

本文引文格式:罗同青,谢湘涛,胡朝晖.单侧椎弓根旁入路在中上胸椎骨质疏松性压缩骨折经皮椎体成形术中的临床研究[J].右江民族医学院学报,2020,42(4):471-476.

【论著与临床报道】

单侧椎弓根旁入路在中上胸椎骨质疏松性 压缩骨折经皮椎体成形术中的临床研究

罗同青,谢湘涛,胡朝晖

(广西柳州市人民医院脊柱外科,广西 柳州 545006)

摘要:目的 探讨单侧椎弓根旁入路经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty,PVP)治疗中上胸椎骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression fractures,OVCFs)的特点、可行性与疗效。方法 2017年1月—2018年12月我院收治101例中上胸椎OVCFs患者(共165个椎体),均采用单侧椎弓根旁入路穿刺行PVP。术中记录手术时间、出血量、骨水泥灌注量、骨水泥渗漏情况,比较术前、术后1d及术后12个月随访时视觉模拟疼痛评分(visual analogue pain scales,VAS)、后凸角(Cobb)。结果 101例PVP手术时间16~87min,术中出血量0~8ml,单个椎体骨水泥量1.5~4.0ml。骨水泥在椎体内分布对称,无穿刺并发症。术后均获得12个月随访,VAS评分术前、术后1d、术后12个月分别为(7.86±1.05)分、(3.52±0.64)分、(2.04±0.53)分,术前与术后1d、术后12个月时VAS评分比较差异均有统计学意义($P < 0.05$),疼痛明显改善;术前、术后1d及术后12个月时Cobb角分别为(9.73±3.27)°、(9.05±3.06)°、(9.10±3.04)°,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。结论 单侧椎弓根旁入路行PVP术治疗中上胸椎OVCFs是一种有效、安全、可靠的治疗方法,尤其适用于中上胸椎重度压缩骨折。

关键词:中上胸椎骨折;骨质疏松性骨折;骨折,压缩性;椎体成形术

中图分类号:R683.2

文献标识码:A

文章编号:1001-5817(2020)04-0471-06

doi:10.3969/j.issn.1001-5817.2020.04.016

Clinical study on percutaneous vertebroplasty via unilateral parapedicular pathway for the middle upper thoracic osteoporotic vertebral compression fractures

Luo Tongqing, Xie Xiangtao, Hu Zhaohui

(Department of Spinal Surgery, Liuzhou People's Hospital, Liuzhou 545006, Guangxi, China)

Abstract: **Objective** To explore the characteristics, feasibility and efficacy of percutaneous vertebroplasty (PVP) via unilateral parapedicular approach for the treating of middle upper thoracic osteoporotic vertebral compression fractures (OVCFs). **Methods** From January 2017 to December 2018, 101 patients (165 vertebrae) with middle-upper thoracic OVCFs all underwent PVP via unilateral parapedicular pathway at our hospital. The operative time, amount of blood loss, volume of perfused bone cement and cement leakage were recorded. The visual analogue pain scales (VAS) and Cobb angle before operation, at the first day and the twelfth month after operation were compared. **Results** The PVP time for 101 patients was 16 to 87 minutes, blood loss was 0 to 8 ml, and volume of bone cement for one vertebra was 1.5 to 4.0 ml. The bone cement was symmetrically distributed in the vertebrae and no complication of puncture occurred. All cases were followed up for 12 months. The VAS score was (7.86±1.05), (3.52±0.64) and (2.04±0.53) respectively before operation, at the first day and the twelfth month after operation, and there was statistic difference by comparison of pre-operative VAS with the VAS at the first day and the twelfth month after operation ($P < 0.05$), and the pain were significantly improved. The Cobb angle was (9.73±3.27)°, (9.05±3.06)° and (9.10±3.05)° respectively before operation, at the first day and the twelfth month after operation, and there was no statistic differ-

基金项目:广西壮族自治区卫生和计划生育委员会自筹经费科研课题(Z20170678)

第一作者简介:罗同青(1977-),男,硕士,副主任医师,研究方向:脊柱外科及骨质疏松,E-mail:luotongqing2929@sina.com

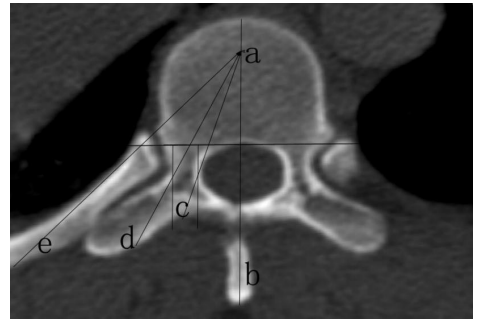
ence among them ($P > 0.05$). **Conclusion** The procedure of PVP via unilateral parapedicular pathway is safe, feasible, and effective for treating middle and upper thoracic OVCFs, especially suitable for middle and upper thoracic vertebrae with severe compression fracture.

Key words: middle and upper thoracic vertebral fractures; osteoporotic fractures; fractures, compression; vertebroplasty

随着老龄化社会的到来,老年性骨质疏松症致脆性骨折如椎体压缩骨折等逐渐成为全球性健康问题,椎体成形术因安全有效、迅速缓解疼痛、创伤小、并发症低已成为椎体压缩骨折常规治疗方法之一。腰椎及胸腰段椎体压缩骨折椎体成形技术难度不高。而中上胸椎由于椎弓根直径小且椎弓根直径、长度及外展角度变化大^[1],中上胸椎后凸大,椎弓根轴线和椎旁终板不平行等解剖学原因;其次由于肩胛骨及肋骨、胸骨的遮挡术中透视欠清晰,穿刺技术要求高、难度大。常规 C 臂 X 线机椎弓根投影有时显示不清导致穿刺有误和/或穿刺不成功、穿破椎弓根等,引起椎管内血肿或骨水泥渗漏等严重并发症。为解决这些难题,国内外学者^[2-3]利用椎弓根外侧入路或肋椎入路及 CT 引导下中上胸椎或腰椎椎体成形术。本研究在椎弓根外侧入路的基础上改善穿刺入路,利用单侧椎弓根旁入路行椎体成形术,可减少上述不利因素导致的并发症和风险,是一种相对安全、无血管无神经的穿刺入路^[4],尤其对于中上胸椎合并重度椎体压缩骨折的患者,单侧椎弓根旁入路是更好的选择。2017 年 1 月—2018 年 12 月,我科在 C 臂 X 线机监测下行中上胸椎经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)治疗年龄在 55 岁以上的压缩性骨折患者 101 例,并进行随访分析,疗效满意,报道如下。

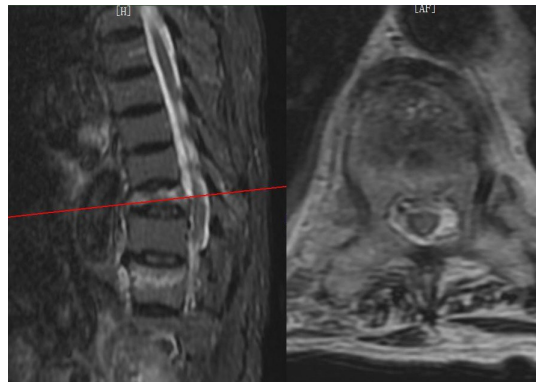
1 资料和方法

1.1 临床资料 本组共 101 例患者,其中男性 29 例,女性 72 例,年龄 55~92 岁,平均年龄(70.42±5.68)岁。均以胸背疼痛、胸腰部活动受限为主要症状,部分有助间神经痛,无明显脊髓受压症状及体征。患者大部分有轻微外伤史如扭伤及跌倒史等,部分无明确外伤史,骨折前均可正常生活。术前常规行 X 线、MRI、CT 检查和双能骨密度检测等,CT 明确有无椎弓根异常如缺失及椎弓根大小、椎体高度尤其椎体前缘高度等,MRI 了解有无椎体上下终板及前后壁有无破损,X 片明确椎体前后缘高度、Cobb 角等(典型病例的 CT、MRI 及 X 片影像学表现见图 1、图 2、图 3)。101 例累计伤及 165 个椎体,包含中上胸椎 116 个节段,单节段 50 例,双节段 39 例,三节段 11 例,四节段 1 例(具体分布节段见表 1)。受伤至手术时间 1~46 d,中位时间为 6.64 d。有基础疾病控制良好,如高血压病、冠心病、糖尿病等,其中高血压病 25 例,糖尿病 5 例,高血压合并冠心病 7 例,糖尿病合并冠心病 3 例,均药物控制良好。



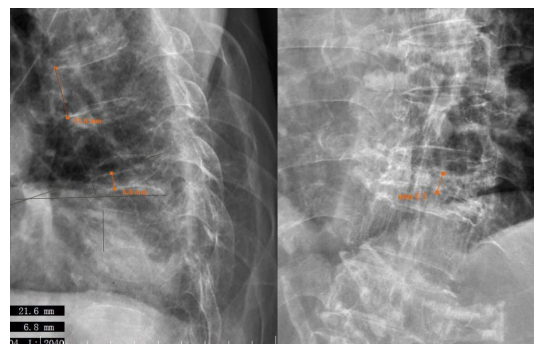
注:a 点代表椎体前 1/4;ab 线代表椎体中线;ac 代表穿刺路径最内侧缘;ae 代表穿刺最外侧缘;cab 角度约 20°,dab 角度约 30°,eab 角度约 45°。

图 1 胸椎 CT 平扫及解剖标线



注:未见明显椎管内侵犯,胸 8 椎体重度压缩骨折。

图 2 术前胸 8 和胸 10 椎体骨折核磁共振图像



注:上位椎体前缘高度 21.6 mm,伤椎前缘高度 6.8 mm,下位椎体前缘高度 22.9 mm,伤前缘高度 6.8 mm,压缩比 6.80/(21.6+22.9)=30.5%,Cobb 角 17.5°。

图 3 术前伤椎正侧位 X 线片

表 1 伤椎椎体节段分布

椎体	单节段	双节段	三节段	四节段	合计
T2	0	1	0	0	1
T3	1	1	1	0	3
T4	1	4	0	0	5
T5	0	4	2	0	6
T6	14	11	2	1	28
T7	15	10	7	0	32
T8	19	17	5	0	41
T9	0	2	5	0	7
T10	0	2	1	1	4
T11	0	7	1	0	8
T12	0	9	2	1	12
L1	0	4	3	1	8
L2	0	1	2	0	3
L3	0	3	1	0	4
L4	0	2	1	0	3
合计	50	78	33	4	165

1.2 手术方法 患者俯卧位,胸腹部垫手术垫或折叠棉被保证耐受手术。术中监测生命体征。定位穿刺前调整手术床及 C 臂 X 线机使患椎一侧终板呈一线影(或靠近穿刺部位的终板成一线影),同时使棘突线即椎体中线双侧对称;侧位显示靠近穿刺部位的终板成一线影。定位患椎后,定位皮肤穿刺点,常规皮肤消毒铺巾,用 1%利多卡因 5~10 ml 局麻浸润直至骨膜,棘突旁开 4~6 cm,外展 30°~45°穿刺,正位透视穿刺针位于椎弓根外侧、椎弓根外上或椎弓根外下,具体的穿刺范围在 CT 轴位的 ead 角内(见图 1),使穿刺针尖端能达到中线即棘突,改侧位,调整穿刺针头倾或尾倾,保证穿刺针尖在椎体中线能到达椎体中前 1/5~1/3 处,拔出针芯(见图 4、图 5)。按骨水泥固定粉液比 1:1 配制骨水泥,将 10 ml 骨水泥注入加压器,轻推加压器至少量骨水泥通过穿刺针进入椎体,待骨水泥成丝后继续加压注射入骨水泥,连续透视监测骨水泥进入椎体情况、有无渗漏及是否过中线等(见图 4、图 5),术中监测患者双下肢感觉运动情况。2~5 min 后取下加压注射器,插入针芯。为避免拔出困难,骨水泥注射完后多次反复旋转穿刺针,而后拔出穿刺针,无菌敷料覆盖。

1.3 术后处理 术后 2 h 绝对卧床休息,手术后 24 h 内床上活动,术后 1 d 复查行 X 线或/和 CT 检查了解骨水泥填充情况、有无渗漏等,术后 24 h 后下床活动,并行胸腰背肌功能锻炼,定期随访复查骨密度及胸椎 X 片。按国际标准常规抗骨质疏松治疗终生(利塞膦酸钠 35 mg,每周 1 次,阿法骨化醇片 0.5 μ g,每天 1 次)。

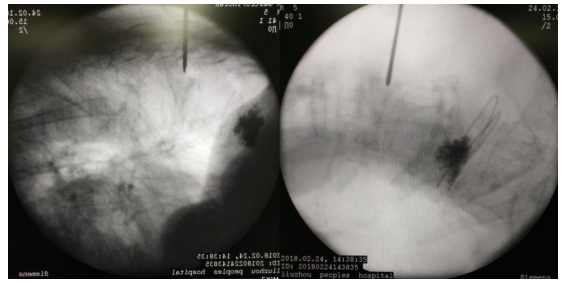


图 4 术中定位穿刺方向:椎弓根外下穿刺入路正侧位 X 线片

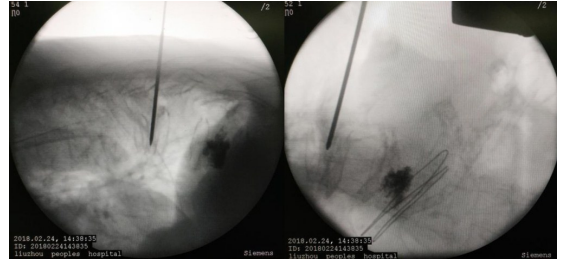


图 5 术中椎弓根外下入路穿刺成功后注射骨水泥前 X 线片

1.4 临床及影像学评估 记录术中出血量、术中注入骨水泥的量、手术时间与术后并发症,记录术中骨水泥充填情况,有无渗漏。采用 VAS 评分评估患者术前、术后 1 d 及术后 12 个月疼痛。测量和比较手术前、术后 1 d 及 12 个月凸角 Cobb 角(伤椎上终板与下终板直线延长线的交角)如图 3 所示。

1.5 统计学方法 用 SPSS 22.0 进行数据统计学分析处理。手术前后 VAS 评分、Cobb 角采用重复测量的方差分析统计分析,若有统计学意义,组间用 LSD 法行两两比较,取 $\alpha=0.05$ 作为统计界值, $P < 0.05$ 认为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 术中及术后情况 术前控制患者血压,收缩压不超过 21.28 kPa。所有患者均顺利完成手术,术中出血 0~8 ml,平均(1.63 \pm 0.63) ml,手术时间 16~87 min,每椎需时平均(23.81 \pm 7.56) min,骨水泥注射量 1.5~4 ml,平均(2.70 \pm 0.53)毫升/椎,本组中有 1 例压缩程度约 70%,仅注射 1.50 ml,术中无血压明显下降等需干预的情况发生。无脊髓神经损伤或肺栓塞等并发症发生。术后 1 d 下地行走,术后 1~3 d 出院。

2.2 临床评估 术前与术后 1 d、12 个月 VAS 评分比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$),术后 1 d 与术后 12 个月 VAS 评分比较差异有统计学意义($P < 0.01$),见表 2。

2.3 影像学评价 术中透视、术后复查 X 片或/和 CT 均显示骨水泥充填良好、分布均匀(如图 6、图 7、

图 8), 有 1 个椎体出现少量椎体外侧穿刺点、椎间隙渗漏 2 例, 2 个椎体出现椎体周围静脉渗漏, 无椎管内及椎间隙骨水泥渗漏发生等并发症。术中透视穿刺针尖均达到或超过中线。患者 Cobb 角术后 1 d、12 个月均无明显变化, 较术前比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$); 术后 12 个月随访椎体前缘高度无丢失, Cobb 角无增大, 与术后 1 d 比较差异亦无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 2。

表 2 胸椎骨质疏松性压缩骨折患者手术前后 VAS 与 Cobb 角比较

时段	n	VAS/分	Cobb 角/°
术前	101	7.86 ± 1.05	9.73 ± 3.27
术后 1 d	101	3.52 ± 0.64 ^a	9.05 ± 3.06
术后 12 个月	101	2.04 ± 0.53 ^{ab}	9.10 ± 3.04

注: ①表内计量资料数据以 ($\bar{x} \pm s$) 表示; ②与术前比较: a: $P < 0.05$; 与术后 1 d 比较: b: $P < 0.01$ 。

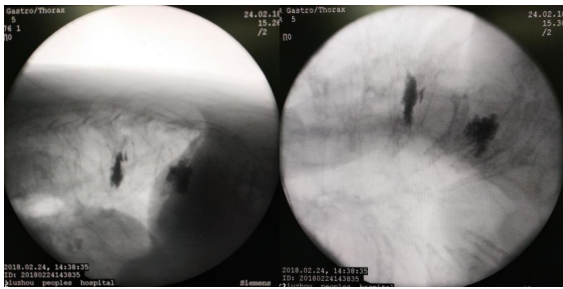


图 6 术中注射骨水泥后 X 线正侧位像



图 7 术后复查正位及侧位 X 片

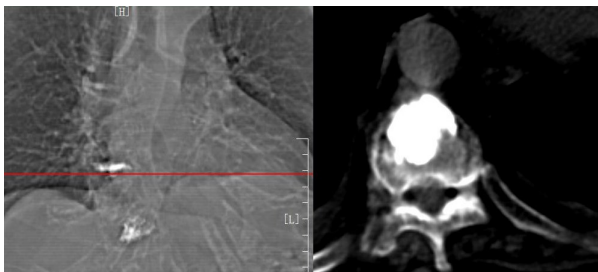


图 8 术后复查 CT 片(骨水泥分布均匀, 无渗漏)

3 讨论

目前治疗骨质疏松椎体压缩骨折用保守治疗及微创椎体成形(percutaneous vertebroplasty, PVP)或后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)等。PVP 治疗骨质疏松椎体压缩骨折已为患者及医务人员接受。本文定义中上胸椎为胸 8 以上的胸椎, 由于中上胸椎椎弓根纤细且后凸角大, 且椎弓根直径、外展角度变化大等^[1], 其次由于肩胛骨及肋骨、胸骨的遮挡术中透视欠清晰, 穿刺技术要求高, 难度大; 腰椎及胸腰段由于椎弓根直径相对较大, 无肩胛骨、肋骨、胸骨的遮挡, 解剖相对清楚, 容易定位。骨水泥椎体内分布不对称可引起椎体承重不均导致椎体压缩变形^[3,5], 而骨水泥左右分布基本对称或骨水泥分布越过中线利于椎体侧方强度及刚度的恢复, 减少对侧骨折的再发生^[6]。为减少骨水泥分布不均发生, 可以采用双侧穿刺, 尤其在中上胸椎或在单侧穿刺后骨水泥分布不均或未过中线再次对侧穿刺完成椎体成形时。为减少穿刺过程中骨水泥渗漏及穿刺过程中椎管内血肿或骨水泥渗漏进入椎管致胸脊髓受压截瘫等严重并发症, 有学者采用椎弓根外侧^[2]或肋椎入路行胸椎椎体成形, 有学者采用 CT 导航^[3]或 O 型 X 光机导航行中上胸椎椎体成形术, 对于基层医院推广使用较难。对于中上胸椎合并重度椎体压缩骨折即椎体高度少于原椎体高度的 1/3, 由于胸椎压缩程度超过 2/3 或椎体上下缘成角大及楔形变大, 通过椎弓根入路行椎体成形穿刺难度大, 技术要求高, 骨水泥渗漏率高。研究表明骨水泥渗漏与椎体骨壁裂口有明显相关性, 而椎体压缩程度及低黏度骨水泥是骨水泥渗漏的强烈危险因素^[5], 而重度椎体压缩骨折比非重度骨折骨水泥渗漏率高^[7], 重度椎体压缩骨折行椎体成形被部分文献定为相对禁忌。对于中上胸椎重度压缩骨折通过椎弓根入路穿刺难度更大, 因而对于中上胸椎椎体压缩骨折或胸椎骨折合并重度压缩骨折行椎体成形迫切需要改进穿刺技术及手术方式, 提高穿刺准确率及减少穿刺并发症, 减少骨水泥渗漏等风险。

腰椎及胸腰段椎体成形椎弓根入路技术成熟且风险较少, 而中上胸椎体压缩骨折椎体成形由于胸椎椎弓根纤细, 椎弓根外展角度变化较大, 椎弓根横径及矢状径大小变化大。Kaur K 等^[1]研究显示胸椎椎弓根横径由 T1(9.27 ± 1.01) mm 降至 T4(4.50 ± 0.93) mm, 而后增至 T12(8.31 ± 1.83) mm, 矢状径逐渐增大, 而胸椎椎弓根外展角度由 T1(35.4 ± 2.21)°降至 T12(-9.8 ± 2.39)°, 矢状径由从 T1~T12, 逐渐增大提示椎弓根直径及外展角度每一个胸

椎均不一致,且变化较大,中上胸椎的椎弓根直径及横径更小。椎体成形常规穿刺针直径为3.5 mm,直径小的穿刺针为2.5 mm,因而中上胸椎椎弓根入路因椎弓根直径及外展角度等原因易致椎弓根内壁破裂出现椎管内血肿或骨水泥渗漏脊髓受压,风险相对较大,且胸椎椎管相对腰椎管容积少,血肿、骨水泥渗漏后脊髓受压出现脊髓并发症较大。椎弓根旁的概念来自胸椎椎弓根旁螺钉,Clerk-Lamallice O等^[8]利用椎弓根旁入路行椎体成形加固松动的椎弓根钉所致疼痛,疼痛缓解明显,因而椎弓根旁入路行椎体成形术可行。

单侧穿刺入路行椎体成形术要求穿刺针达到椎体中线前中1/4(或1/5~1/3),可使骨水泥充填分布比较均匀。而单侧椎弓根入路,由于椎弓根外展角度的限制,穿刺针外展角20°左右,增加深度易致椎体前缘破裂骨水泥椎前渗漏,增加外展角度易致椎弓根内侧皮质破裂骨水泥渗漏进入椎管,且中上胸椎椎弓根长度、直径外展角无固定的数值,变化大^[1],因而不同椎体椎弓根入路角度及深度不一,而椎弓根旁入路不受椎弓根上述参数的影响。椎弓根旁入路是以椎弓根外缘连线为界,从椎弓根外侧、外上或外下不经椎弓根入路,包括椎弓根外侧入路、椎弓根外上及外下入路。椎弓根外侧入路在椎体上下缘成角不大即楔形变小的可行,而对于椎体上下缘成角大,我们采用椎弓根外上或外下入路穿刺行椎体成形。我们提出单侧椎弓根旁入路,即从图1中eac的范围穿刺比dac更容易达到靶点a点即椎体中线前中1/4(或1/5~1/3),不易穿破椎弓根内壁,椎弓根旁入路不经过椎弓根,无胸椎椎弓根解剖参数如直径、外展角等限制,外展角更大,头尾倾更自由,甚至可平行终板穿刺即椎弓根外上或外下穿刺入路。本组1例胸8椎体重度压缩骨折,通过椎弓根下缘及外缘交点的外侧进入椎体,穿刺针平行于椎体下终板;外上入路通过椎弓根上缘及外缘交点的外侧进入椎体,穿刺针平行于椎体上终板。通过椎弓根旁入路可在胸椎压缩骨折椎体中线(术中侧位透视椎体前后缘中点的连线),所以椎弓根旁入路相对不受椎体压缩程度和楔形变的影响,不会穿破终板导致骨水泥渗漏进入椎间隙。临床上由于胸椎重度压缩骨折、椎体上下缘成角大即楔形变大、椎弓根内壁破裂及变异等,以及严重骨质疏松、退行性侧弯、旋转等使椎弓根显示不清,可行椎弓根旁入路完成穿刺,椎弓根显示不清时可参考邻近椎体的椎弓根连线做出椎弓根外缘连线,结合椎体上下缘的位置完成穿刺。

本组病例未发现明显椎弓根破裂导致椎管内血肿形成或骨水泥渗漏进入椎管压迫脊髓等严重并发症,

术后复查X片或/和CT提示骨水泥充填良好、分布均匀,术后疼痛基本缓解,VAS评分术前及术后比较,差异有统计学意义。患者术后1d下地行走活动,术后1~3d患者出院。术后随访患者疼痛无加重,手术前后椎体的Cobb角无改变,术后12个月随访Cobb角无明显变化,提示椎体高度无再塌陷,随访中未发现邻近椎体骨折及患椎再骨折,而研究表明PVP后再发骨折可能与骨水泥的注射量、骨水泥渗漏、骨质疏松程度及骨折压缩程度等有关^[9-10]。

本组病例均采用单侧椎弓根旁入路完成PVP,当穿刺针尖达到椎体前中1/4为靶点(可为1/3~1/5)及达到中线通过加压器注射成丝期的骨水泥胸椎1.5~4.0 ml,平均(2.70±0.53)毫升/椎,而大部分学者认为胸椎椎体成形骨水泥的量为3.0~5.0 ml,本组稍少,可能存在重度压缩骨折可能。对于注射骨水泥的量,Liebschner MA等^[11]研究表明15%骨水泥体积是恢复骨折椎体刚度所必需。Sun HB等^[12]研究表明骨水泥注射最佳容积为19.78%,随着骨水泥注入量的增加,骨水泥渗漏率明显升高,Kwon HM等^[13]研究提示椎体成形注射骨水泥的最佳容积为椎体容积的27.8%。Kim JM等^[14]研究表明骨水泥量为椎体容积的30%时,椎体的硬度已从骨质疏松状态达到正常状态,再增加骨水泥易致邻居椎体继发骨折。一项回顾性研究表明^[15],骨水泥的渗漏跟注射骨水泥的量呈正相关。因而我们认为骨水泥量在15%~30%均可接受,且骨水泥量不能作为唯一标准,必须注意骨水泥量与椎体容积的比。对于压缩程度较大如重度压缩骨折的椎体其容积相应减少,骨水泥的量相对减少,本组平均注射量(2.70±0.53) ml,与既往研究相符^[3,12]。

本组选用单侧椎弓根旁入路行PVP,根据解剖学特点、手术要求、术前影像学结果如术前CT或MRI及既往研究结果^[4],术前CT及MRI定位了解患者压缩椎体椎弓根外展角度、穿刺针外展角度、有无变异或制定穿刺入路等完成PVP。术后复查X片或/和CT均提示骨水泥充填良好、均匀,椎管内无渗漏。1例出现椎弓根外侧椎体外渗漏(术后CT提示穿刺点渗漏),椎体外静脉渗漏1例,椎间隙即终板渗漏2例(术前MRI提示终板有破裂),无严重并发症。术后1d及术后12个月随访患者疼痛较术前明显缓解,Cobb角无明显变化,无椎体高度的丢失。

总之,对于中上胸椎椎体骨质疏松性压缩骨折,术前完善MRI及CT、X线片等充分了解椎体压缩程度、楔形变程度及椎弓根情况等,分析穿刺针尖端能否到达椎体中线前中1/3~1/5而不突破上下终板及椎体

前缘,选择合适的单侧椎弓根旁入路。单侧椎弓根旁入路 PVP 治疗骨质疏松性中上胸椎压缩骨折不伴脊髓神经症状,能够有效快速安全的解除骨折所致疼痛,术后随访椎体高度及后凸角度较术前无明显变化,并发症少,疗效满意,尤其对中上胸椎合并重度椎体压缩骨折病例比椎弓根入路更优越,值得推广应用。

参考文献:

- [1] Kaur K, Singh R, Prasath V, et al. Computed tomographic-based morphometric study of thoracic spine and its relevance to anaesthetic and spinal surgical procedures[J]. *J Clin Orthop Trauma*, 2016, 7(2):101-108.
- [2] Ge J, Cheng X, Li P, et al. The clinical effect of kyphoplasty using the extrapedicular approach in the treatment of thoracic osteoporotic vertebral compression fracture[J]. *World Neurosurg*, 2019, 131:e284-e289.
- [3] Li S, Mi S, Guo R, et al. Application of ultrasound fusion imaging technique for unilateral percutaneous vertebroplasty in treatment of osteoporotic thoracolumbar compression fracture[J]. *J Xray Sci Technol*, 2020, 28(1):171-183
- [4] Beall DP, Parsons B, Burner S. Technical Strategies and Anatomic Considerations for an Extrapedicular Modified Inferior Endplate Access to Thoracic and Lumbar Vertebral Bodies[J]. *Pain Physician*, 2016, 19(8):593-601.
- [5] Ding J, Zhang Q, Zhu J, et al. Risk factors for predicting cement leakage following percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures [J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(11):3411-3417.
- [6] Kurutz M, Varga P, Jakab G. Prophylactic vertebroplasty versus kyphoplasty in osteoporosis: A comprehensive biomechanical matched-pair study by in vitro compressive testing[J]. *Med Eng Phys*, 2019, 65:46-56.
- [7] Lee JK, Jeong HW, Joo IH, et al. Percutaneous balloon kyphoplasty for the treatment of very severe osteoporotic vertebral compression fractures: a case-control study[J]. *Spine J*, 2018, 18(6):962-969.
- [8] Clerk-Lamallice O, Irani Z, Growney M, et al. Parapedicular vertebral augmentation with polymethylmetacrylate for pedicle screw loosening [J]. *BMJ Case Rep*, 2018: bcr2017013548.
- [9] 韦善华, 韩琦, 龙振江. 骨质疏松性胸腰椎压缩性骨折术后再发椎体骨折的影响因素分析[J]. *右江民族医学院学报*, 2015, 37(4):571-573.
- [10] Alhashash M, Shousha M, Barakat AS, et al. Effects of Polymethylmethacrylate Cement Viscosity and Bone Porosity on Cement Leakage and New Vertebral Fractures After Percutaneous Vertebroplasty: A Prospective Study [J]. *Global Spine J*, 2019, 9(7):754-760.
- [11] Liebschner MA, Rosenberg WS, Keaveny TM. Effects of bone cement volume and distribution on vertebral stiffness after vertebroplasty [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2001, 26(14):1547-1554.
- [12] Sun HB, Jing XS, Liu YZ, et al. The optimal volume fraction in percutaneous vertebroplasty evaluated by pain relief, cement dispersion, and cement leakage: a prospective cohort study of 130 patients with painful osteoporotic vertebral compression fracture in the thoracolumbar vertebra [J]. *World Neurosurg*, 2018, 114:e677-e688.
- [13] Kwon HM, Lee SP, Baek JW, et al. Appropriate cement volume in vertebroplasty: a multivariate analysis with Short-Term Follow-Up [J]. *Korean J Neurotrauma*, 2016, 12(2):128-134.
- [14] Kim JM, Shin DA, Byun DH, et al. Effect of bone cement volume and stiffness on occurrences of adjacent vertebral fractures after vertebroplasty [J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2012, 52(5):435-440.
- [15] Hsieh MK, Kao FC, Chiu PY, et al. Risk factors of neurological deficit and pulmonary cement embolism after percutaneous vertebroplasty [J]. *J Orthop Surg Res*, 2019, 14(1):406.

收稿日期:2020-03-01;修回日期:2020-06-24