

丙烯酸类骨水泥混合硫酸钙联合经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性骨折

傅扬, 闫应朝, 茹选良, 瞿杭波

(浙江医院骨一科, 浙江 杭州 310000)

【摘要】 目的: 探究丙烯酸类骨水泥 (polymethyl methacrylate, PMMA) 混合硫酸钙联合经皮椎体后凸成形术 (percutaneous kyphoplasty, PKP) 治疗骨质疏松性骨折 (osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF) 的临床疗效。方法: 对 2020 年 1 月至 2021 年 3 月收治的 191 例采用 PKP 术式治疗的 OVCF 患者的临床资料进行回顾性分析, 其中 82 例共 94 个椎体应用 PMMA 混合硫酸钙进行治疗, 设为观察组; 109 例共 125 个椎体应用单纯 PMMA 进行治疗, 设为对照组。观察组男 16 例, 女 66 例, 年龄 (75.35±11.22) 岁, 包括 36 个胸椎, 58 个腰椎; 对照组男 22 例, 女 87 例, 年龄 (74.51±9.21) 岁, 包括 63 个胸椎, 62 个腰椎。通过统计两组患者的手术时间、出血量、骨水泥注入量, 术前及术后 1 d、3 个月、1 年的疼痛视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI)、Cobb 角、椎体高度以及术后骨水泥渗漏的发生率, 对两组患者的疗效进行分析。结果: 所有患者获得 1 年以上随访。观察组与对照组手术时间、出血量、骨水泥注入量比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$), 但骨水泥渗漏率明显较低 ($P<0.05$)。两组术前及术后 1 d、3 个月、1 年的 VAS、ODI、Cobb 角以及椎体高度组间比较, 差异无统计学意义 ($P>0.05$), 但各个指标均较术前改善 ($P<0.05$)。结论: PMMA 混合硫酸钙治疗 OVCF 的疗效与单纯 PMMA 相当, 并能有效降低骨水泥渗漏的概率。

【关键词】 经皮椎体后凸成形术; 硫酸钙; 丙烯酸类骨水泥; 骨质疏松性骨折

中图分类号: R683

DOI: 10.12200/j.issn.1003-0034.2023.09.019

开放科学 (资源服务) 标识码 (OSID):



Effect of acrylic bone cement mixed with calcium sulfate combined with percutaneous kyphoplasty in the treatment of osteoporotic fractures

FU Yang, YAN Ying-chao, RU Xuan-liang, QU Hang-bo (Department of Orthopaedics, Zhejiang Hospital, Hangzhou 310000, Zhejiang, China)

ABSTRACT **Objective** To investigate the clinical efficacy of acrylic cement (PMMA) mixed with calcium sulfate combined with percutaneous kyphoplasty (PKP) in the treatment of osteoporotic fracture (OVCF). **Methods** The clinical data of 191 patients with OVCF treated with PKP from January 2020 to March 2021 were retrospectively analyzed. Among them, 82 patients with 94 vertebral bodies were treated with PMMA mixed with calcium sulfate as the observation group, and 109 patients with 125 vertebral bodies were treated with pure PMMA as the control group. Among the 82 patients in the observation group, there were 16 males and 66 females, with a mean age of (75.35±11.22) years old, including 36 thoracic vertebrae and 58 lumbar vertebrae. In the control group, there were 109 patients, 22 males and 87 females, with an average age of (74.51±9.21) years old, including 63 thoracic vertebrae and 62 lumbar vertebrae. The visual analog scale (VAS) before operation and 1 day, 3 months and 1 year after operation were calculated. The Oswestry disability index (ODI), Cobb's angle, vertebral body height and the probability of postoperative bone cement leakage were used to analyze the efficacy of the two groups. **Results** All the patients were followed up for more than one year. Compared with the control group, there was no significant difference in operation time, bleeding volume and bone cement injection volume between the two groups ($P>0.05$), while the leakage rate of bone cement was significantly lower in the observation group ($P<0.05$). In addition, there was no significant difference in VAS, ODI, Cobb angle, and vertebral body height between the two groups before operation, and 1 day, 3 months, and 1 year after operation ($P>0.05$), but each index was improved compared with that before operation ($P<0.05$). **Conclusion** PMMA mixed with calcium sulfate has equivalent efficacy in treating OVCF than PMMA alone, but can effectively reduce the probability of cement leakage.

KEYWORDS Percutaneous kyphoplasty; Calcium sulfate; Polymethyl methacrylate; Osteoporotic fractures

通讯作者: 瞿杭波 E-mail: quhb1222@163.com

Corresponding author: QU Hang-bo E-mail: quhb1222@163.com

随着老龄化社会的到来,老年人骨质疏松症的发病概率逐年升高^[1]。患有骨质疏松症的患者,由于骨量减少,椎体的承重以及强度大幅度降低,轻微外力下即可发生骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporosis vertebral compression fracture,OVCF),导致患者出现腰背部疼痛、活动受限,甚至出现脊柱后凸畸形,给患者带来了极大的痛苦和生活负担^[2-3]。经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty,PKP)作为一种创伤小、恢复快、同时能对伤椎进行生理结构以及生物功能进行矫正的手术方式,已成为治疗脊柱骨质疏松性骨折的经典手术方式^[4]。该手术是通过在伤椎中注入骨水泥来增加伤椎的硬度,通过球囊撑开矫正脊柱的后凸畸形,通过骨水泥的热效应杀灭末梢的神经细胞缓解患者的腰背部疼痛,从而能够帮助患者快速康复,避免了长期卧床以及卧床相关的并发症^[5-6]。然而,PKP 手术也有其缺陷存在,由于骨水泥有一个凝固的过程,伤椎由于有骨折破裂,术中骨水泥有可能通过骨折破裂间隙向周围发生渗漏,从而损伤椎体周围结构,严重情况下可能损伤椎体前缘血管以及椎管内的脊髓,甚至造成严重的、不可逆的损伤^[7-9]。有研究表明,PKP 术后骨水泥渗漏发生率高达 12%以上,如何减少骨水泥发生概率,提高临床疗效,得到了每位脊柱外科医生的关注^[10-12]。目前,有动物实验及相关临床研究表明,骨水泥黏度升高可有效降低骨水泥渗漏发生的概率^[13]。而通过在骨水泥中加入硫酸钙颗粒,可有效降低骨水泥的流动性,增加其黏度。但是,目前对于骨水泥中加入硫酸钙颗粒的具体比例,术后患者发生渗漏的具体情况以及渗漏的具体危险因素仍未达成共识,故通过回顾性分析 2020 年 1 月至 2021 年 3 月收治的骨质疏松性椎体压缩骨折 191 例临床资料,以普通丙烯酸类骨水泥 (polymethyl methacrylate,PMMA) 为对照,分析 PMMA 加入硫酸钙颗粒联合 PKP 治疗 OVCF 的效果,以期为临床治疗提供参考。

1 资料与方法

1.1 病例选择

纳入标准:根据病历记录,患者发生骨折到手术

间隔时间<6 周;术前 X 线上伤椎压缩程度<1/4;患者为骨质疏松性骨折;MRI 检查病变椎体 T1 像呈低信号,T2 像呈高信号。排除标准:术后失访;非骨质疏松性骨折;X 线上伤椎压缩程度>1/4;MRI 检查病变椎体 T1 像呈高信号;椎管内有占位或有神经损伤的患者。

1.2 一般资料

按上述病例选择标准,共 191 例纳入本研究,其中 82 例共 94 个椎体应用 PMMA 混合硫酸钙进行治疗,设为观察组,109 例共 125 个椎体应用单纯 PMMA 进行治疗,设为对照组。所有研究对象为 A 型压缩性骨折,两组一般资料比较,差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。见表 1。本研究经过医院伦理委员会批准实施,伦理批号:2022 临审第(32K)号。

1.3 治疗方法

为减少误差,回顾的所有患者手术为同一组医师完成。手术方法如下:患者采取俯卧位,常规消毒铺巾、定位、局部麻醉。C 形臂 X 线机透视下,右侧于 2 点钟方向进行穿刺,左侧于 10 点钟方向进行穿刺,正位透视下穿刺针到达棘突中央,同时侧位片上穿刺针到达椎体前后径 1/3 处时,拔出内芯,置入导丝,顺着导丝置入外套筒,定位满意后置入球囊后加压扩张,造影剂充盈满意。两侧均进行加压扩张后,观察组采取骨水泥加入硫酸钙进行搅拌,配置比例约为骨水泥粉末:硫酸钙粉末=4:1。配置好后,待骨水泥在拉丝状态下将骨水泥推注入椎体,待骨水泥弥散均匀后停止推注。对照组采用普通骨水泥,待骨水泥在拉丝状态下将骨水泥推注入椎体。术后予以补充钙剂、维生素 D3 等进行抗骨质疏松治疗,观察 1~5 d 出院。

1.4 观察项目与方法

观察指标:(1)一般情况观察,包括手术时间、术中出血量、骨水泥注入量、骨水泥渗漏率等。其中,前三者通过查阅患者病例可以得出,骨水泥渗漏率^[14]通过术后 X 线情况可以进行统计。(2)影像学观察,包括 Cobb 角通和椎体前缘压缩百分比,Cobb 角采

表 1 两组骨质疏松性椎体压缩骨折患者一般资料比较

Tab.1 Comparison of general information between two groups of patients with osteoporotic vertebral compression fractures

组别	例数	性别/例		年龄($\bar{x}\pm s$)/岁	身体质量指数($\bar{x}\pm s$)/(kg·m ²)	手术节段/个		随访时间($\bar{x}\pm s$)/月
		男	女			胸椎	腰椎	
观察组	82	16	66	75.35±11.22	22.35±4.47	36	58	16.91±2.38
对照组	109	22	87	74.51±9.21	21.86±4.13	63	62	17.36±3.15
检验值		$\chi^2=0.01$		$t=0.57$	$t=0.78$	$\chi^2=3.17$		$t=1.08$
P 值		0.91		0.57	0.43	0.07		0.28

用测量通过上椎骨的上终板和下椎骨的下终板的两条线的交角的方法进行统计,椎体前缘压缩百分比通过计算伤椎前缘与后缘的比值获得。(3)临床疗效观察包括术前及术后 1 d、3 个月、1 年患者的疼痛视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)、Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI),这些指标通过电话随访根据视觉模拟量表、Oswestry 功能障碍指数问卷表获得。

1.5 统计学处理

采用 SPSS 24.0 软件进行统计学分析。性别、手术节段、骨水泥渗漏率等定性资料,采用 χ^2 检验;年龄、身体质量指数、手术时间、出血量、骨水泥注入量、VAS 以及 ODI 等定量资料采取均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,两组间比较采用成组设计定量资料 t 检验,对同一组同一指标不同时间点的比较采用重复测量方差分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

观察组与对照组手术时间、出血量、骨水泥注入量比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),观察组骨水泥渗漏率小于对照组($P < 0.05$)。见表 2。两组患者术后均获得 12 个月以上随访,两组术前及术后 1 d、3 个月、1 年的 VAS(表 3)、ODI(表 4)、伤椎的 Cobb 角(表 5)以及椎体前缘压缩百分比(表 6)比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。但组间术后均较术前改善($P < 0.05$)。

表 2 两组骨质疏松性椎体压缩性骨折患者手术时间、出血量、骨水泥注入量及渗漏率情况比较

Tab.2 Comparison of operation time, bleeding volume, bone cement injection volume and leakage rate between two groups of patients with osteoporotic vertebral compression fractures

组别	例数	手术时间 ($\bar{x} \pm s$)/min	出血量 ($\bar{x} \pm s$)/ml	骨水泥注入 量($\bar{x} \pm s$)/ml	骨水泥渗 漏例数/例
观察组	82	47.78±2.71	7.56±3.39	5.02±1.48	8
对照组	109	46.93±3.93	7.42±3.68	5.43±1.96	24
检验值		$t=1.68$	$t=0.27$	$t=1.70$	$\chi^2=4.91$
P 值		0.09	0.78	0.09	0.03

3 讨论

3.1 PKP 手术的有效性和骨水泥渗漏的危害

PKP 作为一种微创,高效治疗 OVCF 的手术方式,已得到越来越多人的认可。其在 PVP 的基础上,通过球囊扩张,不仅能够对压缩椎体的高度进行恢复,也能为骨水泥注入提供空间,使术后脊柱生理结构的恢复与保持成为可能^[15]。但是,PKP 的术后并发症依然是一个十分棘手的问题,而大部分术后并发

表 3 两组骨质疏松性椎体压缩性患者不同时间 VAS 比较($\bar{x} \pm s$)

Tab.3 Comparison of VAS between two groups of patients with osteoporotic vertebral compression fractures at different times($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	术前	术后 1 d	术后 3 个月	术后 1 年
对照组	82	7.61±0.79	2.56±0.93	2.13±0.72	1.73±0.65
观察组	109	7.52±0.88	2.33±0.82	2.27±0.62	1.59±0.83
t 值		0.74	1.78	1.41	1.31
P 值		0.45	0.08	0.16	0.19

表 4 两组骨质疏松性椎体压缩性患者手术前后不同时间 ODI 比较($\bar{x} \pm s$)

Tab.4 Comparison of ODI between two groups of patients with osteoporotic vertebral compression fractures at different times($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	术前	术后 1 d	术后 3 个月	术后 1 年
对照组	82	77.31±5.29	31.06±3.93	27.33±3.21	22.73±4.65
观察组	109	76.48±4.26	30.76±4.82	26.43±4.69	23.59±5.83
t 值		1.16	0.47	1.57	1.13
P 值		0.25	0.64	0.12	0.26

表 5 两组骨质疏松性椎体压缩性患者手术治疗前后不同时间 Cobb 角比较($\bar{x} \pm s$)

Tab.5 Comparison of Cobb angle between two groups of patients with osteoporotic vertebral compression fractures at different times($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	术前	术后 1 d	术后 3 个月	术后 1 年
对照组	82	19.58±2.29	11.09±2.16	10.28±1.79	10.13±1.65
观察组	109	20.15±3.18	10.77±2.67	10.34±2.16	10.48±1.77
t 值		1.44	0.92	0.21	1.41
P 值		0.15	0.36	0.83	0.16

表 6 两组骨质疏松性椎体压缩性患者手术治疗前后不同时间椎体压缩程度占整个椎体高度百分比比较($\bar{x} \pm s$)

Tab.6 Comparison of degree of vertebral compression as a percentage of the entire vertebral height between two groups of patients with osteoporotic vertebral compression fractures at different times($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	术前	术后
对照组	82	35.72±6.36	21.39±5.79*
观察组	109	34.27±5.27	19.92±6.86 [▲]
t 值		0.47	1.57
P 值		0.64	0.12

注:与术前比较,* $t=17.39, P < 0.01$;[▲] $t=15.76, P < 0.01$

症与骨水泥的渗漏有关^[16]。有学者通过回顾性研究发现,骨水泥可通过骨皮质缺损形成的骨通道渗漏到椎体外,椎体后壁不完整的患者术后骨水泥渗漏的概率可达到 18.5%,而椎体终板不完整的患者术后骨水泥渗漏率甚至能够达到 70.8%^[10]。杨柳等^[17]的研究认为,在 PKP 术中,骨水泥渗漏有可能造成椎体内骨水泥分布不均,相邻椎体受力过大,甚至造成术后相邻椎体骨折。此外,骨水泥固化时温度可高达 100 ℃ 以上,正常情况下,骨水泥位于椎体内部,高温不会对椎体周围组织产生损伤,但是,当发生骨水泥渗漏时,极易造成椎体周围神经、血管的热损伤^[18]。有研究表明,1 ml 渗漏到骨骼肌的骨水泥所产生的热效应即可导致骨骼肌细胞坏死。因此,如何减少骨水泥的渗漏已成为广大学者十分重视的课题^[19-20]。

3.2 减少骨水泥渗漏的方法及相关研究

张树良等^[21]的研究表明,术中将明胶海绵制成颗粒,并通过推杆将其放置到椎体前方,可以有效阻隔骨水泥向前方弥散,从而避免椎体前缘破裂的患者发生骨水泥渗漏。李文俊等^[22]的研究表明,新型高黏度骨水泥不仅有较强的抗疲劳性、更好地显影效果等特点,更能在促进椎体高度恢复的同时,发挥其高黏性、抗扭曲、抗压强及较小孔隙率的特点,有效减少骨水泥的渗漏。杨惠林等^[23]在治疗椎体破裂,骨水泥渗漏率较高的患者时,多采用分次搅拌技术,先将拉丝后期的骨水泥注入椎体封堵椎体四壁破口,再注入拉丝前期的骨水泥让其在椎体里充分弥散,从而大大降低骨水泥渗漏率的同时保证手术疗效。另外,DUAN 等^[24]报道使用囊袋也可有效降低骨水泥渗漏率。

3.3 丙烯酸类骨水泥混合硫酸钙联合 PKP 治疗 OVCF 的优势

总结以上减少骨水泥渗漏的相关研究,可以得出一个结论,减少骨水泥渗漏的关键在于封堵椎体四壁的裂口和加大骨水泥的黏性。但是,多次搅拌技术增加了手术时间,增加了技术的学习曲线,囊袋的经济性又不够优秀,而明胶海绵与椎体的弹性模量及生物相容性差距较大。故目前急需一种与椎体弹性模量相近,使用时简单方便的骨水泥材料。近年来,硫酸钙骨水泥以其优秀的生物相容性和体内吸收能力在临床上得到了广泛的应用。硫酸钙骨水泥拥有优秀的原位自固定能力、良好的即刻生物力学强度,可应用于多种骨缺损的填充,而其凝固时的热效应较低,凝固后对骨质的黏合性也较低,与丙烯酸类骨水泥刚好互补。研究观察组采用丙烯酸类骨水泥混合硫酸钙制成复合骨水泥治疗骨质疏松性骨

折,与对照组相比,手术时间、术中出血量和骨水泥注入量差异无统计学意义($P>0.05$),治疗后患者的 Cobb 角、伤椎高度、VAS 以及 ODI 指数各个时间点与术前相比,均得到较大改善($P<0.05$),而各个时间点的相关指标与对照组相比,差异均无统计学意义($P>0.05$),充分证实了复合骨水泥在骨质疏松性骨折中的可靠疗效。与此同时,观察组骨水泥的渗漏率较对照组显著降低($P<0.05$),可见复合骨水泥可有效预防骨水泥渗漏,并在恢复胸腰椎功能、缓解疼痛方面与普通骨水泥旗鼓相当。

本研究探究了丙烯酸类骨水泥混合硫酸钙联合 PKP 治疗 OVCF 的疗效,但是仍然有一些不足。本研究为回顾性研究,且样本量较小,结果可能不准确。另外,本研究未对丙烯酸类骨水泥与硫酸钙的混合比例和骨水泥渗漏之间的关系进行定性、定量的研究,也未对不同混合比例的骨水泥的弹性模量进行研究,下一步会进一步扩大样本量,并进行前瞻性研究,同时去进行相关的动物实验,进一步明确混合骨水泥的疗效以及最佳混合比例。

综上所述,丙烯酸类骨水泥混合硫酸钙联合 PKP 治疗 OVCF 临床疗效令人满意,并可有效降低骨水泥渗漏发生的概率。

参考文献

- [1] 张保良,陈仲强.椎体强化术后继发骨水泥渗漏类型及其危险因素的临床评价[J].中华骨科杂志,2021,41(5):330-338. ZHANG B L, CHEN Z Q. Clinical evaluation of the patterns and risk factors of bone cement leakage and its related risk factors secondary to vertebral augmentation[J]. Chin J Orthop, 2021, 41(5): 330-338. Chinese.
- [2] 修振志,林忠磊.经皮椎体成形术后骨水泥渗漏的影像学表现及相关因素探讨[J].现代医用影像学,2020,29(5):892-894. XIU Z Z, LIN Z L. Imaging manifestations and related factors of bone cement leakage after percutaneous vertebroplasty[J]. Mod Med Imaging, 2020, 29(5): 892-894. Chinese.
- [3] ARABMOTLAGH M, NIKOLEISKI S C, SCHMIDT S, et al. Radiological evaluation of kyphoplasty with an intravertebral expander after osteoporotic vertebral fracture[J]. J Orthop Res, 2019, 37(2): 457-465.
- [4] 张帅,王高举,王清.经皮穿刺椎体后凸成形中骨水泥渗漏入椎管与胸腰椎椎体后壁形态的关系[J].中国组织工程研究,2020,24(10):1477-1483. ZHANG S, WANG G J, WANG Q, et al. The relationship between the leakage of bone cement into vertebral canal and the shape of posterior wall of thoracolumbar vertebrae in percutaneous kyphoplasty[J]. Chin J Tissue Eng Res, 2020, 24(10): 1477-1483. Chinese.
- [5] NING L, ZHU J G, TIAN S, et al. Correlation analysis between basic diseases and subsequent vertebral fractures after percutaneous kyphoplasty (PKP) for osteoporotic vertebral compression fractures [J]. Pain Physician, 2021, 24(6): E803-E810.
- [6] LI J Z, YUAN X F, LI F B, et al. A randomized trial comparing the

- clinical efficacy and safety of a novel steerable percutaneous kyphoplasty with traditional PKP in osteoporotic vertebral fractures [J]. *Ann Transl Med*, 2021, 9(12): 1024.
- [7] FANG S Y, DAI J L, MIN J K, et al. Analysis of risk factors related to the re-fracture of adjacent vertebral body after PKP [J]. *Eur J Med Res*, 2021, 26(1): 127.
- [8] WANG F, WANG L F, MIAO D C, et al. Which one is more effective for the treatment of very severe osteoporotic vertebral compression fractures: PVP or PKP [J]. *J Pain Res*, 2018, 11: 2625–2631.
- [9] ZHANG L, LI J G, YANG H L, et al. Histological evaluation of bone biopsy results during PVP or PKP of vertebral compression fractures [J]. *Oncol Lett*, 2013, 5(1): 135–138.
- [10] NIEUWENHUIJSE M J, VANERKEL A R, DIJKSTRAP A D. Cement leakage in percutaneous vertebroplasty-for osteoporotic vertebral compression fractures: identification of risk factors [J]. *Spine J*, 2011, 11(9): 839–848.
- [11] ZHAN Y, JIANG J, LIAO H, et al. Risk factors for cement leakage after vertebroplasty or kyphoplasty: a meta-analysis of published evidence [J]. *World Neurosurg*, 2017, 5(101): 633–642.
- [12] ZHU S Y, ZHONG Z M, WU Q, et al. Risk factors for bone cement leakage in percutaneous vertebroplasty: a retrospective study of four hundred and eighty five patients [J]. *Int Orthop*, 2016, 40(6): 1205–1210.
- [13] ENDO N, FUJINO K, DOI T, et al. Effect of elcatonin versus nonsteroidal anti-inflammatory medications for acute back pain in patients with osteoporotic vertebral fracture: a multiclinic randomized controlled trial [J]. *J Bone Miner Metab*, 2017, 35(4): 375–384.
- [14] 巩航辉, 李庆达, 贺宝荣. 椎体强化术继发骨水泥渗漏分型及危险因素研究现状与预防 [J]. *现代实用医学*, 2021, 33(10): 1261–1265.
- GONG H H, LI Q D, HE B R, et al. Classification and risk factors of bone cement leakage secondary to vertebral augmentation [J]. *Modern Practical Medicine*, 2021, 33(10): 1261–1265. Chinese.
- [15] 徐华, 郭氧, 穆臣会, 等. 改良单侧 PKP 治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效观察 [J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2021, 36(9): 943–945.
- XU H, GUO Y, MU C H, et al. Clinical observation of modified unilateral PKP in the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture [J]. *Chin J Bone Joint Injury*, 2021, 36(9): 943–945. Chinese.
- [16] 姚挺, 鲍朝海, 陈文宇. 不同剂量骨水泥灌注对 OVCF 患者的椎体矫正和骨水泥渗漏情况的影响 [J]. *中外医学研究*, 2021, 19(35): 125–128.
- YAO T, BAO C H, CHEN W Y. Effects of different doses of bone cement perfusion on vertebral body modification and bone cement leakage in patients with OVCF [J]. *Chin Foreign Med Res*, 2021, 19(35): 125–128 Chinese.
- [17] 杨柳, 杜建伟. 椎体增强术中降低骨水泥渗漏率的措施 [J]. *中国组织工程研究*, 2022, 26(22): 3598–3601.
- YANG L, DU J W. Measures to reduce the leakage rate of bone cement during vertebral augmentation [J]. *Chin J Tissue Eng Res*, 2022, 26(22): 3598–3601. Chinese.
- [18] CHEN C H, FAN P, XIE X H, et al. Risk factors for cement leakage and adjacent vertebral fractures in kyphoplasty for osteoporotic vertebral fractures [J]. *Clin Spine Surg*, 2020, 33(6): E251–E255.
- [19] LIU T, LI Z, SU Q J, et al. Cement leakage in osteoporotic vertebral compression fractures with cortical defect using high-viscosity bone cement during unilateral percutaneous kyphoplasty surgery [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96(25): e7216.
- [20] LU Q Y, GAO S C, ZHOU M K. 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.
- [21] 张树良, 徐彬, 劳杨骏, 等. 明胶海绵在经皮椎体后凸成形术中预防 Kümmell 病椎体前壁骨水泥渗漏的临床观察 [J]. *中国骨伤*, 2021, 34(8): 738–742.
- ZHANG S L, XU B, LAO Y J, et al. Clinical observation of gelfoam in preventing cement leakage via the anterior vertebral wall in Kümmell's patients treated with percutaneous kyphoplasty [J]. *China J Orthop Traumatol*, 2021, 34(8): 738–742. Chinese.
- [22] 李文俊, 张立国, 刘葛君, 等. 高粘度骨水泥联合 PVP 治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效及骨水泥渗漏的影响因素 [J]. *解放军预防医学杂志*, 2018, 36(10): 1286–1289.
- LI W J, ZHANG L G, LIU G J, et al. The effect of high viscosity bone cement combined with PVP in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures and the influencing factors of bone cement leakage [J]. *J Prevent Med Chin People's Liberation Army*, 2018, 36(10): 1286–1289. Chinese.
- [23] 杨惠林, 王根林, 姜为民, 等. 分次灌注骨水泥技术治疗 Kümmell 病 [J]. *脊柱外科杂志*, 2012, 10(1): 22–24.
- YANG H L, WANG G L, JIANG W M, et al. Graded infusion of bone cement in balloon kyphoplasty for Kümmell's disease [J]. *J Spinal Surg*, 2012, 10(1): 22–24. Chinese.
- [24] DUAN Z K, ZOU J F, HE X L, et al. Bone filling mesh container versus percutaneous kyphoplasty in treating Kümmell's disease [J]. *Arch Osteoporos*, 2019, 14(1): 109.

(收稿日期: 2022-06-20 本文编辑: 王宏)