

骨水泥弥散方式对经皮椎体成形术的疗效影响

曹磊¹ 张磊¹ 李克勤² 奚海翔¹ 唐光平^{1△}

[摘要] **目的:**探讨经皮椎体成形术中骨水泥分布对骨质疏松性椎体压缩骨折患者临床疗效的影响。**方法:**回顾性分析 2020 年 4 月至 2022 年 8 月收治的骨质疏松性椎体压缩骨折患者 100 例,所有患者均行经皮椎体成形术治疗。患者术前均行 CT 及 MRI 检查,根据 CT 及 MRI 结果明确骨折线范围。术后均复查 CT,根据术后骨水泥在椎体内分布状态分成三组,即 A 组骨水泥不充分弥散于骨折部位,B 组骨水泥完全弥散达到骨折范围,C 组骨水泥弥散超过骨折范围。所有患者术后均进行半年的门诊随访,观察三组患者术前的 Oswestry 功能障碍指数(ODI)、Cobb 角、视觉模拟量表(VAS)评分及并发症。**结果:**治疗后三组患者的 Oswestry 功能障碍指数、Cobb 角和 VAS 评分较经皮椎体成形术前的评分均有显著改善,差异有统计学意义($P < 0.05$);与 A 组比较,B 组和 C 组术后的 Oswestry 功能障碍指数、Cobb 角和 VAS 评分均有显著改善,差异有统计学意义($P < 0.05$),但是 B 组并发症的发生率明显低于 C 组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论:**经皮椎体成形术中不同弥散型的骨水泥分布形态可影响骨质疏松性椎体压缩骨折的临床疗效及并发症的发生。

[关键词] 骨质疏松性胸腰椎椎体骨折;经皮椎体成形术;骨水泥弥散

[中图分类号] R683.2 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2023)12-0053-06

DOI:10.20085/j.cnki.issn1005-0205.231211

Effect of Bone Cement Diffusion on the Curative Effect of Percutaneous Vertebroplasty

CAO Lei¹ ZHANG Lei¹ LI Kegin² XI Haixiang¹ TANG Guangping^{1△}

¹Department of Orthopedic, Wuhan Hospital of Traditional Chinese Medicine, Wuhan 430014, China;

²Hubei University of Chinese Medicine, Wuhan 430060, China.

Abstract Objective: To investigate the effect of bone cement distribution on the clinical efficacy of patients with osteoporotic vertebral compression fracture during percutaneous vertebroplasty. **Methods:** A retrospective study was conducted on 100 patients with osteoporotic vertebral compression fracture from April 2020 to August 2022. All patients were treated with percutaneous vertebroplasty. All patients underwent CT and MRI examinations before operation, and the range of fracture line was determined according to the results of CT and MRI. All patients were re-examined by CT after surgery, and were divided into three groups according to the distribution of bone cement in the vertebral body after surgery, that is, the inadequate diffusion of bone cement in the fracture site in group A. The bone cement in group B completely dispersed to the fracture range. In group C, the cement spread beyond the fracture range. All patients were followed up for 6 months. Oswestry disability index, Cobb angle, visual analogue scale (VAS) score and complications were observed before and after operation. **Results:** After treatment, the Oswestry disability index, Cobb angle and VAS scores of the three groups were significantly improved compared with the scores before percutaneous vertebroplasty ($P < 0.05$). Compared with group A, the Oswestry disability index, Cobb angle and VAS scores of groups B and C were significantly improved ($P < 0.05$). However, the complication rate of group B was significantly lower than that of group C ($P < 0.05$). **Conclusion:** The

different distribution patterns of bone cement in percutaneous vertebroplasty may affect the clinical outcome and complications of osteoporotic vertebral compression fracture.

Keywords: osteoporotic thoracolumbar vertebral fractures; percutaneous vertebroplasty; bone cement diffusion

基金项目:湖北省卫生健康委员会科研项目(WJ2021M022)

¹ 武汉市中医医院骨伤科(武汉,430014)

² 湖北中医药大学

[△]通信作者 E-mail:zerosasasa@163.com

随着我国步入老龄化社会,老年人口数量不断上升,患有原发性骨质疏松的患者基数也随之增加^[1]。骨质疏松性椎体压缩性骨折(Osteoporotic Vertebral Compression Fractures, OVCF)作为原发性骨质疏松症最主要的并发症,已经成为常见疾病^[2]。经皮椎体成形术(Percutaneous Kyphoplasty, PKP)是临床治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折患者最主要的治疗手段^[3-4],但仍有部分患者不能达到理想的止痛效果^[5-6]。多项研究表明,骨水泥在椎体内的弥散分布情况是影响临床疗效的一个重要因素^[7-9]。本研究通过回顾性分析骨水泥在椎体内分布对临床疗效的影响,提出一种新的分型方法,为临床操作过程中通过优化骨水泥的分布来提高临床疗效。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

收集2020年4月至2022年8月本院收治的符合骨质疏松性胸腰椎骨折诊断的患者100例。根据术后骨水泥在椎体内分布状态分成三组,即A组骨水泥不充分弥散于骨折部位,B组骨水泥完全弥散达到骨折范围,C组骨水泥弥散超过骨折范围。

1.2 诊断标准

采用中华医学会骨科学分会制定的《骨质疏松性骨折诊疗指南(2022年版)》^[10]作为诊断标准:1)临床症状:疼痛、肿胀、功能障碍。2)专有骨折体征:畸形、骨擦感(音)、反常活动等。3)影像学检查提示骨折。4)骨密度检查提示骨质疏松。

1.3 纳入标准

1)符合上述诊断标准。2)定量CT法骨密度 $\leq 80 \text{ mg/cm}^3$ 。3)胸腰椎MRI显示 T_1 加权像低信号, T_2 加权像和脂肪抑制像高信号^[11]。

1.4 排除标准

1)有脊髓受压、神经根症状者。2)其他骨病,如椎体转移瘤等病理骨折的患者^[12]。

1.5 方法

1.5.1 治疗方法 手术由同一医师主刀。术前建立静脉通路,给予必要的生命体征监测。患者取俯卧位,脊柱过伸位复位后,C臂机透视定位后给伤椎在体表的投影作标记,常规消毒铺无菌巾。用1%利多卡因在穿刺点周围沿皮肤、皮下至骨膜行局部浸润麻醉,作一0.5 cm左右的手术切口,在椎弓根影的外上侧缓慢进针,穿刺针角度保持在 $20^\circ \sim 30^\circ$ 之间,当透视正位穿刺针尖端位于椎弓根内缘时,侧位见穿刺针尖端已进入椎体后缘后,继续缓慢进针直至正位见穿刺针尖位于椎体中线,侧位见针尖达到椎体前1/3停止进针。双侧插入球囊,透视下打入适当造影剂,球囊撑开高度

合适后,更换骨水泥注入装置,调制骨水泥,将骨水泥装入工作套管,待骨水泥呈拉丝状,透视下缓慢推向椎体内,边推注边透视,待体外的骨水泥硬化后拔出穿刺针^[13-15]。

1.5.2 疗效评定方法 骨折区域划分根据MRI-STIR序列显示的高信号椎体诊断为新鲜压缩骨折椎体^[16]。将CT冠状面、矢状面中的致密影或透亮线,以及MRI矢状面 T_1 WI、 T_2 WI、STIR序列中的低信号、等信号或高信号集中区域带定义为骨折区域^[17]。记录新鲜骨折椎体的CT冠状面、矢状面及MRI矢状面 T_1 WI、 T_2 WI、STIR序列影像中骨折区域的清晰情况,同时记录椎体内骨折区域的分布位置。骨水泥分布情况按照矢状位图像将骨折椎体等分为上、中、下三层,分别用I、II、III表示。横断面图像上将椎体画出中央垂线、双侧椎弓根内缘三条标志线,将椎体从右到左分为a、b、c、d区。标记术前MRI-STIR序列显示的高信号,高信号所在区域全部记录下来。术后复查通过CT记录骨水泥所在的区域,将所有区域记录下来。通过比较术前MRI-STIR高信号所占的区域和术后骨水泥所占的区域,将所有患者分为三组:A组骨水泥未完全弥散骨折区域,B组骨水泥完全弥散到达骨折区域,C组骨水泥弥散超过骨折区域。

记录患者术前及术后、术后1个月、术后3个月疼痛视觉模拟量表(VAS)评分、Oswestry功能障碍指数(Oswestry Disability Index, ODI)、Cobb角,以及术中发生骨水泥渗漏的情况。

1.6 统计学方法

采用SPSS 22.0统计学软件进行数据分析,计数资料用“例(%)”表示,组间比较用 χ^2 检验;计量资料均以 $\bar{x} \pm s$ 形式表示,同时间点三组间比较采用独立样本 t 检验; $P < 0.05$ 差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

纳入研究的患者100例,其中男22例,女78例。年龄分布:60~69岁30例,70~79岁36例,80~89岁32例,90岁以上2例,平均为 (70.05 ± 7.90) 岁。各组患者经皮椎体成形术均为同一主刀医师独立完成,术中无球囊破裂、肋骨疼痛和吸入性肺炎等症状发生,无骨水泥栓塞。三组患者的一般资料比较差异无统计学意义($P > 0.05$),见表1。

2.2 术后骨水泥弥散情况

根据术前磁共振、CT及术后CT将骨水泥分布归为三组:A组骨水泥未完全弥散骨折区域,B组骨水泥完全弥散到达骨折区域,C组骨水泥弥散超过骨折区域,分组情况见表2。

表 1 三组患者一般资料比较(例)

组别	性别		年龄			
	男	女	60~69 岁	70~79 岁	80~89 岁	≥90 岁
I 组	3	13	5	6	5	0
II 组	13	45	18	20	19	1
III 组	6	20	7	10	8	1
χ^2	0.484		0.693			
P	0.785		0.502			

表 2 骨水泥弥散分型情况

组别	例数/例
A 组	16
B 组	58
C 组	26

A 组为骨水泥未完全弥散骨折区域,如图 1 所示,术前将磁共振图像划分为 12 个区域,分别命名为 I a、I b、I c、I d、II a、II b、II c、II d、III a、III b、III c、III d。图 1 中(a)~(g)为术前 MRI-STIR 图像,显示骨折区域位于 II a、II b、II c、II d、III a、III b、III c、III d;(h)~(n)为术后复查 CT 图像,显示术后骨水泥分布于 I a、I b、I c、I d、II a、II b、II c、II d、III b、III c 区域;通过前后骨折区域和骨水泥区域比较,发现骨水泥未完全填充骨折区域。

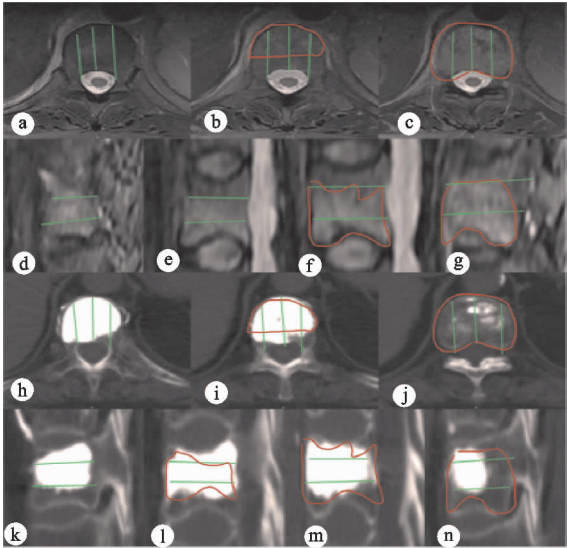


图 1 骨水泥未完全弥散骨折区域

B 组为骨水泥完全弥散到达骨折区域,如图 2 所示,术前将磁共振图像划分为 12 个区域,分别命名为 I a、I b、I c、I d、II a、II b、II c、II d、III a、III b、III c、III d。图 2 中(a)~(g)为术前 MRI-STIR 图像,显示骨折区域位于 I b、I c、I d、II c、II d;(h)~(n)为术后 CT 图像,显示术后骨水泥分布于 I b、I c、I d、II c、II d 区域;通过前后骨折区域和骨水泥区域比较,发现骨水泥完全填充骨折区域。

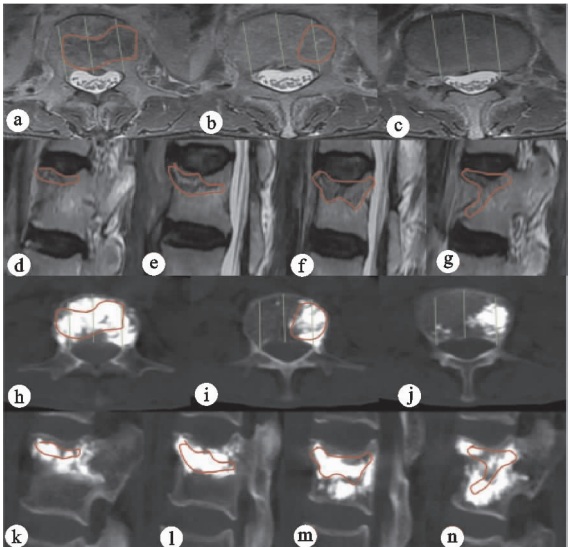


图 2 骨水泥完全弥散到达骨折区域

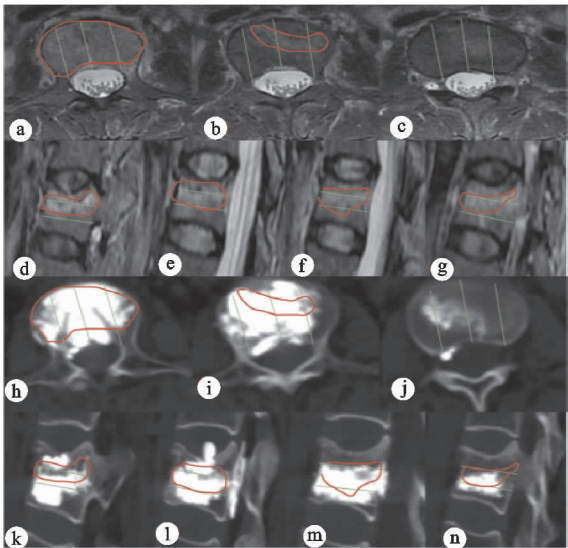


图 3 骨水泥完全弥散超过骨折区域

2.3 三组患者术前术后 VAS 评分比较

三组患者 VAS 评分结果见表 3,三组患者术后

VAS 评分均较术前减小,不同时间点间差异有统计学意义($P<0.05$)。术前三组患者间 VAS 评分差异无统计学意义($P>0.05$),而术后、术后 1 个月及术后 3

个月 A 组 VAS 评分最大,显著高于 B 组和 C 组,差异有统计学意义($P<0.05$),见表 3。

2.4 三组患者手术前后 ODI 评分比较

表 3 三组患者术前术后 VAS 评分比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数/例	术前/分	术后/分	术后 1 个月/分	术后 3 个月/分	F	P
A 组	16	7.50±1.46	3.81±1.22	3.31±0.95	3.19±0.75	32.092	<0.001
B 组	58	7.24±1.40	2.16±0.99	1.34±1.18	1.16±0.72	35.931	<0.001
C 组	26	8.04±1.37	2.65±0.75	1.81±0.70	1.45±0.75	40.984	<0.001
F		1.132	9.001	11.223	14.531		
P		0.060	<0.001	<0.001	<0.001		

三组患者术后的 ODI 评分较术前均减小,不同时间点间差异有统计学意义($P<0.05$);术前三组患者间的 ODI 评分差异均无统计学意义($P>0.05$),B 组

和 C 组术后 ODI 评分高于 A 组,差异有统计学意义($P<0.05$),见表 4。

2.5 三组患者手术前后 Cobb 角比较

表 4 三组患者手术前后 ODI 评分比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数/例	术前/分	术后/分	术后 1 个月/分	术后 3 个月/分	F	P
A 组	16	49.50±3.14	23.19±1.80	17.75±1.57	15.94±1.61	29.504	<0.001
B 组	58	49.88±3.25	21.55±1.64	15.67±1.50	13.86±1.26	28.594	<0.001
C 组	26	49.62±2.96	21.85±1.85	16.96±1.69	14.73±1.78	30.004	<0.001
F		1.082	13.258	14.552	16.571		
P		0.885	<0.001	<0.001	<0.001		

三组患者局部 Cobb 角测量结果见表 5,三组患者术后局部 Cobb 角均较术前减小,不同时间点间差异有统计学意义($P<0.05$);术前三组患者间 Cobb 角差

异无统计学意义($P>0.05$),而术后、术后 1 个月及术后 3 个月 A 组 Cobb 角最大,显著高于 B 组和 C 组,差异有统计学意义($P<0.05$)。

表 5 三组患者手术前后 Cobb 角比较($\bar{x}\pm s$)

组别	例数/例	术前/(°)	术后/(°)	术后 1 个月/(°)	术后 3 个月/(°)	F	P
A 组	16	18.81±7.23	12.44±1.71	12.25±1.07	11.81±1.22	19.583	<0.001
B 组	58	16.28±7.15	11.05±2.01	9.38±1.54	9.10±1.47	18.875	<0.001
C 组	26	15.15±6.25	12.12±1.73	11.73±1.97	11.15±1.38	20.009	<0.001
F		0.627	8.029	9.295	11.352		
P		0.103	<0.001	<0.001	<0.001		

2.6 三组患者发生骨水泥渗漏及邻近椎体骨折情况

三组患者发生骨水泥渗漏情况见表 6,C 组发生骨水泥渗漏例数最多,显著高于 A 组和 B 组,差异有统计学意义($P<0.05$)。

表 6 三组患者并发症发生情况比较

组别	例数/例	骨水泥渗漏/例	渗漏率/%
A 组	16	5	31.25
B 组	58	2	3.45
C 组	26	23	88.47

3 讨论

随着老年人口数量的不断上升,骨质疏松症的发病率也逐年增高,骨质疏松性胸腰椎椎体骨折正在逐渐成为影响老年人生活质量及生存率的常见疾病^[18]。临床症状以胸腰背段疼痛,活动时疼痛加剧,翻身起身困难,因疼痛影响患者的生活质量为主。目前骨质疏松性椎体压缩性骨折的临床保守治疗以卧床休息为主,但是长时间卧床也会加重骨质疏松,同时还有可能发生肺部感染、肺栓塞、下肢血栓形成等并发症。经皮

椎体成形术是将专用的工作通道在体表定位后,经皮肤穿刺进入骨折椎体,通过球囊支撑恢复椎体高度,注入骨水泥填充骨折椎体,迅速缓解临床症状,有利于患者在术后早期恢复正常活动。经皮椎体成形术不需要全麻,局麻就可完成手术,对医院和患者基础条件要求低,手术时间短,成为临床治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折的有效治疗方案。

骨质疏松性胸腰椎椎体骨折的临床症状以腰背部疼痛为主,且体位变化时症状加重,其主要原因是骨折后骨折断端不稳定导致骨折微动,刺激神经引起疼痛^[19]。骨质疏松性胸腰椎椎体骨折导致疼痛的原因,可能是椎体新鲜的骨折断端的微动刺激了痛觉神经末梢引起疼痛,经皮椎体成形术在术中通过球囊扩展,将压缩椎体高度恢复,同时改善椎体后凸畸形,然后将骨水泥填充在骨折椎体中,弥散于骨折线,从而稳定骨折断端,增强了椎体强度及稳定性^[20-22]。经皮椎体成形术可以迅速缓解骨质疏松性胸腰椎椎体压缩性骨折患者的疼痛,恢复椎体的稳定性,快速改善患者的生活质

量,临床中广泛应用于治疗骨质疏松性胸腰椎椎体压缩性骨折患者^[23]。同时,骨质疏松性胸腰椎椎体骨折患者年龄普遍较高,除疾病直接相关的骨质疏松外,通常伴有内科基础疾病,选用传统局部麻醉联合椎体麻醉即可缓解患者围手术期疼痛,从而避免因患者自身情况限制手术^[24]。患者经皮椎体成形术后疼痛不缓解主要原因是骨折区域内骨水泥未完全填充,植入骨水泥后椎体的稳定性未能恢复^[25]。骨水泥对伤椎骨折线的充分填充是为了使压缩椎体获得有效固定,同时也是保证经皮椎体成形术后患者早期缓解疼痛的关键,但是同时骨水泥的过量填充也会引起骨水泥渗漏和远期邻近椎体再骨折。

本研究回顾性观察 100 例骨质疏松性胸腰椎骨折患者的影像学资料及患者 VAS 评分、ODI 评分、Cobb 角,三组患者术后 VAS 评分、ODI 评分、局部 Cobb 角均较术前减小,不同时间点间差异有统计学意义。术前三组间 VAS 评分、ODI 评分、局部 Cobb 角差异无统计学意义,而术后、术后 1 个月、术后 3 个月时,A 组 VAS 评分、ODI 评分、局部 Cobb 角最大,显著高于 B 组和 C 组,但是 C 组的发生骨水泥渗漏率明显高于其他两组,说明骨折线的骨水泥填充骨折区域与临床症状缓解正相关,即骨水泥对于骨折区域弥散越充分,术后患者临床症状缓解越明显。但是骨水泥输入剂量的过多也可能引起骨水泥发生椎旁渗漏,因此足量骨水泥精准分布于骨折线,既可明显缓解临床症状,又降低手术并发症的发生概率。

对于经皮椎体成形术后骨水泥分布情况研究很多,但是目前没有一个明确分类方法。谢胜荣等^[26]将骨水泥分为 3 组,骨水泥于中线两侧弥散连接上下终板,骨水泥于中线旁一侧弥散连接上下终板,骨水泥于中线旁双侧弥散均未连接上下终板,研究表明连接上下终板时临床效果最好。沈松等^[27]将正位和侧位 X 线片上伤椎分别分为 12 小格,当正位和侧位 X 线片上骨水泥分布同时达到 9 小格时,认为骨水泥弥散程度好,纳入弥散分布组;当正位和侧位 X 线片骨水泥分布不能同时达到 9 小格时,认为骨水泥弥散不良。关键斌等^[28]将伤椎 CT 影像中骨水泥分布特点分为弥散型和非弥散型,将 CT 影像上中下 3 个层面,每个层面各分为 4 个部分,共 12 个部分,当骨水泥同时达到 9 个或以上部分,认为骨水泥弥散程度好,称为弥散型;当骨水泥弥散未达到 9 个部分则称为非弥散型。王雪峰等^[29]根据术后 3 d 的腰椎 X 线正位片,将骨水泥分布归类为三组:骨水泥分布限制在伤椎单侧,未跨过椎骨中线(组 I);骨水泥分布于椎骨中线左右但不分布于对侧椎弓根(组 II);骨水泥分布于椎骨中线左右且达到对侧椎弓根上(组 III)。林烁辉等^[30]在术后

正位 X 线片上将椎体画出中央垂线、双侧椎弓根内缘垂线 3 条标志线,将椎体分为 1~4 区,根据术后骨水泥在椎体分布情况计算骨水泥分布指数。骨水泥分布指数:骨水泥均匀分布于 4 个区者为 1.00,分布于 3 个区者为 0.75,分布于 2 个区者为 0.50,分布于 1 个区者为 0.25。以所有患者术中骨水泥注入量的中位数为分界线,分为高骨水泥量组和低骨水泥量组,以所有患者骨水泥分布指数为分界线,分布系数 ≥ 0.75 为高骨水泥分布指数组,分布系数 ≤ 0.50 为低骨水泥分布指数组。冯冠成等^[31]参照术后 X 线片判断骨水泥分布,分为骨水泥融合组和骨水泥分离组。谢辉等^[32]根据 X 线正位片将椎体进行解剖学分型,以过双侧椎弓根内缘垂线、脊柱正中垂线将椎体分为 4 区,根据分区将骨水泥在 X 线正位片上的弥散分布情况分为 5 型,I 型为 1~4 区,II 型为 2 至 3 区,III 型为 1 区和 4 区,IV 型为 1 区和 2 区或 3 区和 4 区,V 型为 1 区或 4 区,结果表明经皮椎体后凸成形后骨水泥在椎体内呈 I~III 型弥散分布可更好地缓解疼痛。马永成等^[33]对治疗后的 X 线片和 CT 多平面重建进行分析,若骨水泥与骨折线区域所在位置较远,或骨水泥与骨折线区域所在位置相接近,弥散范围低于 1/2 表示骨水泥有较差的弥散程度。若骨水泥与骨折线区域所在位置相接近,弥散范围高于 1/2 表示骨水泥有较好的弥散程度。目前大部分研究者认为骨水泥分布对经皮椎体成形术后的效果有显著影响,但是如何精准评价骨水泥分布情况目前没有定论,以前研究没有考虑骨折区域情况,未对骨折区域分区,而本研究通过 MRI 明确骨折所在区域,术后复查 CT 评估骨水泥分布的区域,观察不同骨水泥分布情况下患者临床疼痛及功能改善情况。本研究提出的骨水泥分布方法旨在提高临床效果,优化术前规划,后期需要大量临床研究验证及优化。

综上所述,经皮椎体成形术具有改善胸腰段压缩性骨折患者的胸腰部疼痛及功能活动的效果,骨水泥对于骨折线的弥散程度影响经皮椎体成形术后的近期疗效,也可能引起骨折椎体发展成为后凸畸形。因而保证骨质疏松性胸腰椎椎体压缩性骨折治疗效果的关键是骨水泥完全填充骨折线,但是过多填充骨水泥会使骨水泥渗漏,邻近椎体再骨折发生的风险升高。临床上治疗骨质疏松性椎体压缩骨折应术前评估分析骨折线分区,根据骨折线分区规划穿刺路径,可精准到达骨折部位,提高骨水泥填充有效率,减少骨水泥渗漏,降低邻近椎体再骨折发生的概率。

参考文献

- [1] 程云忠,杨宏浩,海涌,等.椎旁肌肉减少与经皮椎体后凸成形术后邻近节段再骨折的相关性分析[J].中国脊柱脊

- 髓杂志,2022,32(12):1067-1074.
- [2] 詹子浩,李然,傅栋铭,等.单节段胸腰椎骨质疏松性骨折经皮椎体后凸成形术后其他椎体新发骨折的影响因素分析[J].中国脊柱脊髓杂志,2022,32(12):1095-1101.
 - [3] 赵敏,何承建.骨填充网袋治疗骨质疏松性椎体骨折不愈合的疗效观察[J].中国中医骨伤科杂志,2019,27(12):74-75.
 - [4] 田明,韩晓斌,李玉民.经皮椎体成形术治疗全身骨显像诊断老年骨质疏松性新发椎体隐匿性骨折[J].中国微创外科杂志,2022,22(12):939-944.
 - [5] 吕昊,彭和兵,司捷.低黏度 PKP 与高黏度 PVP 治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效比较[J].中国中医骨伤科杂志,2020,28(3):44-47.
 - [6] 张涛.经皮椎体成形术联合阿仑膦酸钠治疗骨质疏松性胸腰椎骨折的效果及对患者预后的影响[J].中国医学创新,2022,19(28):77-80.
 - [7] 郝宇鹏,周英杰,嵇汉杰,等.逆向设计单侧椎弓根入路靶向穿刺椎体成形术治疗胸腰椎骨质疏松性椎体压缩骨折的前瞻性研究[J].中国修复重建外科杂志,2022,36(11):1400-1406.
 - [8] LIU D, XU J, WANG Q, et al. Timing of percutaneous balloon kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Pain Physician, 2023, 26(3):231-243.
 - [9] MA J H, LI M, ZHANG X Q, et al. Modified percutaneous kyphoplasty with better cement diffusion and improved biomechanics[J]. Asian J Surg, 2021, 44(12):1546-1548.
 - [10] 中华医学会骨科学分会.骨质疏松性骨折诊疗指南(2022年版)[J].中华骨科杂志,2022,42(22):1473-1491.
 - [11] 周炎贵,王勇,李春山,等.单侧与双侧穿刺经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效比较[J].中国骨与关节损伤杂志,2022,37(5):491-494.
 - [12] NIKOOBAKHT M, GERSZTEN P C, SHOJAEI S F, et al. Percutaneous balloon kyphoplasty in the treatment of vertebral compression fractures: a single-center analysis of pain and quality of life outcomes[J]. Br J Neurosurg, 2021, 35(2):166-169.
 - [13] JINDAL V, BINYALA S, KOHLI S S. Balloon kyphoplasty versus percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral body compression fractures: clinical and radiological outcomes[J]. Spine J, 2023, 23(4):579-584.
 - [14] WANG R, XU Y, MA X. Risk factors and strategies for recovery quality, postoperative pain, and recurrent fractures between percutaneous kyphoplasty and percutaneous vertebroplasty in elderly patients with thoracolumbar compression fractures: a retrospective comparative cohort study[J]. Ann Transl Med, 2023, 11(2):122.
 - [15] 陈彦,严小林,曾永吉,等.经皮椎体成形术与经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效分析[J].中国骨与关节损伤杂志,2022,37(7):728-730.
 - [16] 赵敏,何承建.经皮椎体成形术中应用明胶海绵预防骨水泥渗漏 25 例[J].中国中医骨伤科杂志,2019,27(8):65-67.
 - [17] ZHANG X, CHEN T, MENG F, et al. A finite element analysis on different bone cement forms and injection volumes injected into lumbar vertebral body in percutaneous kyphoplasty[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2022, 23(1):621.
 - [18] 张翀景,张旭,李得见,等.O型臂导航引导下经皮椎体成形术治疗中段胸椎骨质疏松性椎体压缩骨折的精准性及安全性[J].复旦学报(医学版),2022,49(5):739-746.
 - [19] HOU Y, ZHOU B, AMUTI A, et al. Rapid efficacy of percutaneous kyphoplasty (PKP) in treating thoracolumbar fractures in elderly patients[J]. Am J Transl Res, 2021, 13(4):2662-2669.
 - [20] QI J, HU Y, YANG Z, et al. Incidence, risk factors, and outcomes of symptomatic bone cement displacement following percutaneous kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fracture: a single center study[J]. J Clin Med, 2022, 11(24):7530.
 - [21] LI J, XIANG Z, ZHOU J, et al. Three-dimensional reconstruction of a CT image under deep learning algorithm to evaluate the application of percutaneous kyphoplasty in osteoporotic thoracolumbar compression fractures[J]. Contrast Media Mol Imaging, 2022:9107021.
 - [22] SUN Y, MA H, YANG F, et al. Clinical efficacy and safety of zoledronic acid combined with PVP/PKP in the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Biomed Res Int, 2021:6650358.
 - [23] WU S C, LUO A J, LIAO J C. Cement augmentation for treatment of high to mid-thoracic osteoporotic compression fractures, high-viscosity cement percutaneous vertebroplasty versus balloon kyphoplasty[J]. Sci Rep, 2022, 12(1):19404.
 - [24] LU Q, GAO S, ZHOU M. The effect of bone cement on the curative effect of percutaneous kyphoplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture[J]. Ann Palliat Med, 2021, 10(10):11013-11023.
 - [25] 朱庄臣,蒋海,于兴明,等.经皮后凸成形术骨水泥弥散的相关因素[J].中国矫形外科杂志,2021,29(22):2105-2107.
 - [26] 谢胜荣,陈冬梅,王艳,等.骨质疏松性胸腰椎压缩骨折双侧穿刺经皮椎体成形术中不同层面穿刺对骨水泥分布与疗效的影响研究[J].中国修复重建外科杂志,2023,37(3):329-335.
 - [27] 沈松,徐彬.经皮椎体成形骨水泥呈弥散型分布可减少邻近椎体再骨折的发生率[J].中国组织工程研究,2022,26(4):499-503.

- [10] BASTIAN J D, SAVIC M, CULLMANN J L, et al. Surgical exposures and options for instrumentation in acetabular fracture fixation: pararectus approach versus the modified Stoppa[J]. *Injury*, 2016, 47(3): 695-701.
- [11] SRIVASTAVA A, RAJNISH R K, KUMAR P, et al. Ilioinguinal versus modified Stoppa approach for open reduction and internal fixation of displaced acetabular fractures: a systematic review and meta-analysis of 717 patients across ten studies[J]. *Arch Orthop Traum Surg*, 2022, 143(2): 895-907.
- [12] 王瑞雄, 陈夏平, 刘志强, 等. 改良 Stoppa 入路在髋臼及骨盆骨折手术治疗中的应用[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2014, 29(2): 108-110.
- [13] SHIGEMURA T, MURATA Y, YAMAMOTO Y, et al. Comparison between Ilioinguinal approach and modified Stoppa approach for the treatment of acetabular fractures: an updated systematic review and meta-analysis[J]. *Orthop Traumatol Surg Res*, 2022, 108(2): 103204.
- [14] 张潇, 杨晓东, 夏广, 等. 经腹直肌外侧切口入路重建钢板辅助后柱顺行拉力螺钉治疗复杂髋臼骨折[J]. *创伤外科杂志*, 2015, 17(2): 123-126.
- [15] KEEL M J B, ECKER T M, CULLMANN J L, et al. The pararectus approach for anterior intrapelvic management of acetabular fractures: an anatomical study and clinical evaluation[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2012, 94(3): 405-411.
- [16] 杨晓东, 刘涵, 谷城, 等. 髂坐钢板经腹直肌外侧入路治疗涉及方形区的髋臼骨折[J]. *中国矫形外科杂志*, 2019, 27(20): 1836-1840.
- [17] 张彬, 李涛, 麦奇光, 等. 经腹直肌外侧入路钢板结合后柱拉力螺钉内固定治疗髋臼前后柱骨折[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2017, 32(4): 337-340.
- [18] TANNAST M, KEEL M J B, SIEBENROCK K A, et al. Open reduction and internal fixation of acetabular fractures using the modified Stoppa approach[J]. *JBJS Essent Surg Tech*, 2019, 9(1): e3.
- [19] KEEL M J B, SIEBENROCK K A, TANNAST M, et al. The pararectus approach: a new concept[J]. *JBJS Essent Surg Tech*, 2018, 8(3): e21.
- [20] WENZEL L. The pararectus approach in acetabular surgery: radiological and clinical outcome[J]. *J Orthop Trauma*, 2020, 34(2): 82-88.
- [21] CHUI K H, CHAN C C D, IP K C, et al. Three-dimensional navigation-guided percutaneous screw fixation for nondisplaced and displaced pelvi-acetabular fractures in a major trauma centre[J]. *Int Orthop*, 2018, 42(6): 1387-1395.
- [22] BRAND A, VON RÜDEN C, PROBST C, et al. Early biomechanical outcome in patients with acetabular fractures treated using the pararectus approach: a gait and stair climb analysis study [J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2021, 48(2): 1307-1316.
- [23] 朱新红, 闵继康, 张强华, 等. 经腹直肌外侧切口入路联合跟骨异形钢板内固定治疗累及四边体的髋臼骨折[J]. *中国骨伤*, 2022, 35(11): 1031-1036.
- [24] KWAK D K, JANG J E, KIM W H, et al. Is an anatomical suprapectineal quadrilateral surface plate superior to previous fixation methods for anterior column-posterior hemitransverse acetabular fractures typical in the elderly? A biomechanical study[J]. *Clin Orthop Surg*, 2022, 15(2): 182-191.
- [25] CHA Y, YOO J I, KIM J T, et al. How to solve anatomical mismatch in fixation of acetabular fractures using an anatomical quadrilateral surface plate? [J]. *Clin Orthop Surg*, 2022, 15(2): 338-342.

(收稿日期: 2023-05-04)

(上接第 58 页)

- [28] 关键斌, 冯宁宁, 俞兴, 等. 椎体分区 CT 值与经皮椎体成形后骨水泥分布的相关性[J]. *中国组织工程研究*, 2023, 27(30): 4757-4762.
- [29] 王雪峰, 刘辉, 丁少成. 骨水泥分布模式对骨质疏松性椎体压缩骨折术后临床治疗效果[J]. *中国骨与关节杂志*, 2019, 8(11): 836-841.
- [30] 林烁辉, 张敬灿, 庄宽. 骨水泥量及分布指数对经皮椎体后凸成形术早期疗效的影响[J]. *广东医科大学学报*, 2019, 37(5): 546-548.
- [31] 冯冠成, 方剑明, 吕浩然, 等. 骨水泥弥散分布方式如何影响经皮椎体成形后的早期疗效[J]. *中国组织工程研究*, 2021, 25(22): 3450-3457.
- [32] 谢辉, 陈浩鹏, 王本杰, 等. 骨水泥弥散分布类型对不同部位骨质疏松性椎体压缩骨折治疗效果的影响[J]. *中国组织工程研究*, 2020, 24(28): 4505-4510.
- [33] 马永成, 白朋, 向军. 骨水泥在椎体骨折线内弥散情况用于椎体成形术治疗效果及并发症的作用分析[J]. *首都食品与医药*, 2019, 26(12): 42-43.

(收稿日期: 2023-04-09)