

· 临床研究 ·

椎体成形与弯角椎体成形治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的临床效果与辐射暴露分析

崔志栋, 杨光, 张大鹏

(濮阳市油田总医院骨一科, 河南 濮阳 457000)

【摘要】目的:以经典双侧穿刺椎体成形为参照,评价弯角穿刺装置椎体成形的临床效果,分析术中患者及术者受到的辐射暴露,总结防护措施。**方法:**对 2018 年 3 月至 2019 年 9 月收治的 49 例骨质疏松性椎体压缩骨折的临床资料进行回顾性分析,49 例患者按手术穿刺方式的不同分为椎体成形组(采用经典双侧穿刺)与弯角椎体成形组(采用弯角穿刺),其中椎体成形组 26 例,男 7 例,女 19 例;年龄(73.25±6.36)岁;胸段 2 例,胸腰段 21 例,腰段 3 例。弯角椎体成形组 23 例,男 6 例,女 17 例;年龄(73.09±6.52)岁;胸段 3 例,胸腰段 19 例,腰段 1 例。记录两组手术时间、骨水泥注入量,采用视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)和改良 Oswestry 功能障碍指数(Oswestry Disability Index, ODI)评定患者的疼痛程度及腰椎功能,观察术后骨水泥渗漏及并发症,并比较两组患者、术者部分暴露部位受照辐射剂量。**结果:**49 例患者均获随访,时间 10~22(14.55±3.83)个月。椎体成形组 11 例,弯角椎体成形组 9 例术后发生骨水泥渗漏,两组比较差异无统计学意义。椎体成形组 VAS 评分术前及术后 1 d 分别为 6.23±0.68, 1.69±0.47, 改良 Oswestry 功能障碍指数分别为(72.59±3.25)%, (33.59±2.85)%。弯角椎体成形组 VAS 评分术前及术后 1 d 分别为 6.46±0.56, 1.57±0.49, 改良 Oswestry 功能障碍指数分别为(73.21±3.18)%, (33.17±2.37)%。两组患者术后疼痛程度和腰椎功能均得到明显改善,但组间比较差异无统计学意义。弯角椎体成形组与椎体成形组手术时间分别为(17.27±9.58) min, (23.19±8.56) min, 骨水泥注入量分别为(4.91±1.49) ml, (6.58±1.42) ml, 手术时间和骨水泥注入量方面弯角椎体成形组更有优势。弯角椎体成形组受辐射剂量术者为(0.53±0.05) mSv, 患者为(10.64±1.65) mSv, 椎体成形组受辐射剂量术者为(0.59±0.08) mSv, 患者为(13.52±1.81) mSv。弯角椎体成形组患者的受辐射剂量明显低于椎体成形组,而两组术者的受辐射剂量差异无统计学意义。**结论:**两种穿刺方式均能达到满意的临床效果,弯角穿刺可更加优化骨水泥的分布,降低患者的辐射剂量。

【关键词】 骨质疏松, 绝经后; 脊柱骨折; 椎体成形术; 辐射暴露

中图分类号:

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2021.08.007

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Clinical efficacy and radiation exposure analysis of vertebroplasty and curved vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture CUI Zhi-dong, YANG Guang, and ZHANG Da-peng. The First Department of Orthopaedics, Puyang Oilfield General Hospital, Puyang 457000, Henan, China

ABSTRACT Objective: Taking the classic bilateral puncture vertebroplasty as a reference, to evaluate the clinical efficacy of vertebroplasty of the curved-angle puncture device, analyze the radiation exposure of patients and surgeons during the operation and summarize the protective measures. **Methods:** The clinical data of 49 patients with osteoporotic vertebral compression fractures admitted from March 2018 to September 2019 were retrospectively analyzed. According to the different surgical puncture methods, 49 patients were divided into vertebroplasty group (using classic bilateral puncture) and curved vertebroplasty group (using curved-angle puncture). Among them, there were 26 cases in vertebroplasty group, including 7 males and 19 females, aged (73.25±6.36) years, 2 cases in thoracic segment, 21 cases in thoracolumbar segment, and 3 cases in lumbar segment. In curved vertebroplasty group, there were 23 cases, including 6 males and 17 females, aged (73.09±6.52) years, 3 cases in thoracic segment, 19 cases in thoracolumbar segment, and 1 case in lumbar segment. The operation time and the amount of injected bone cement in the two groups were recorded. Visual analogue scale (VAS) and modified Oswestry Disability Index (ODI) were respectively used to assess the pain degree and lumbar function, the postoperative bone cement leakage or other complications were observed. The radiation doses of the two groups of patients and surgeons were compared. **Results:** All 49 patients were followed up for 10–22 (14.55±3.83) months. Eleven cases in vertebroplasty group and 9 cases in curved vertebroplasty group occurred bone cement leakage after surgery, and there was no statistically significant difference between two

通讯作者: 张大鹏 E-mail: 872980991@qq.com

Corresponding author: ZHANG Da-peng E-mail: 872980991@qq.com

groups. VAS scores of vertebroplasty group were 6.23 ± 0.68 before operation and 1.69 ± 0.47 at 1 day after operation, respectively, modified ODI were $(72.59 \pm 3.25)\%$ and $(33.59 \pm 2.85)\%$. The preoperative and postoperative VAS scores of curved vertebroplasty group were 6.46 ± 0.56 and 1.57 ± 0.49 , respectively, modified ODI were $(73.21 \pm 3.18)\%$ and $(33.17 \pm 2.37)\%$. The postoperative pain degree and lumbar function of the two groups were significantly improved, but the difference between the groups was not statistically significant. The operation time of curved vertebroplasty group and vertebroplasty group were (17.27 ± 9.58) min and (23.19 ± 8.56) min, and the amount of injected bone cement were (4.91 ± 1.49) ml and (6.58 ± 1.42) ml. Obviously, curved vertebroplasty group has more advantages in operation time and the amount of injected bone cement. In curved vertebroplasty group, the radiation dose of the operator was (0.53 ± 0.05) mSv and the patient was (10.64 ± 1.65) mSv; in vertebroplasty group, the operator was (0.59 ± 0.08) mSv and the patient was (13.52 ± 1.81) mSv. The radiation dose of patients in curved vertebroplasty group was significantly lower than that of the vertebroplasty group, but there was no statistically significant difference in the operator between two groups. **Conclusion:** Both puncture methods can achieve satisfactory clinical results, but curved-angle puncture can optimize the distribution of bone cement and reduce the radiation dose of patients.

KEYWORDS Osteoporosis, postmenopausal; Spinal fractures; Vertebroplasty; Radiation exposure

近年来我国骨质疏松性椎体压缩性骨折(osteoporotic vertebral compression fractures, OVCFs)发病率逐渐升高^[1]。经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)是治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的一种微创外科手术,具有明显的优势:操作简单、创伤小、并发症少、快速康复,还可恢复椎体力学强度,避免椎体继续塌陷^[2]。弯角穿刺针椎体成形装置为一种改良 PVP 装置,理论上优点突出,主要为多点注射,可使骨水泥在椎体内均匀对称分布,达到椎体两侧的强度平衡,解决了经典经皮椎体成形术中骨水泥分布不均导致骨折区疼痛缓解不佳、邻近椎体再骨折的问题。PVP 术中定位及骨水泥注射过程中均需进行 X 线辅助透视, X 线辐射对术者及患者均可产生较大危害^[3]。本文纳入 2018 年 3 月至 2019 年 9 月行椎体成形或弯角椎体成形术治疗的 49 例 OVCFs 患者的临床资料,评价弯角穿刺装置椎体成形的临床效果,分析术中患者及术者受到的辐射暴露,总结防护措施。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准:年龄 ≥ 50 岁;无或轻微外伤史且有与骨折相关的背部轴性疼痛,无脊髓压迫、神经症状、凝血功能障碍等手术禁忌证;非手术治疗无效,腰背部疼痛视觉评分(visual analogue scale, VAS)评分 > 5 分;影像学明确诊断为骨质疏松性椎体压缩骨折,且为单椎体损伤,椎弓根完整;骨密度 T 值 < -2.5 SD;术前可俯卧 > 0.5 h,可耐受手术。

排除标准:转移癌、骨髓炎及骨髓瘤等所致病理学椎体压缩性骨折;骨密度检查骨量正常;伴骨折相关神经症状;合并血液系统疾病;凝血功能异常;心肝肾肺器质性功能障碍;全身恶性肿瘤;严重精神疾病不能配合者;临床资料不全。

1.2 一般资料

本组 49 例,根据手术穿刺方式的不同分为椎体

成形组(采用经典双侧穿刺)与弯角椎体成形组(采用弯角穿刺),其中椎体成形组 26 例,男 7 例,女 19 例;年龄 (73.25 ± 6.36) 岁;胸段 2 例,胸腰段 21 例,腰段 3 例。弯角椎体成形组 23 例,男 6 例,女 17 例;年龄 (73.09 ± 6.52) 岁;胸段 3 例,胸腰段 19 例,腰段 1 例。两组患者的一般资料经统计学分析,差异无统计学意义。见表 1。

表 1 两组骨质疏松性椎体压缩骨折患者术前一般资料比较

Tab.1 Comparison of preoperative general data between two groups with osteoporotic vertebral compression fractures

组别	例数	性别(例)		年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	椎体节段(例)		
		男	女		胸段	胸腰段	腰段
椎体成形组	26	7	19	73.25 ± 6.36	2	21	3
弯角椎体成形组	23	6	17	73.09 ± 6.52	3	19	1
检验值		$\chi^2=0.00$		$t=0.09$	$\chi^2=1.558$		
P 值		0.951		0.936	0.519		

1.3 治疗方法

弯角穿刺椎体成形手术过程(弯角穿刺装置组成配件及工作示意图见图 1,2):患者取俯卧位, X 线透视确认伤椎位置,消毒铺巾,利多卡因进行局部浸润麻醉。沿穿刺点进行穿刺,直穿刺针及外套管经椎弓根入路穿刺。当穿刺针进入椎体后 1/4 时拔出穿刺针,在外套管把手端安置弯角导向器,将弯角输送导管沿直行套管置入椎体内, X 线正位透视可见弯角输送导管头端跨过椎体中线达到对侧,侧位透视位于椎体中部或前 1/3。撤出导管镍钛合金弯角内芯,将前端带腹侧开孔聚醚醚酮材料的骨水泥输送外套管保留在原位,尾端连接骨水泥推注器进行骨水泥灌注,输送导管在每个注射点灌注骨水泥 1.0~2.0 ml 后向后逐渐撤出。骨水泥灌注完毕及时将导管拔出,无菌敷料包扎。送回病房。

双侧穿刺椎体成形组手术过程:患者取俯卧位, X 线透视确认伤椎位置, 双侧穿刺点确认, 消毒铺巾, 利多卡因进行局部浸润麻醉。以标记点为中心取长约 0.5 cm 纵行切口, 依次切开皮肤、皮下及深筋膜, 开口锥刺进入椎体, X 线透视确认位置, 再继续深入至椎体中后 1/3 处。插入导针, 沿导针将工作套管继续进入至椎体前缘, 拔出导针, 混合骨水泥, 待骨水泥牙膏状时, 连接骨水泥注入器, 边注入边观察充盈情况, 边注边向后退注射器。充盈满意后行正位透视以观察骨水泥的充盈情况。满意后拔出工作套管, 无菌敷料贴附刀口。送回病房。

两组患者均在术前半小时常规注射阿片类止痛药物。术后常规应用 1 次抗生素(克林霉素), 心电监护并氧气吸入 6 h; 卧床 2 h 后可翻身活动, 第 2 天佩戴腰围下地活动, 腰围佩戴 3 个月。同时给予抗骨质疏松治疗: 磷酸钙 D3 片 600 mg, 每天 1 次; 骨化三醇胶囊 0.25 μg, 每天 1 次; 静脉滴注唑来膦酸 5 mg, 每年 1 次, 定期监测血钙浓度。

1.4 观察项目与方法

(1)记录手术时间、骨水泥注入量。(2)采用视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)于术前、术后 1 d 评估患者腰部疼痛情况。(3)采用 Oswestry 功能障碍指数(Oswestry Disability Index, ODI)评估手术前后腰椎功能情况。(4)观察术中骨水泥渗漏(静脉

渗漏及椎体周围渗漏)情况。(5)术中采用辐射监测仪(PRM-1200 型, 美国 RAE)监测术者头部、颈部、胸腹部、会阴部、足部辐射剂量, 监测过患者背部穿刺进针点并与身体纵轴垂直的横线与身体外侧缘相交处辐射暴露剂量。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 19.0 统计软件进行数据分析, 定量资料用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示, 多个样本均数比较采用方差分析, 对手术前后指标的比较采用配对样本 *t* 检验, 定性资料比较采用 χ^2 检验, 检验水准 α 值取双侧 0.05。

2 结果

49 例患者均获随访, 时间 10~22(14.55±3.83)个月。典型病例手术前后影像学资料见图 3。椎体成形组术前及术后 1 d VAS 评分分别为 6.23±0.68, 1.69±0.47, 改良 Oswestry 功能障碍指数分别为 (72.59±3.25)%, (33.59±2.85)%; 弯角椎体成形组术前及术后 1 d VAS 评分分别为 6.46±0.56, 1.57±0.49, 改良 Oswestry 功能障碍指数分别为 (73.21±3.18)%, (33.17±2.37)%。两组患者术后疼痛程度和腰椎功能均得到明显改善, 但组间比较差异无统计学意义。见表 2。

弯角椎体成形组与椎体成形组手术时间分别为 (17.27±9.58) min 和 (23.19±8.56) min, 骨水泥注入

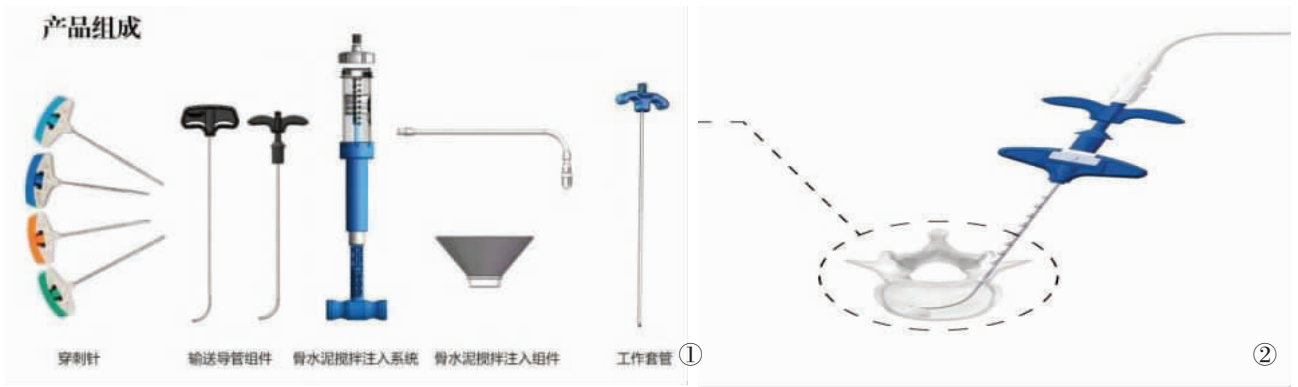


图 1 弯角穿刺装置组成配件 图 2 弯角穿刺装置工作示意图

Fig.1 Components of the curved-angle puncture device Fig.2 Working diagram of curved-angle puncture device

表 2 两组骨质疏松性椎体压缩骨折患者手术前后腰部疼痛及腰椎功能比较($\bar{x}\pm s$)

Tab.2 Comparison of VAS and ODI between two groups with osteoporotic vertebral compression fractures before and after operation($\bar{x}\pm s$)

组别	例数	VAS(分)				ODI(%)			
		术前	术后 1 d	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	术前	术后 1 d	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
椎体成形组	26	6.23±0.68	1.69±0.47	32.172	0.00	72.59±3.25	33.59±2.85	55.026	0.00
弯角椎体成形组	23	6.46±0.56*	1.57±0.49 [▲]	35.583	0.00	73.21±3.18*	33.17±2.37*	61.043	0.00

注: 与椎体成形组比较, **t*=-0.472, *P*=0.693; [▲]*t*=0.998, *P*=0.415; [☆]*t*=-1.713, *P*=0.093; [★]*t*=2.021, *P*=0.054

Note: Compared with vertebroplasty group, **t*=-0.472, *P*=0.693; [▲]*t*=0.998, *P*=0.415; [☆]*t*=-1.713, *P*=0.093; [★]*t*=2.021, *P*=0.054

量分别为 (4.91±1.49) ml 和 (6.58±1.42) ml,手术时间和骨水泥注入量方面弯角椎体成形组更有优势。术后骨水泥渗漏椎体成形组 11 例,弯角椎体成形组 9 例,两组差异无统计学意义。见表 3。

表 3 两组骨质疏松性椎体压缩骨折患者手术时间和骨水泥注入量及渗漏情况

Tab.3 Comparison of operation time, injected bone cement volume and leakage situation between two groups with osteoporotic vertebral compression fractures

组别	例数	手术时间 (x±s, min)	骨水泥注入 量(x±s, ml)	骨水泥渗漏 (例)
椎体成形组	26	23.19±8.56	6.58±1.42	11
弯角椎体成形组	23	17.27±9.58	4.91±1.49	9
检验值		t=2.23	t=0.71	χ ² =0.05
P 值		0.035	0.042	0.819

弯角椎体成形组受福剂量术者为 (0.53±0.05) mSv, 患者为 (10.64±1.65) mSv, 椎体成形组术者为 (0.59±0.08) mSv, 患者为 (13.52±1.81) mSv。弯角椎体成形组患者的受福剂量明显低于椎体成形组 (t=5.76, P=0.00), 而两组术者的受福剂量均较低, 且两组差异无统计学意义 (t=1.88, P=0.071)。

3 讨论

3.1 PVP 治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的临床效果与安全性

骨质疏松为老年性常见疾病, 尤其以绝经期后女性多见。高龄人群体内激素分泌的改变导致正常骨代谢平衡被打破, 处于破骨作用大于成骨状态, 由于骨矿物质减少、骨密度降低引起腰背部广泛疼痛等不适, 部分患者轻微外力作用或无明显诱因即可出现椎体压缩骨折骨折, 临床以腰椎压缩性骨折最为多见, 可导致老年患者反复腰痛及双下肢放射痛, 造成日常活动减少、走路困难及自理能力丧失甚至长期卧床^[4]。我国经济社会的发展促使人口预期寿命逐渐延长, 骨质疏松性椎体压缩骨折的发病率日益升高, 据统计每年我国骨质疏松性椎体压缩骨折发病约 111 万人次^[5], 已成为影响老年人身心健康和生活质量的仅次于心血管疾病的社会问题。

骨质疏松性压缩骨折的治疗方法有保守治疗和手术治疗。保守治疗需长期平卧位、轴性翻身、药物对症处理, 活动量的减少不可避免的带来下肢静脉血栓或肺栓塞、坠积性肺炎、压疮、泌尿系感染等并发症, 严重者危及患者生命安全, 而且患者长期卧床会使骨量进一步丢失, 骨质疏松加重, 容易出现再次压缩骨折, 导致恶性循环^[6]。椎体成形术从微创角度

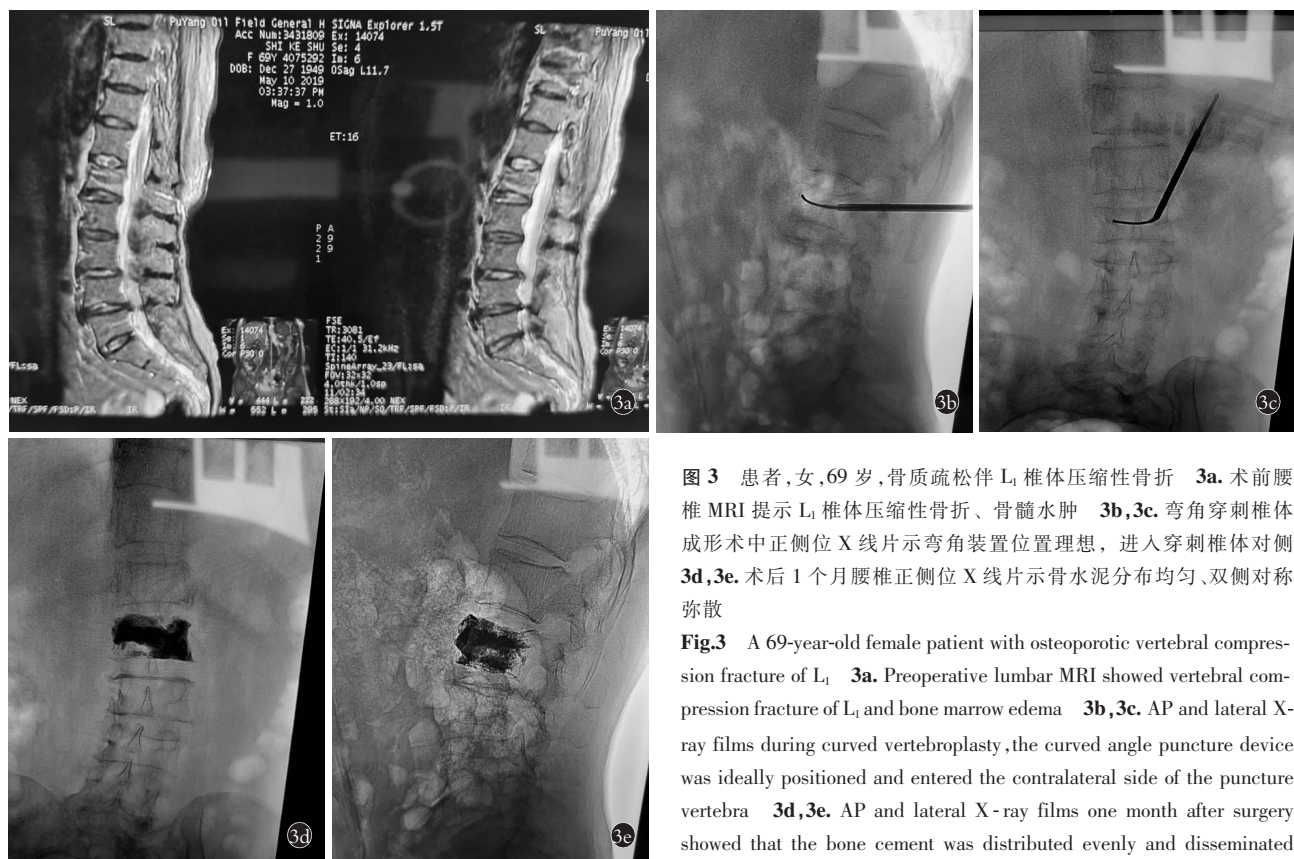


图 3 患者,女,69 岁,骨质疏松伴 L₁ 椎体压缩性骨折 3a. 术前腰椎 MRI 提示 L₁ 椎体压缩性骨折、骨髓水肿 3b,3c. 弯角穿刺椎体成形术中正侧位 X 线片示弯角装置位置理想, 进入穿刺椎体对侧 3d,3e. 术后 1 个月腰椎正侧位 X 线片示骨水泥分布均匀、双侧对称弥散

Fig.3 A 69-year-old female patient with osteoporotic vertebral compression fracture of L₁ 3a. Preoperative lumbar MRI showed vertebral compression fracture of L₁ and bone marrow edema 3b,3c. AP and lateral X-ray films during curved vertebroplasty, the curved angle puncture device was ideally positioned and entered the contralateral side of the puncture vertebra 3d,3e. AP and lateral X-ray films one month after surgery showed that the bone cement was distributed evenly and disseminated symmetrically on both sides

解决了这一问题,具有操作简单、创伤小、恢复快、对心肺功能影响少等优点,目前在临床上已得到广泛应用^[7]。

椎体成形术在椎体内填充的骨水泥不均匀非对称分布,脊柱的生物力学被改变,易加速脊柱退变、侧凸畸形,出现长期腰背痛。临床上双侧穿刺经皮椎体成形术是 PVP 的经典方式,因为双侧注入骨水泥可以保证骨水泥在椎体两侧的对称分布,生物力学稳定性更好,有利于椎体刚度及强度的增加,并且可减少单侧骨水泥注射量,降低渗漏风险。但为了减少手术时间和骨水泥渗漏等并发症,考虑到术中透视带来的辐射暴露、患者及社会的负担等,有些学者仍然倾向于单侧穿刺椎体成形^[8]。有研究发现,单侧穿刺椎体成形技术注射的骨水泥在椎体内部不能形成对称性均匀性分布,导致椎体单侧受力,从而导致椎体冠状位压缩形变,出现侧凸畸形。为将骨水泥过椎体中线注射到对侧,需要过渡内倾穿刺角度,但由此可能导致椎弓根内壁破裂,出现神经损伤^[9]。

为达到双侧穿刺注射骨水泥的效果,单侧穿刺的手术时间及辐射暴露、费用,临床上出现了弯角穿刺装置,其原理是利用超高弹性特性的镍钛合金和较好机械强度的聚醚醚酮 (poly ether ether ketones, PEEK),将弯管骨水泥输送鞘(即骨水泥注入器)通过穿刺侧延伸到对侧椎弓根与椎体前 1/3 交点处,通过单侧穿刺,可完成包括对侧椎体的多点、多次注入骨水泥,减少了穿刺引起的损伤问题和透视次数及辐射,保证了骨水泥在椎体内的均匀分布,解决了传统直行骨水泥注入器单点、单次注射导致的骨水泥分布不均问题^[10]。

本组弯角穿刺与双侧穿刺病例均获得了满意的临床效果,患者术后腰部疼痛 VAS 评分、改良 Oswestry 功能障碍指数明显降低,在临床效果相同的情况下,我们需要关注手术的安全性,椎体成形术主要并发症为骨水泥渗漏,目前已有报道止痛作用与骨水泥注入量并不成正比,而机械支撑作用与注入的骨水泥有正相关^[11]。但骨水泥用量过大又是造成骨水泥渗漏的危险因素。对于骨水泥渗漏问题,骨水泥用量存在争议,有学者报道单个椎体骨水泥用量超过 6 ml 时渗漏概率明显增加,有学者认为渗漏率与椎体内骨水泥用量与椎体体积比有关,低于 22% 一般不会发生渗漏,高于此值时需关注渗漏^[12-13]。目前文献均为单点、单次注射骨水泥渗漏问题,单点、单次注射骨水泥用量过大时,局部压力明显增高,促使骨水泥沿骨折线弥散,但亦可能出现静脉渗漏甚至椎管内压迫。透视发现骨水泥渗漏时及时停止骨水泥注射,导致骨水泥分布不均,脊柱单侧受力,增

加再骨折的风险。而弯角装置穿刺理论上可避免这些问题,弯角装置可多点多次穿刺到对侧注射骨水泥,一旦发现骨水泥渗漏可退格、退点继续注射,保证了骨水泥均匀分布,椎体受力平衡,使再骨折的概率降低,且减少了透视次数,缩短了手术时间,椎体压缩性骨折大部分为老年人,甚至为 90 岁以上的高龄患者,不能耐受长时间俯卧位,弯角穿刺给部分不能双侧穿刺手术的患者带来了手术机会。本组弯角穿刺发生渗漏的病例明显减少,术后随访无明显身体不适,验证了弯角穿刺椎体成形的安全性。

3.2 椎体成形术的辐射暴露分析

椎体成形术是治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的安全、有效、微创脊柱手术,但必须在 X 线机引导下进行,透视下准确向椎体内注入骨水泥。不仅椎体成形术需要 X 线导向,随着手术技术及患者要求的提高,CT 也成为骨科手术中不可缺少的重要工具,放射导向技术在骨科手术的地位也越来越重要,成为术中疾病诊断和治疗不可缺少的手段。因此导致的辐射暴露也在不断增加。对于骨科医生而言,在使用 C 形臂 X 线透视时,无论在术中还是在临床工作中,都经常暴露于辐射中^[14]。在手术使用透视机器过程中,患者离球管的距离较近,接受的是短时高剂量的辐射,与医护人员低剂量辐射相比受到辐射伤害更大。对医护人员及患者的调查发现,正确安全的使用方法、辐射对健康的长期影响、辐射暴露的干预以及相关知识岗位培训研究是缺少的^[15]。有学者对骨科医生进行了辐射暴露调查研究,其中 91 名骨科医生,92.3% 没有意识到术中使用 X 线照射暴露为患者带来的辐射,92.1% 认为他们需要进行更多的辐射暴露相关教育^[16]。

使用透视显影机器时接收到的辐射分为直接辐射和散射辐射。骨科使用 C 形臂 X 线透视时,参加手术人员和患者均暴露于 X 线的直接和散射辐射中。直接辐射是直接吸收 X 射线管的垂直照射束,这是手术人员和患者手术部位的主要辐射源。散射辐射是偏离组织表面和主要照射途径的其他辐射,它是患者非手术部位和手术室其他人员的主要辐射来源。在手术时医护人员不在 X 射线辐射的直接路径上,因此散射是职业暴露的主要来源。辐射暴露对人体的危害是明确的,可分为确定性效应和随机效应。确定性效应发生在单次高剂量或多次低剂量累积辐射暴露达到一定阈值后出现的反应,主要为白内障、脱发和不孕等。随机效应相反,它随机发生于辐射暴露,无明显的阈值,有随机性、不确定性,例如肿瘤的发生可能来源于某一次对 DNA 的辐射损伤,辐射暴露都增加了致癌基因突变的可能。因此国

际放射防护委员会 (International Commission on Radiological Protection, ICRP) 建议每年个人最大的职业辐射暴露剂量为 20 mSv, 甲状腺和眼睛 150 mSv, 手部 500 mSv, 而职业暴露在 5 年内每年平均最高不超过 20 mSv, 在单独 1 年内暴露不超过 50 mSv。

辐射暴露增加了骨科从业人员的职业风险, 一项意大利的骨科医院回顾性的自我报告文献中, 在 25 年间暴露于辐射的骨科医生癌症发生率是 29%, 而没有辐射暴露的工人癌症发生率为 4%^[17], 文献中提到最常见的是结肠癌和肺癌。慢性辐射暴露后, 眼睛会以白内障的形式表现出来^[18]。产前受到的辐射暴露对胎儿的致畸风险很高, 尤其是胎儿的前 3 个月, 因为此时是胎儿发育的关键时期, 它可以导致产前死亡、畸形或神经系统受损。目前文献报道主要研究为颈部和腰部术中防护及辐射暴露, 然而对放射线敏感的红骨髓、肺、结肠等研究较少, 并且术者和器械护士手部接受到的辐射暴露剂量高于其他部位, 本研究中与此一致, 但目前无文献报道。

辐射暴露对人体危害性较大, 需要注意防护措施。第一时间控制, 手术人员与患者辐射暴露的剂量与照射时间呈正相关^[19]。在保证透视效果的前提下, 采取间断透视, 缩短全程曝光的时间, 禁止采用长时间、连续曝光^[20]。健全参加手术人员管理制度, 采取轮休制, 降低个人接受到的累积辐射总剂量。改进手术方式, 降低需要透视的次数, 比如本研究中, 采用弯角穿刺装置, 明显减少了患者接受到的辐射暴露剂量。第二增加距离, 在距离 X 射线球管 0.3 m 的地方辐射量是直接 X 线束下强度的 0.3%^[21], 因此美国防护指南建议所有参与手术的人员站在距离直接辐射路径距离 2 m 的位置, 骨科 PVP 术中, 术者可后退 1 步, 不增加手术时间与风险, 但可大大降低辐射暴露的剂量。第三完善个人防护装备, 主要为铅衣与铅眼镜。文献研究, 常用的 0.25 mm 和 0.50 mm 的铅衣能够阻挡 90% 和 99% 的辐射量, 可有效降低手术人员辐射暴露的剂量, 但要关注的是铅衣最好是 360° 覆盖且应保护甲状腺^[22]。眼睛的晶状体对放射线敏感, 辐射暴露可导致白内障, 有研究报道铅眼镜能够衰减骨科手术中医生的 90% 眼部辐射暴露^[23]。第四符合国家标准的硬件设备, 主要为手术间、C 形臂 X 线机、铅墙。医院手术间里的墙壁厚度、天花板、门窗、室内面积等都要符合国家医用 X 线机防护设施要求。医院要遵循正当化与最优化的原则, 一定要选择剂量低、防护条件好、技术指标超前、操作时间短、安全的机器设备, 主要为 C 形臂 X 线、数字血管造影机等。如行需要透视的手术, 术前手术通知单中应注明需使用 C 形臂 X 线机及其照射部

位和预计照射时间, 手术室根据预计值, 做好铅墙等防护设备的准备。第五做好宣教, 张容等^[24]调查文献显示大型综合医院对辐射屏蔽设备投入是十分可观的, 对个人防护设备的重视不足, 文章中指出学历较低的医务人员防护意识相对淡薄, 防护知识缺乏。因此, 应进一步提高低学历高风险人群辐射暴露的防护培训与管理, 提高防护用具的使用频率来达到降低个人的辐射暴露。辐射暴露的防护不但是医院管理者的责任, 更是每个医务工作者应自觉做好的工作, 关系到辐射暴露下医务工作者及患者的人身安全与健康。

椎体成形术中患者处于 X 线的直接辐射暴露下, 单次暴露剂量大, 因此患者受到的辐射总剂量与时间、次数成正比, 弯角穿刺手术时间较双侧穿刺椎体成形时间短、穿刺次数少, 因此患者受到的直接辐射暴露明显降低, 而术者受到的为散射辐射, 且透视时与辐射源有 1 m 以上的距离, 因此受到的辐射剂量明显降低, 两组手术术者接受的辐射剂量在统计学上没有明显差异。本次只是统计了患者及术者受到的平均辐射剂量, 未长期随访患者有无明显与此有关的并发症, 为本文的缺憾。

综上所述, 弯角穿刺椎体成形与双侧穿刺椎体成形都达到了满意的临床效果, 安全性方面无明显差异, 弯角穿刺达到了更加优化的骨水泥分布形态, 理论上长期效果更优, 但是弯角穿刺技术可明显降低患者受到的辐射暴露剂量, 而术者接收到的暴露剂量与传统手术比较无明显差异, 我们需要从防护设备的使用、手术技术的改进、职业暴露风险的培训等多方面来降低辐射暴露的风险。

参考文献

- [1] 陈永明, 董建国. 胸腰椎压缩性骨折 MRI 信号特征及临床应用价值分析[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2019, 17(2): 130-132. CHEN YM, DONG JG. MRI signal characteristics and clinical application value analysis of thoracolumbar compression fractures[J]. Zhongguo CT He MRI Za Zhi, 2019, 17(2): 130-132. Chinese.
- [2] Yang EZ, Xu JG, Huang GZ, et al. Percutaneous vertebroplasty vs conservative treatment in aged patients with acute osteoporotic vertebral compression fractures: a prospective randomized controlled clinical study[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2016, 41(8): 653-660.
- [3] 陈慧娟, 李燕, 张艳. 骨科手术间射线暴露和辐射防护研究进展[J]. 护理研究, 2019, 33(7): 1194-1197. CHEN HJ, LI Y, ZHANG Y. Advances in research on radiation exposure and radiation protection between orthopaedic surgeries[J]. Hu Li Yan Jiu, 2019, 33(7): 1194-1197. Chinese.
- [4] Hansen EJ, Simony A, Carreon L, et al. Rate of unsuspected malignancy in patients with vertebral compression fracture undergoing percutaneous vertebroplasty[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2016, 41(6): 549-552.
- [5] 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.
- [6] Zuo XH, Zhu XP, Ao HG, et al. Network meta-analysis of percutaneous vertebroplasty, percutaneous kyphoplasty, nerve block, and conservative treatment for nonsurgery options of acute/subacute and chronic osteoporotic vertebral compression fractures (OVCFs) in short-term and long-term effects [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97(29):1544.
- [7] Liu J, Li CS, Chang CS, et al. Long-term follow-up study of osteoporotic vertebral compression fracture treated using balloon kyphoplasty and vertebroplasty [J]. *Neurosurg Spine*, 2015, 23(1):94-98.
- [8] 胡阿威, 夏成焱, 心敏, 等. 单侧与双侧经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折的疗效比较 [J]. *临床骨科杂志*, 2013, 16(2):125-128.
HU AW, XIA CY, XIN M, et al. Comparison of the efficacy of unilateral and bilateral percutaneous kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures [J]. *Lin Chuang Gu Ke Za Zhi*, 2013, 16(2):125-128. Chinese.
- [9] 陈柏龄, 谢登辉, 黎艺强, 等. 单侧 PKP 骨水泥注射过中线分布对称压缩性骨折椎体两侧刚度的影响 [J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2011, 21(2):118-121.
CHEN BL, XIE DH, LI YQ, et al. Influence of unilateral PKP bone cement injection on the bilateral stiffness of vertebral bodies in symmetrical compressible fractures [J]. *Zhongguo Ji Zhu Ji Sui Za Zhi*, 2011, 21(2):118-121. Chinese.
- [10] 熊森, 毛克亚, 韩振川, 等. 弯角输送装置在体外椎体成形实验中的效果观察 [J]. *中国组织工程学研究*, 2016, 7(11):769-772.
XIONG S, MAO KY, HAN ZC, et al. Observation on the effect of elbow conveyer in vitro vertebral body shaping experiment [J]. *Zhongguo Zu Zhi Gong Cheng Xue Yan Jiu*, 2016, 7(11):769-772. Chinese.
- [11] Kaufmann TJ, Trout AT, Kalimeia DF. The effects of cement volume on clinical outcomes of percutaneous vertebroplasty [J]. *AJNR*, 2006, 27(18):1933-1937.
- [12] Belkoff SM, Mathis JM, Jasper LE, et al. The biomechanics of vertebroplasty: the effect of cement volume on mechanical behavior [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2001, 26(14):1537-1541.
- [13] Nieuwenhuijse MJ, Bollen L, Erkel AR, et al. Optimal intravertebral cement volume in percutaneous vertebroplasty for painful osteoporotic vertebral compression fractures [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2012, 37(20):1747-1755.
- [14] Praeger AJ, Wang YYI, Goldschlager T. Intraoperatively predicting postoperative sagittal balance using intraoperative X-rays [J]. *J Clin Neurosci*, 2019, 63:48-54.
- [15] Kaplan DJ, Patel JN, Liporace FA, et al. Intraoperative radiation safety in orthopaedics: a review of the ALARA (As Low As Reasonably Achievable) principle [J]. *Patient Saf Surg*, 2016, 10(1):27.
- [16] Saroki AJ, Wijidicks C, Philippon MJ, et al. Orthopaedic surgeons' use and knowledge of ionizing radiation during surgical treatment for femoroacetabular impingement [J]. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016, 24(12):3962-3970.
- [17] Mastrangelo G, Fedeli U, Faddae E, et al. Increased cancer risk among surgeons in an orthopaedic hospital [J]. *Occup Med*, 2005, 55(6):498-500.
- [18] Kesavachandran CN, Haman F, Nienhaus A. Radiation exposure of eyes, thyroid gland and hands in orthopaedic staff: a systematic review [J]. *Eur J Med Res*, 2012, 17:28.
- [19] 雅斐, 张鹏, 郭伟, 等. C 形臂 X 射线机辐射防护状况分析 [J]. *医药论坛杂志*, 2008, (8):41-42.
YA F, ZHANG P, GUO W, et al. Analysis of radiation protection status of C-arm X-ray machine [J]. *Yi Yao Lun Tan Za Zhi*, 2008(8):41-42. Chinese.
- [20] 王少敏. C 形臂 X 射线机在手术应用中的辐射剂量监测结果分析 [J]. *世界最新医学信息文摘*, 2017, (21):112.
WANG SM. Analysis of radiation dose monitoring results of C-arm X-ray machine in surgical application [J]. *Shi Jie Zui Xin Yi Xue Xin Xi Wen Zhai*, 2017, (21):112. Chinese.
- [21] Hsu RY, Lareau CR, Kim JS, et al. The effect of C-arm position on radiation exposure during fixation of pediatric supracondylar fractures of the humerus [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2014, 96(15):129.
- [22] Singer G, Herron B, Herron D. Exposure from the large C-arm versus the mini C-arm using hand/wrist and elbow phantoms [J]. *J Hand Surg Am*, 2011, 36(4):628-631.
- [23] Burns S, Thornton R, Dauer LT, et al. Leaded eyeglasses substantially reduce radiation exposure of the surgeon's eyes during acquisition of typical fluoroscopic views of the hip and pelvis [J]. *J Bone Joint Surg Am*, 2013, 95(14):1307-1311.
- [24] 张容, 赖敏华, 冯惠强, 等. 大型综合医院介入放射防护能力现状及对策 [J]. *护士进修杂志*, 2016, 31(19):1757-1759.
ZHANG R, LAI MH, FENG HQ, et al. Current situation and management countermeasures of interventional radiological protection in large general hospitals [J]. *Hu Shi Jin Xiu Za Zhi*, 2016, 31(19):1757-1759. Chinese.

(收稿日期:2020-10-16 本文编辑:王宏)