧螺帽,此时随着膨胀内芯进入EPS钉体前部使得钉体前部发生膨胀。钉棒安装完毕及减压后行双侧横突间植骨。对于置钉条件极差患者同时经钉道行骨水泥强化处理,压缩性骨折患者在手术同时行经伤椎弓根椎体内植骨(同种异体骨或椎管减压所得自体骨)、腰椎滑脱患者行Cage椎间融合器植骨结合横突间植骨。

1.3 围手术期处理

术前均行血常规、肝肾功能、凝血功能、血糖、电解质、胸片、心电图、心脏彩超和肺功能等检查。高血压患者术前1周进行降压治疗,控制在正常范围,术后继续降压治疗,心功能稳定在正常或I级的基础上实施手术。糖尿病患者术前给予皮下注射胰

胰岛素,控制空腹血糖低于7.8 mmol/L,餐后2h血糖低于11.1 mmol/L,术后继续控制血糖,条件允许可逐渐改为口服药物降血糖。脑血管疾病患者术前行头颅CT或MRI检查排除出现新鲜病灶可能,在围手术期不使用抗凝药或止血药。肺功能不良及通气功能障碍者,术前进行呼吸功能锻炼,吸氧及抗生素控制感染。脊柱结核患者术前行四联(异烟肼、链霉素、利福平、吡嗪酰胺)抗痨治疗2~3周,待患者全身中毒症状缓解,食欲明显好转,ESR < 40 mm/h、HB > 100 g/L时实施手术,术后继续四联抗痨治疗,吡嗪酰胺应用3个月后停药,链霉素在总量达90 g后改用乙胺丁醇,持续1.0~1.5年。所有患者在围手术期均行抗骨质疏松治疗改善患者骨质情况,包括基础措施和药物治疗(活性维生素D₃、钙剂、降钙素、双膦酸盐等)。术后均给予抗炎等药物治疗,常规负压引流,无特殊情况24h内引流量<50 ml后拔出引流管,术后卧床休息2~4周后戴腰围下地逐渐活动,并指导患者早期进行功能锻炼,避免卧床、制动所造成患者骨量的进一步丢失。

1.4 术后随访及疗效评价指标

所有患者均记录手术时间和术中出血量,通过门诊影像学复查及对患者发问卷调查表随访并发腰背痛情况进行随访。采用视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)、ODI评分及改良Prolo功能评分^[2]进行评估。

影像学检查包括:术前,术后1周、3个月、6个月、1年的X线及CT扫描。椎体间是否骨性融合参考Suk^[3]及Christensen^[4]方法,评定如下:①完全融合,在融合节段间有连续性骨小梁所形成的骨桥并连接上下椎体,动态位片上节段间相对活动<4mm,屈伸度<5°;②部分融合,在融合节段间可见连续性骨小梁形成,但未见骨桥连接于上下椎体;③融合失败,未见有连续性骨小梁形成,动态位片上节段间相对活动>4 mm,屈伸度>5°。我们把融合失败与部分融合定义为融合不成功。螺钉稳定性判断依据X线片及CT扫描的影像学检查,并参照Singh^[5]方法,判断如下:①螺钉稳定,影像学检查无螺钉松动迹象、同时周围可见致密骨小梁;②螺钉欠稳定,影像学检查未见松动,但螺钉周围骨小梁较稀疏、可见低密度区;③螺钉松动,影像学检查可见螺钉移位、断裂或脱出等情况,螺钉周围间隙明显增宽、可见透光带,无明显骨小梁。我们把螺钉松动与螺钉欠稳定定义为螺钉不稳定。

依据相关文献^[6,7],我们把具备下列任何一条

即定义为内固定失败:整个内固定系统出现一处或多处的异常连续性中断,椎弓根钉体或者螺帽的松动、移位、游离,连接杆的松动或滑动,术后椎弓根内固定脊柱后凸畸形增加>10°、矢状角度丢失>10°。

2 结果

2.1 手术情况及并发症情况

所有患者均一期完成手术,两组患者在手术时间、术中出血量、并发症和住院天数方面比较差异无统计学意义(表1)。

表1 两组患者手术时间、术中出血量、并发症及住院天数的比较

组别	手术时间 (min)	术中出血量 (ml)	住院天数 (d)	术合并 疾病 (例)	术后并 发症 (例)
CPS(n=28)	205 ± 25.7	485 ± 61.8	10.7 ± 1.6	8	8
EPS(n=28)	210 ± 30.5	510 ± 70.5	11.3 ± 1.8	9	8

注:两组间的上述指标比较无统计学差异(P>0.05)

术中有3例出现硬脊膜破裂、术后有5例表现出神经根牵拉伤的症状等手术相关并发症;对于硬脊膜破裂患者术中给予缝合,但术后仍出现持续脑脊液漏情况,经俯卧位休息、引流管间断开放(保持切口不出现脑脊液渗出为准)等处理于术后3周左右切口延期愈合。资料显示,患者对失血的耐受性较差,采取术中输血12例、术后输血10例,均为成分输血。术后有16例患者回病房时发生神志改变,考虑与麻醉的耐受性相关,大多持续1~2周后逐渐恢复正常。另有7例出现肺部感染,3例出现不同程度的心功能不全,13例患者在拔除尿管后出现小便困难等情况。经对症处理后症状均有不同程度减轻或消失,未遗留严重后果,在住院期间未出现死亡病例。

2.2 椎体间融合及椎弓根螺钉稳定性分析

统计显示,使用普通椎弓根螺钉组的螺钉稳定患者仅占60.7%,螺钉不稳定患者大于35%,这与国外报道的椎弓根螺钉失败率为35.7%相比较为接近。而EPS组螺钉稳定性者为85.7%、失败率为14.3%,与普通椎弓根螺钉组比较差异具有统计学意义。考虑我们所选的病例均为骨质疏松患者,故总体上分析内固定失败率可能会低于此值。在脊柱融合率方面,普通螺钉组的融合率为82.1%,EPS组的融合率为85.7%,EPS组的融合率稍高,但两组间比较差异无统计学意义(表2)。

影像学检查显示所有EPS在椎体内的膨胀性能良好,末次随访时的膨胀程度与术后即刻的膨胀

程度基本一致,持续性良好(见图片资料)。CT扫描显示 EPS 的钉-骨界面密接性良好,螺钉周围及横突间、椎体间(腰椎滑脱患者)骨性愈合良好,螺钉的稳定性及脊柱融合情况良好。有超过1年时间的随访显示,腰椎滑脱 EPS 复位术后的患者椎体间高度及滑脱椎体的复位良好。但在 EPS 组有1例腰椎管狭窄症患者在1年后的CT扫描中发现膨胀螺钉松动,此例患者为68岁的老年女性,为严重骨质

疏松(BMD下降大于4.0个标准差),考虑螺钉松动与骨质疏松有关。在进一步的随访亦出现1例T₁₁结核患者术后2年取钉时出现有2枚EPS的部分叶瓣发生断裂,断裂部位出现在螺钉开始膨胀的部位。患者骨质疏松程度与螺钉稳定性之间的关系用直线相关性分析,不稳定($r = -0.521, P = 0.003$)显示患者的骨质疏松程度越严重,螺钉的稳定性越差。

表2 两组间一般资料及术后1年螺钉稳定性、脊柱融合比较

组别	例数	年龄(yr)	BMD (T值)	螺钉数量 (枚)	螺钉稳定性(例)			脊柱融合(例)		
					稳定	欠稳定	不稳定	融合	部分融合	未融合
CPS	28	61.2 ± 7.3	3.1 ± 0.3	148	17	7	4	23	4	1
EPS	28	60.8 ± 9.5	3.2 ± 0.4	140	24	3	1	24	3	1
χ^2					4.462	0.716				
P值					0.035	0.132				

注:螺钉松动与螺钉欠稳定定义为螺钉不稳定,两组间螺钉的稳定性进行比较: $P < 0.05$

脊柱部分融合及未融合定义为融合失败,两组间脊柱的融合情况进行比较: $P > 0.05$



图1 膨胀螺钉膨胀前、后

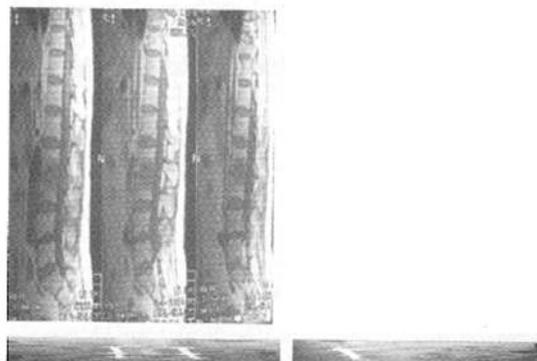


图2 椎间盘源性疼痛、终板炎症合并骨质疏松患者术前、后

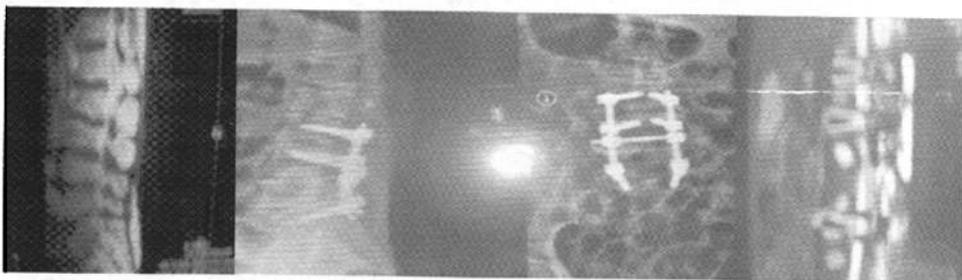


图3 腰椎管狭窄症合并骨质疏松症患者手术前、后

2.3 手术疗效及功能评分

至末次随访显示,VAS评分及ODI评分较术前有改善,术前、术后比较差异具有统计学意义($P < 0.05$);但术后6个月、术后1年的评分差异无统计学意义;两组间术前、术后的评分比较差异均无统计学意义,见表3。

表3 ODI及VAS评分的改善情况

变量	评分改善		P值
	CPS组(N=28)	EPS组(N=28)	
ODI评分			
术前	67.8 ± 10.2	66.9 ± 13.2	$P > 0.05$
6个月	20.5 ± 10.4	19.9 ± 15.4	$P > 0.05$
1年	21.7 ± 15.2	24.3 ± 17.1	$P > 0.05$
VAS评分			
术前	7.8 ± 4.2	7.3 ± 5.9	$P > 0.05$
6个月	2.9 ± 6.7	2.7 ± 5.2	$P > 0.05$
1年	2.3 ± 5.3	2.2 ± 6.3	$P > 0.05$

3 讨论

OP是一种以骨量下降、骨微结构破坏,导致骨脆性增加,易发生骨折为特征的全身性骨病,多见于绝经后妇女和老年男性。妇女绝经后雌激素分泌水

平急剧下降,垂体促性腺激素分泌增多,使骨代谢紊乱、骨丢失率增快、破骨大于成骨,骨的脆性增加;同时男性的骨发育优于女性^[8],使得正常的男性获得的骨量峰值高于女性,管状骨皮质均厚于女性,而且在骨代谢水平老化的过程中,男性骨内膜表面积下降低于女性,骨膜沉积较女性为多,使男性骨量下降较女性晚,且下降速度慢于女性;Tsai等^[9]对台湾4个主要城市的中老年脊柱骨折发病率调查,显示大于65岁的女性为20%,男性为12.5%,与老年男性相比女性趋向发生更多的骨质疏松性骨折。

同时腰椎退行性疾病亦是中老年的常见病。两类疾病同时出现的情况并不少见,而其中有相当一部分患者需进行手术治疗。近10年以来,60岁以上行腰椎后路融合固定手术的患者数量明显增多,目前认为年龄偏大并不是脊柱融合固定手术的绝对禁忌^[10]。Fuji^[11]在对12例年龄大于65岁行腰椎手术的患者进行超过12个月的患者随访发现其术后改善率与年轻患者无差异。

手术的方式较多采用后路椎弓根螺钉系统,然而由于骨质疏松患者的置钉条件较差,临床上极易发生内固定失败情况^[12]。内固定失败的评价标准为,整个内固定系统出现一处或多处的异常连续性中断,椎弓根钉体或者螺帽的松动、移位、游离,连接杆的松动或滑动,术后椎弓根内固定脊柱后凸畸形增加 $>10^\circ$ 、矢状角度丢失 $>10^\circ$ 。我们随访显示,在28例骨质疏松合并腰椎疾病患者中使用普通椎弓根螺钉1年后的内固定失败率为32.2%。故在骨质疏松的腰椎疾病患者进行后路融合固定手术,其椎弓根螺钉系统的固定强度及稳定性受到了考验^[13]。临床上,在骨质条件短期内难以改善的情况下如何提高椎弓根螺钉的固定强度和把持力是一个较为困惑的问题。

目前认为,影响椎弓根螺钉固定稳定性的因素包括:“钉-骨界面”强度、BMD、螺钉的结构、进钉次数、角度及术后活动度。Weinstein等^[14]发现椎弓根螺钉固定强度有60%在椎弓根内,达到椎体松质骨后增加15%~20%,至前方骨皮质但未穿透时又增加16%,穿透前方骨皮质则增加20%~25%,故增加螺钉长度是提高螺钉稳定性的方法之一。McKinley等^[15]通过测试螺钉位置在椎弓根内偏高或偏低时,所承受的弯曲力矩增加20%~29%,螺钉尾部未完全置入而留于骨质外3mm和5mm时所承受的弯曲力矩相应增加33%~52%。故椎弓根螺钉置入的深度应相对足够,一般从椎弓根进钉

点到椎体前缘连线长度的80%为最佳,并尽量减少螺钉尾部露于骨质外的长度。阮狄克等^[16]认为直径大的螺钉拔出强度大于直径小的螺钉,拔出强度随外径的增加而增大,且螺钉越长,固定强度越大。但是临床上增大螺钉直径以提高稳定性的方法受到椎弓根解剖结构的限制,螺钉外径最大不应超过椎弓根外径的80%,否则椎弓根螺钉直径过大可增加神经根损伤和椎弓根骨折的风险。为此,通过改善“钉-骨界面”来增加椎弓根螺钉固定强度是目前研究较多的方面,这包括改进螺钉的结构和增加钉道周壁骨质强度。前者如采用EPS或其他带空可注射骨水泥螺钉^[17],国内外学者Cook SD^[18]、雷伟^[19]先后根据膨胀原理设计出了适合在骨质疏松等较差骨质条件下应用的EPS,并取得良好结果。后者为向钉道内灌注骨水泥类材料、填塞骨质等^[20]方法,可直接增加钉道周壁骨质强度从而提高椎弓根螺钉的固定强度。但有报道^[21]出现骨水泥堵塞、骨水泥自钉道反流溢入椎管致脊髓神经损伤、螺钉取出困难及取出后椎体骨质继续丢失等情况。

随访显示,在术后1年随访时有超过85.7%的螺钉仍然稳定,这在普通椎弓根螺钉是难以实现的。取得如此的稳定性与EPS的特殊设计离不开,EPS在膨胀后纵轴切面呈三角形,可在不增加椎弓根处螺钉直径的基础上,使椎体内的螺钉直径加大,从而与周围骨质接触面成角增加,并使得螺钉的剪切应力及抗拔出能力增加;EPS膨胀后产生2个张开的“爪”状鳍,嵌入椎体骨质中,使其抗旋扭力明显高于普通椎弓根螺钉。考虑椎弓根螺钉体内受力并不全是沿其长轴方向,而且受到横向屈曲力矩及旋转应力作用,EPS依靠其特殊结构能有效对抗此种力量。随着时间推移,骨小梁将长入EPS的螺钉纵裂内,并形成一种“骨中有钉、钉中有骨”的现象,使得EPS稳定性更加牢固。目前,国内、外许多研究及实践证明EPS在骨质疏松条件下能达到普通椎弓根螺钉在正常骨质中稳定性^[22]。适宜在骨质疏松症患者或椎弓根钉道被破坏的患者中使用。但对于严重骨质疏松患者(T值 $<-3.7SD$)使用EPS仍要慎重,因为可能出现螺钉松动情况,此时结合椎弓根钉道内灌注骨水泥或改用骨水泥椎弓根螺钉可能效果更好。统计显示,BMD值 >3.8 的2例患者中有1例出现EPS松动,分析与严重骨质疏松患者自身的间充质细胞功能及数量下降有关,使成骨困难、导致较少的骨小梁甚至没有骨小梁长入EPS的膨胀缝隙中,从而使EPS失去钉-骨界面作用,由此引起

螺钉的松动,故严重的骨质疏松患者使用 EPS 仍然慎重。我们亦建议对于无骨质疏松的患者不使用 EPS,以免造成后期取钉困难,并增加住院费用。我们即有 1 例患者在取钉时出现断钉情况,致取钉困难(咬除部分骨质后方取出)、手术时间延长。断裂部位发生在螺钉开始膨胀的部位,这与 EPS 此处的螺钉应力开始减弱有关。

在 56 例手术患者中出现并发症的有 16 例(33.3%)、输血病例达 22 例(45.8%)之多。这与采用所选病例的患者年龄偏大、术前大多合并全身其他系统疾病、不能很好耐受手术等原因有关。因患者年龄均较大、病史较长,大多椎管内粘连情况均较严重,极易发生硬脊膜撕裂及神经根牵拉伤的可能。我们即有 3 例出现脑脊液漏、5 例发生神经根牵拉伤情况,神经根牵拉伤有 2 例发生在腰₄,这可能与腰₄神经根相对较细、走行距离及关节突内距较短的解剖有关,故术中应小心仔细操作,尽量避免相关并发症出现。术前我们应进行全面细致的评估工作,积极完善术前的相关检查治疗,术中仔细操作、勿使手术时间过长。术后密切观察病情变化、防患于未然,做到早发现、早处理,使患者安全度过围手术期。

需指出的是本课题为回顾性研究,存在病例数量相对偏少、随访时间较短、患者骨质疏松的评价指标较为单一、手术的操作者不是由同一医生完成等干扰因素。考虑在严重的骨质疏松患者中 EPS 的把持力仍然有限,故如何提高椎弓根螺钉的稳定性仍需进一步研究。

【参 考 文 献】

- [1] Bjarke CF, Stender HE, Laurser M, et al. Long-term functional outcome of pedicle screw instrumentation as a support for posterolateral spinal fusion: randomized clinical study with a 5-year follow-up. *Spine*, 2002, 27(12):1269-1277.
- [2] Salehi SA, Tawk R, Ganju A, et al. Transforaminal lumbar interbody fusion: technique and results in 24 patients. *Neurosurgery*, 2004, 54:368-374.
- [3] Suk S, Lee CK, Kim WJ, et al. Adding posterior lumbar interbody fusion to pedicle screw fixation and posterolateral fusion after decompression in spondylolytic spondylolisthesis. *Spine*, 1997, 22(2):210-220.
- [4] Christensen FB, Laursen M, Gelineck J, et al. Interobserver and intraobserver agreement of radiograph interpretation with and without pedicle screw implants: the need for a detailed classification system in posterolateral spinal fusion. *Spine*, 2001, 26:538-544.
- [5] Singh K, Smucker JD, Gill S, et al. Use of recombinant human bone morphogenetic protein-2 as an adjunct in posterolateral lumbar spine fusion: a prospective CT-scan analysis at one and two years. *J Spinal Disord Tech*, 2006, 19(6):416-423.
- [6] Alanay A, Acaroglu E, Yazici M, et al. Short-segment pedicle instrumentation of thoracolumbar burst fracture: Does transpedicular intracorporeal grafting prevent early failure? *Spine*, 2001, 26:213-217.
- [7] Gaines RW Jr. The use of pedicle-screw internal fixation for the operative treatment of spinal disorders. *J Bone Joint Surg (Br)*, 2000, 82:1458-1476.
- [8] 刘忠厚. 骨质疏松学. 北京: 科学出版社, 2001:199-200.
- [9] Tsai K, Twu S, Chieng P, et al. Prevalence of vertebral fractures in Chinese men and women in urban Taiwanese communities. *Calcif Tissue Int*, 1996, 59:249-253.
- [10] Deyo RA, Gray DT, Kreuter W, et al. United States trend in lumbar fusion surgery for degenerative conditions. *Spine*, 2005, 30:1441-7.
- [11] Fujii K, Henmi T, Kanematsu Y, et al. Surgical treatment of lumbar disc herniation in elderly patients. *J Bone Joint Surg (Br)*, 2003, 85(8):1146-1150.
- [12] Bjarke CF, Stender HE, Laurser M, et al. Long-term functional outcome of pedicle screw instrumentation as a support for posterolateral spinal fusion: randomized clinical study with a 5-year follow-up. *Spine*, 2002, 27(12):1269-1277.
- [13] Kim HS, Park SK, Joy H, et al. Bone cement augmentation of short segment fixation for unstable burst fracture in severe osteoporosis. *J Korean Neurosurg Soc*, 2008, 44(1):8-14.
- [14] Weinstein JN, Rydevik BL, Rausching WR. Anatomical and technical considerations of pedicle screw fixation. *Clin Orthop*, 1992, 284:34-36.
- [15] Mckinley TO, McLain RF, Yerby SA, et al. Characteristics of pedicle screw loading. Effect of surgical technique on intravertebral and intrapedicular bending moments. *Spine*, 1999, 24:18-24.
- [16] 阮狄克, 徐建强, 蔡福金, 等. 经椎弓根内固定的形态与生物力学研究. *中国畸形外科杂志*, 2000, 7(6):562-564.
- [17] Ngu BB, Belkoff SM, Gelb DE, et al. A biomechanical comparison of sacral pedicle screw salvage techniques. *Spine*, 2006, 31(6):E166-168.
- [18] Cook SD, Salkeld SL, Whitecloud TS 3rd, et al. Biomechanical evaluation and preliminary clinical experience with an expansive pedicle screw design. *J Spinal Disord*, 2000, 13(3):230-236.
- [19] 雷伟, 吴子祥, 李明全, 等. 膨胀式椎弓根螺钉固定的生物力学研究. *中国脊柱脊髓杂志*, 2004, 14(11):669-672.
- [20] Korovess P, Hadjipavlou A, Repantis T. Minimal invasive short posterior instrumentation plus balloon kyphoplasty with calcium phosphate for burst and severe compression lumbar fractures. *Spine*, 2008, 33(6):658-667.
- [21] Takigawa T, Tanaka M, Konishi H, et al. Comparative biomechanical analysis of an improved novel pedicle screw with sheath and bone cement. *J Spinal Disord Tech*, 2007, 20:462-467.
- [22] Lei W, Wu Z. Biomechanical evaluation of an expansive pedicle screw in calf vertebrae. *Eur Spine J*, 2006, 15(3):321-326.

(收稿日期: 2011-02-14)

可膨胀椎弓根螺钉在骨质疏松性脊柱固定手术中的应用

作者: 李洪波, 吴培斌, 李荣金, 赵永平

作者单位: 李洪波, 吴培斌(南昌大学第三附属医院脊柱外科, 南昌, 330003), 李荣金, 赵永平(南昌县人民医院骨科)

刊名: 中国骨质疏松杂志 

英文刊名: CHINESE JOURNAL OF OSTEOPOROSIS

年, 卷(期): 2011, 17 (8)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zggzsszz201108012.aspx