

## · 临床研究 ·

## 矿化胶原-聚甲基丙烯酸甲酯骨水泥经皮椎体后凸成形术治疗 I、II 期 Kümmell 病的临床研究

罗科锋, 蔡凯文, 卢斌, 岳兵, 陆继业, 蒋国强

(宁波大学医学院附属医院, 浙江 宁波 315020)

**摘要 目的:**探讨矿化胶原-聚甲基丙烯酸甲酯(mineralized collagen-polymethylmethacrylate, MC-PMMA)骨水泥经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)治疗 I、II 期 Kümmell 病的临床疗效和安全性。**方法:**收集 2015 年 1 月至 2017 年 1 月在宁波大学医学院附属医院住院治疗的 I、II 期 Kümmell 病患者的病例资料进行回顾性研究。符合要求的患者共 23 例,均行伤椎双侧 PKP 手术,术中使用 MC-PMMA 者 9 例(MC-PMMA 组)、使用 PMMA 者 14 例(PMMA 组)。比较 2 组患者的手术时间、术中出血量、住院时间、疼痛视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)评分、Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)、伤椎前缘高度丢失率、伤椎后缘高度丢失率、脊柱后凸角矫正率、伤椎楔变角矫正率,以及治疗和随访期间的并发症发生情况。**结果:**①手术一般情况及并发症。2 组患者均顺利完成手术。2 组患者的手术时间、术中出血量及住院时间比较,组间差异均无统计学意义[(27.4±3.7)min, (27.0±4.5)min,  $t=0.248$ ,  $P=0.807$ ; (13.3±3.5)mL, (14.3±3.3)mL,  $t=-0.655$ ,  $P=0.519$ ; (8.1±1.1)d, (7.7±1.3)d,  $t=-0.780$ ,  $P=0.444$ ]。MC-PMMA 组 5 例发生骨水泥渗漏,其中 1 例向椎体前缘渗漏、4 例向椎间盘内渗漏;PMMA 组 7 例发生骨水泥渗漏,其中 1 例向椎体前缘渗漏、5 例向椎间盘内渗漏、1 例向椎管内少量渗漏但无神经症状。MC-PMMA 组 2 例发生椎体骨折,PMMA 组 3 例发生椎体骨折,均经非手术治疗或 PKP 手术治疗后改善或治愈。2 组骨水泥渗漏和术后新发骨折率比较,组间差异均无统计学意义( $P=1.000$ ;  $P=1.000$ )。②疼痛 VAS 评分。时间因素和分组因素不存在交互效应( $F=0.138$ ,  $P=0.711$ )。2 组患者疼痛 VAS 评分总体比较,差异无统计学意义,即不存在分组效应( $F=0.095$ ,  $P=0.760$ );手术前后不同时间点之间疼痛 VAS 评分的差异有统计学意义,即存在时间效应( $F=302.813$ ,  $P=0.000$ );2 组疼痛 VAS 评分随时间均呈先降低后增加的趋势,且 2 组的变化趋势基本一致。③ODI。时间因素和分组因素不存在交互效应( $F=0.299$ ,  $P=0.590$ )。2 组患者 ODI 总体比较,差异无统计学意义,即不存在分组效应( $F=0.349$ ,  $P=0.561$ );手术前后不同时间点之间 ODI 的差异有统计学意义,即存在时间效应( $F=531.962$ ,  $P=0.000$ );2 组 ODI 随时间均呈先降低后增加的趋势,且 2 组的变化趋势基本一致。④伤椎前缘高度丢失率。时间因素与分组因素不存在交互效应( $F=2.881$ ,  $P=0.074$ );2 组患者伤椎前缘高度丢失率总体比较,差异无统计学意义,即不存在分组效应( $F=0.853$ ,  $P=0.366$ );手术前后不同时间点之间伤椎前缘高度丢失率的差异有统计学意义,即存在时间效应( $F=27.068$ ,  $P=0.000$ );2 组伤椎前缘高度丢失率随时间变化均呈先降低后增高的趋势,2 组的变化趋势基本一致。⑤伤椎后缘高度丢失率。时间因素与分组因素不存在交互效应( $F=2.488$ ,  $P=0.102$ );2 组患者伤椎后缘高度丢失率总体比较,差异无统计学意义,即不存在分组效应( $F=3.871$ ,  $P=0.062$ );手术前后不同时间点之间伤椎后缘高度丢失率的差异有统计学意义,即存在时间效应( $F=20.016$ ,  $P=0.000$ );2 组伤椎后缘高度丢失率随时间变化均呈先降低后增高的趋势,2 组的变化趋势基本一致。⑥脊柱后凸角矫正率。时间因素与分组因素存在交互效应( $F=18.089$ ,  $P=0.000$ );2 组患者脊柱后凸角矫正率总体比较,差异无统计学意义,即不存在分组效应( $F=0.001$ ,  $P=0.973$ );术后不同时间点之间脊柱后凸角矫正率的差异有统计学意义,即存在时间效应( $F=52.825$ ,  $P=0.000$ );2 组脊柱后凸角矫正率随时间变化均呈降低趋势,但 2 组的降低趋势不完全一致;术后即刻、术后 3 个月,2 组脊柱后凸角矫正率的组间差异均无统计学意义( $t=-1.867$ ,  $P=0.076$ ;  $t=-1.311$ ,  $P=0.204$ );术后 1 年,PMMA 组的脊柱后凸角矫正率明显低于 MC-PMMA 组( $t=3.690$ ,  $P=0.001$ )。⑦伤椎楔变角矫正率。时间因素与分组因素存在交互效应( $F=10.315$ ,  $P=0.000$ );2 组患者伤椎楔变角矫正率总体比较,差异无统计学意义,即不存在分组效应( $F=0.016$ ,  $P=0.901$ );术后不同时间点之间伤椎楔变角矫正率的差异有统计学意义,即存在时间效应( $F=49.888$ ,  $P=0.000$ );2 组伤椎楔变角矫正率随时间变化均呈降低趋势,2 组的降低趋势基本一致。**结论:**应用 MC-PMMA 与应用 PMMA 行 PKP 治疗 I、II 期 Kümmell 病,均能迅速缓解疼痛症状、改善脊柱功能、恢复伤椎高度、纠正脊柱后凸畸形,而且具有较高的安全性;但后期均会出现一定程度的伤椎高度丢失和脊柱后凸矫正度丢失,应用 MC-PMMA 比应用 PMMA 能更好地维持脊柱后凸矫正度。

**关键词** 脊柱骨折;骨质疏松性骨折;Kümmell 病;椎体后凸成形术;矿化胶原-聚甲基丙烯酸甲酯

基金项目:浙江省自然科学基金项目(LY17H060001)

通讯作者:蒋国强 E-mail:jiangguoqiang@nbu.edu.cn

# A clinical study of percutaneous kyphoplasty with mineralized collagen – polymethylmethacrylate bone cement for treatment of phase I and II Kümmell's diseases

LUO Kefeng, CAI Kaiwen, LU Bin, YUE Bing, LU Jiye, JIANG Guoqiang

The Affiliated Hospital of Medical School of Ningbo University, Ningbo 315020, Zhejiang, China

**ABSTRACT Objective:** To explore the clinical curative effects and the safety of percutaneous kyphoplasty (PKP) with mineralized collagen – polymethylmethacrylate (MC – PMMA) bone cement for treatment of phase I and II Kümmell's diseases. **Methods:** The medical records of patients with phase I and II Kümmell's diseases who were treated in the Affiliated Hospital of Medical School of Ningbo University from January 2015 to January 2017 were collected and retrospectively studied. Twenty – three patients enrolled in the study were treated with bilateral PKP on injured vertebra using MC – PMMA (9) and PMMA (14) respectively. The operative time, intraoperative blood loss, hospital stay, pain visual analogue scale (VAS) scores, Oswestry disability index (ODI), loss rate of injured vertebrae anterior border height, loss rate of injured vertebrae posterior border height, correction rate of spinal kyphotic angle, correction rate of angle of wedge shaped injured vertebrae and complications during treatment period and follow – up period were compared between the 2 groups. **Results:** The surgeries were finished successfully in all patients. There was no statistical difference in operative time, intraoperative blood loss and hospital stay between the 2 groups ( $27.4 \pm 3.7$  vs  $27.0 \pm 4.5$  min,  $t = 0.248$ ,  $P = 0.807$ ;  $13.3 \pm 3.5$  vs  $14.3 \pm 3.3$  mL,  $t = -0.655$ ,  $P = 0.519$ ;  $8.1 \pm 1.1$  vs  $7.7 \pm 1.3$  days,  $t = -0.780$ ,  $P = 0.444$ ). The bone cements leaked out of anterior border of vertebral body (1) and leaked into intervertebral disc (4) in MC – PMMA group. The bone cements leaked out of anterior border of vertebral body (1) and leaked into intervertebral disc (5) and vertebral canal without nerve symptoms (1) in PMMA group. Meanwhile, the vertebral fractures were found in MC – PMMA group (2) and PMMA group (3), and all patients were improved or cured after non – surgical treatment or PKP surgery. There was no statistical difference in the rates of bone cement leakage and postoperative new fracture between the 2 groups ( $P = 1.000$ ;  $P = 1.000$ ). There was no interaction between time factor and group factor in pain VAS scores ( $F = 0.138$ ,  $P = 0.711$ ). There was no statistical difference in pain VAS scores between the 2 groups in general, in other words, there was no group effect ( $F = 0.095$ ,  $P = 0.760$ ). There was statistical difference in the pain VAS scores between different timepoints before and after the surgery, in other words, there was time effect ( $F = 302.813$ ,  $P = 0.000$ ). The pain VAS scores presented a time – dependent trend of decreasing firstly and increasing subsequently in both of the 2 groups, and the 2 groups were basically consistent with each other in the variation tendency of pain VAS scores. There was no interaction between time factor and group factor in ODI ( $F = 0.299$ ,  $P = 0.590$ ). There was no statistical difference in ODI between the 2 groups in general, in other words, there was no group effect ( $F = 0.349$ ,  $P = 0.561$ ). There was statistical difference in ODI between different timepoints before and after the surgery, in other words, there was time effect ( $F = 531.962$ ,  $P = 0.000$ ). The ODI presented a time – dependent trend of decreasing firstly and increasing subsequently in both of the 2 groups, and the 2 groups were basically consistent with each other in the variation tendency of ODI. There was no interaction between time factor and group factor in the loss rate of injured vertebrae anterior border height ( $F = 2.881$ ,  $P = 0.074$ ). There was no statistical difference in the loss rate of injured vertebrae anterior border height between the 2 groups in general, in other words, there was no group effect ( $F = 0.853$ ,  $P = 0.366$ ). There was statistical difference in the loss rate of injured vertebrae anterior border height between different timepoints before and after the surgery, in other words, there was time effect ( $F = 27.068$ ,  $P = 0.000$ ). The loss rate of injured vertebrae anterior border height presented a time – dependent trend of decreasing firstly and increasing subsequently in both of the 2 groups, and the 2 groups were basically consistent with each other in the variation tendency of loss rate of injured vertebrae anterior border height. There was no interaction between time factor and group factor in the loss rate of injured vertebrae posterior border height ( $F = 2.488$ ,  $P = 0.102$ ). There was no statistical difference in the loss rate of injured vertebrae posterior border height between the 2 groups in general, in other words, there was no group effect ( $F = 3.871$ ,  $P = 0.062$ ). There was statistical difference in the loss rate of injured vertebrae posterior border height between different timepoints before and after the surgery, in other words, there was time effect ( $F = 20.016$ ,  $P = 0.000$ ). The loss rate of injured vertebrae posterior border height presented a time – dependent trend of decreasing firstly and increasing subsequently in both of the 2 groups, and the 2 groups were basically consistent with each other in the variation tendency of loss rate of injured vertebrae posterior border height. There was interaction between time factor and group factor in the correction rate of spinal kyphotic angle ( $F = 18.089$ ,  $P = 0.000$ ). There was no statistical difference in the correction rate of spinal kyphotic angle between the 2 groups in general, in other words, there was no group effect ( $F = 0.001$ ,  $P = 0.973$ ). There was statistical difference in the correction rate of spinal kyphotic angle between different timepoints after the surgery, in other words, there was time effect ( $F = 52.825$ ,  $P = 0.000$ ). The correction rate of spinal kyphotic angle presented a time – dependent decreasing trend in both of the 2 groups, while the 2

groups were inconsistent with each other in the decreasing trend of correction rate of spinal kyphotic angle. There were no statistical difference in the correction rate of spinal kyphotic angle between the 2 groups immediately postoperatively and at 3 months after the surgery ( $t = -1.867, P = 0.076; t = -1.311, P = 0.204$ ). The correction rate of spinal kyphotic angle was obviously lower in PMMA group compared to MC-PMMA group at 1 year after the surgery ( $t = 3.690, P = 0.001$ ). There was interaction between time factor and group factor in the correction rate of angle of wedge shaped injured vertebrae ( $F = 10.315, P = 0.000$ ). There was no statistical difference in the correction rate of angle of wedge shaped injured vertebrae between the 2 groups in general, in other words, there was no group effect ( $F = 0.016, P = 0.901$ ). There was statistical difference in the correction rate of angle of wedge shaped injured vertebrae between different timepoints after the surgery, in other words, there was time effect ( $F = 49.888, P = 0.000$ ). The correction rate of angle of wedge shaped injured vertebrae presented a time-dependent decreasing trend in both of the 2 groups, and the 2 groups were basically consistent with each other in the decreasing trend of correction rate of angle of wedge shaped injured vertebrae. **Conclusion:** PKP with MC-PMMA or PMMA can rapidly alleviate pain symptoms, improve spinal function, restore injured vertebrae height and correct kyphotic deformity in treatment of phase I and II Kümmell's diseases, and both of them have high safety. However, injured vertebra height and kyphotic correction rate can loss to a certain degree in later stage, and MC-PMMA surpasses PMMA in maintaining kyphotic correction rate.

**Keywords** spinal fractures; osteoporotic fractures; Kümmell's disease; kyphoplasty; mineralized collagen-polymethylmethacrylate

Kümmell 病又称创伤后椎体迟发性骨坏死, 尤其好发于合并骨质疏松症的中老年人群。该病在老年骨质疏松性椎体压缩性骨折 (osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF) 病例中的发生比例高达 7% ~ 37%<sup>[1]</sup>。因该病具有骨坏死、骨吸收、椎体假关节形成、椎体骨密度普遍低下的病理学特征, 治疗较为棘手。Li 等<sup>[2]</sup>将 Kümmell 病分为 3 期, 对其中无明显椎管内压迫的 I、II 期患者, 目前多选择经皮椎体成形术 (percutaneous vertebroplasty, PVP) 或经皮椎体后凸成形术 (percutaneous kyphoplasty, PKP) 治疗, 对于存在椎管内压迫且脊柱稳定性较差的 III 期患者, 多主张采用切开复位联合骨水泥强化螺钉内固定及伤椎强化<sup>[1,3]</sup>。

目前临床采用 PVP 或 PKP 治疗 Kümmell 病时选用的骨水泥多为聚甲基丙烯酸甲酯 (polymethylmethacrylate, PMMA), 已显示出了良好的镇痛和即刻稳定作用<sup>[4-5]</sup>。但也有研究表明, PVP 或 PKP 术后存在发生远期畸形矫正度丢失、邻椎骨折风险增加、水泥体松动甚至脱出的风险<sup>[6-7]</sup>。由于 PVP 或 PKP 相对于开放手术仍具有其不可替代的优势, 因此改良 PVP 或 PKP 存在的缺陷成为当务之急。改良骨水泥是其中一个重要的方向。矿化胶原-聚甲基丙烯酸甲酯 (mineralized collagen-polymethylmethacrylate, MC-PMMA) 由此进入我们的视线。研究表明, 与 PMMA 相比, 该材料具有更强的生物活性和更低的弹性模量。为探讨 MC-PMMA 用于 PVP 或 PKP 治疗 Kümmell 病的价值, 本研究比较了应用 PMMA 和 MC-PMMA 行 PKP 治疗 I、II 期 Kümmell 病的临床

疗效和安全性, 现总结报告如下。

## 1 临床资料

**1.1 一般资料** 收集 2015 年 1 月至 2017 年 1 月在宁波大学医学院附属医院住院治疗的 Kümmell 病患者的病例资料进行回顾性研究。试验方案经医院医学伦理委员会审查通过。

**1.2 诊断标准** 结合病史、体征及影像学表现, 进行排除性诊断<sup>[8]</sup>: ①无或仅有轻微外伤史, 并有一定的无症状期及逐渐加重的轴性背痛; ②脊柱固定压痛, 伴有不同程度的活动障碍; ③影像学检查结果提示迟发性椎体压缩; ④影像学检查结果提示病变内存在骨吸收和(或)硬化骨形成, 伴或不伴椎体内真空裂隙征; ⑤排除脊柱肿瘤、感染、代谢性骨病等其他疾病。

**1.3 纳入标准** ①符合以上诊断标准; ②按 Li 等<sup>[2]</sup>的 Kümmell 病分期标准属于 I 期或 II 期; ③采用 PKP 治疗; ④术中选用的骨水泥为 PMMA 或 MC-PMMA; ⑤有术前、术后即刻、术后 3 个月及术后 1 年的脊柱 DR 片、疼痛视觉模拟量表 (visual analogue scale, VAS) 评分、Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI)<sup>[9]</sup>; ⑥治疗及随访资料完整。

**1.4 排除标准** ①伤椎有骨折史或强化手术史者; ②合并脊柱感染、肿瘤及其他严重基础疾病者。

## 2 方法

**2.1 分组方法** 符合要求的患者共 23 例, 均为单椎体病变。术中使用 MC-PMMA 者 9 例 (MC-PMMA 组)、使用 PMMA 者 14 例 (PMMA 组)。2 组患者的基线资料比较, 差异无统计学意义, 具有可比性 (表 1)。

表 1 2 组 Kümmell 病患者的基线资料

组别	样本量 (例)	性别(例)		年龄 ( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	病程 ( $\bar{x} \pm s$ , d)	分期(例)		体质量指数 ( $\bar{x} \pm s$ , $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )	骨密度 T 值 ( $\bar{x} \pm s$ )
		男	女			I 期	II 期		
MC - PMMA 组	9	2	7	73.6 $\pm$ 5.7	69.4 $\pm$ 41.7	2	7	23.7 $\pm$ 2.5	-3.6 $\pm$ 0.6
PMMA 组	14	2	12	70.0 $\pm$ 8.6	61.6 $\pm$ 39.0	3	11	24.2 $\pm$ 2.9	-3.3 $\pm$ 0.9
检验统计量				$t = 1.094$	$t = -0.456$			$t = -0.362$	$t = -0.841$
P 值		1.000		0.286	0.653	1.000		0.721	0.410

**2.2 手术方法** 所有患者均在局部麻醉下行伤椎双侧 PKP 手术。手术器械均选用上海凯利泰公司生产的 PKP 手术套件。PMMA 组选用 PMMA 骨水泥(Tecres S. P. A. 公司), MC - PMMA 组使用的骨水泥为 PMMA 骨水泥(Tecres S. P. A. 公司)和人工骨修复材料(北京奥精公司, 主要成分为 MC)配制成的 MC 含量为 15% 的 MC - PMMA。所有患者术后均给予钙剂、维生素 D 及双磷酸盐。

**2.3 疗效及安全性评价方法** 比较 2 组患者的手术时间、术中出血量、住院时间、疼痛 VAS 评分、ODI、伤椎前缘高度丢失率、伤椎后缘高度丢失率、脊柱后凸角矫正率、伤椎楔变角矫正率, 以及治疗和随访期间的并发症发生情况。

伤椎前缘高度丢失率、伤椎后缘高度丢失率、脊柱后凸角矫正率、伤椎楔变角矫正率均根据患者的 DR 片测量、计算。伤椎前缘高度丢失率 = (伤椎上下相邻椎体前缘高度均值 - 伤椎前缘高度) / 伤椎上下相邻椎体前缘高度均值  $\times 100\%$ , 伤椎后缘高度丢失率 = (伤椎上下相邻椎体后缘高度均值 - 伤椎后缘高度) / 伤椎上下相邻椎体后缘高度均值  $\times 100\%$ , 如伤椎上下相邻椎体为楔变椎或扁平椎, 则取距伤椎最近的正常椎体进行测量。脊柱后凸角为伤椎上邻椎上终板划线的垂线与下邻椎下终板划线的垂线所成的锐角, 伤椎楔变角为伤椎上、下终板划线构成的夹角(图 1)。脊柱后凸角矫正率 = (术前脊柱后凸角 - 此次测定的脊柱后凸角) / 术前脊柱后凸角  $\times 100\%$ , 伤椎楔变角矫正率 = (术前伤椎楔变角 - 此次测定的伤椎楔变角) / 术前伤椎楔变角  $\times 100\%$ 。

**2.4 数据统计方法** 采用 SPSS18.0 软件进行数据分析。2 组患者性别、疾病分期、骨水泥渗漏发生率及术后新发骨折率的组间比较均采用 Fisher 确切概率法, 年龄、病程、体质量指数、骨密度 T 值、手术时间、术中出血量、住院时间的组间比较均采用两独立样本  $t$  检验, 疼痛 VAS 评分、ODI、伤椎前缘高度丢失率、伤椎后缘高度丢失率、脊柱后凸角矫正率、伤椎

楔变角矫正率的比较均采用重复测量资料的方差分析。检验水准  $\alpha = 0.05$ 。

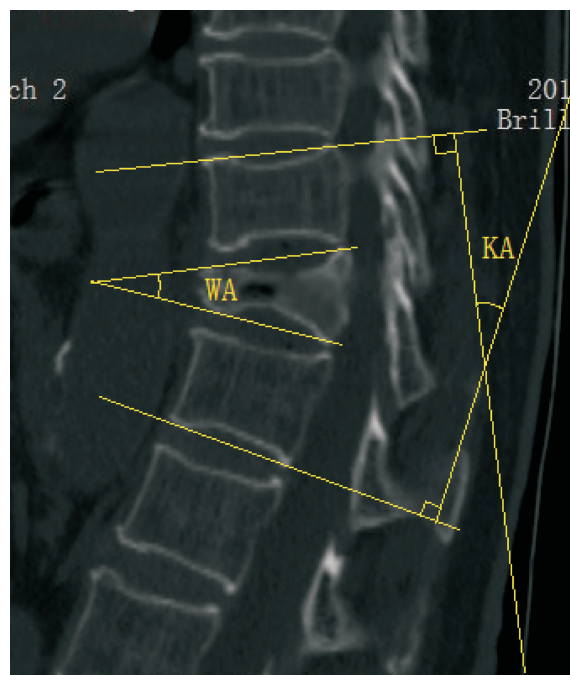


图 1 脊柱后凸角和伤椎楔变角测量方法

WA 为伤椎楔变角; KA 为脊柱后凸角

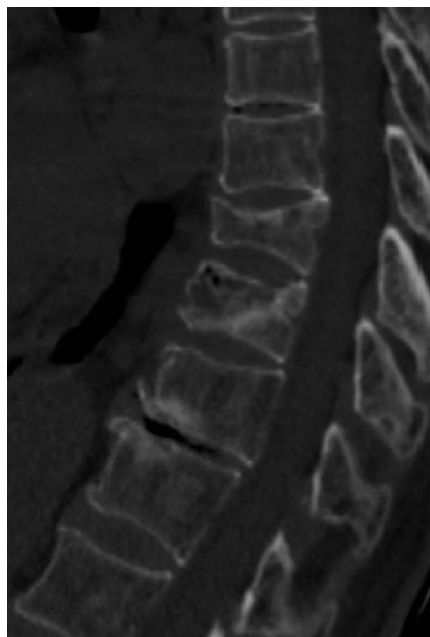
### 3 结果

**3.1 手术一般情况及并发症** 2 组患者均顺利完成手术。2 组患者的手术时间、术中出血量及住院时间比较, 组间差异均无统计学意义[(27.4  $\pm$  3.7) min, (27.0  $\pm$  4.5) min,  $t = 0.248$ ,  $P = 0.807$ ; (13.3  $\pm$  3.5) mL, (14.3  $\pm$  3.3) mL,  $t = -0.655$ ,  $P = 0.519$ ; (8.1  $\pm$  1.1) d, (7.7  $\pm$  1.3) d,  $t = -0.780$ ,  $P = 0.444$ ]。MC - PMMA 组 5 例发生骨水泥渗漏, 其中 1 例向椎体前缘渗漏、4 例向椎间盘内渗漏; 1 例发生相邻椎体骨折, 1 例发生非相邻椎体骨折, 均经再次 PKP 手术后治愈。PMMA 组 7 例发生骨水泥渗漏, 其中 1 例向椎体前缘渗漏, 5 例向椎间盘内渗漏, 1 例向椎管内少量渗漏, 但无神经症状; 2 例发生相邻椎体骨折, 1 例发生非相邻椎体骨折, 其中 1 例相邻椎体骨折和 1 例非相邻椎体骨折经再次 PKP 手术后治愈, 另 1 例相邻椎体骨折压缩程度较轻, 卧床非手术治疗

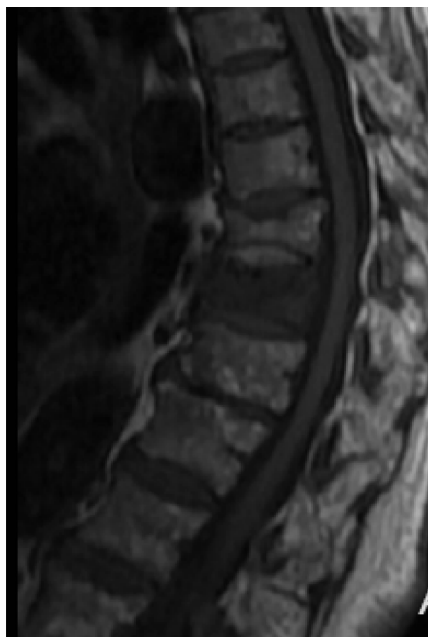
2 个月后疼痛缓解(VAS 评分 4 分)。2 组骨水泥渗漏和术后新发骨折率比较,组间差异均无统计学意义( $P=1.000$ ;  $P=1.000$ )。典型病例影像资料见图 2、图 3。

**3.2 疼痛 VAS 评分** 时间因素和分组因素不存在交互效应。2 组患者疼痛 VAS 评分总体比较,差异无

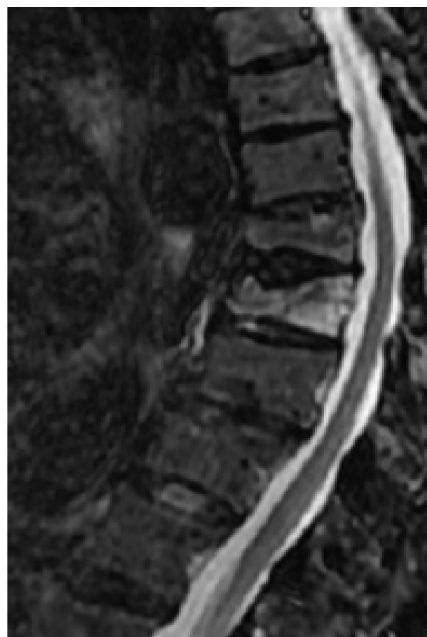
统计学意义,即不存在分组效应;手术前后不同时间点之间疼痛 VAS 评分的差异有统计学意义,即存在时间效应;2 组疼痛 VAS 评分随时间均呈先降低后增加的趋势,且 2 组的变化趋势基本一致。见表 2、图 4。



(1)术前CT图像



(2)术前T1WI MRI



(3)术前脂肪抑制序列T2WI MRI



(4)术后即刻侧位DR图像



(5)术后11个月侧位DR图像

图 2 T<sub>9</sub> Kümmell 病手术前后影像学图片

患者,女,81 岁,轻微外伤后 1 个月逐渐出现背部疼痛。术前 CT 及 MRI 提示 T<sub>9</sub> 椎体骨折,应用聚甲基丙烯酸甲酯骨水泥行经皮椎体后凸成形术;术后即刻侧位 DR 图像示伤椎前缘高度 18.36 mm,伤椎后缘高度 25.13 mm,脊柱后凸角 36.84°,伤椎楔变角 12.34°;术后 11 个月侧位 DR 图像示伤椎前缘高度 14.65 mm,伤椎后缘高度 23.03 mm,脊柱后凸角 45.51°,伤椎楔变角 18.09°,矫正度丢失明显



图3 T<sub>11</sub> Kümmell 病手术前后影像学图片

患者,女,75岁,搬重物后背痛,逐渐加重6周。术前CT、MRI均提示T<sub>11</sub>椎体骨折,应用矿化胶原-聚甲基丙烯酸甲酯骨水泥行经皮椎体后凸成形术;术后即刻侧位DR图像示伤椎前缘高度16.52mm,伤椎后缘高度25.10mm,脊柱后凸角26.33°,伤椎楔变角15.26°;术后14个月侧位DR图像示伤椎前缘高度16.00mm,伤椎后缘高度25.02mm,脊柱后凸角30.82°,伤椎楔变角15.68°,矫正度丢失较少

表2 2组 Kümmell 病患者手术前后疼痛视觉模拟量表评分  $\bar{x} \pm s$ ,分

组别	样本量(例)	术前	术后即刻	术后3个月	术后1年	合计	F值	P值
MC-PMMA组	9	7.22±0.83	2.67±0.87	3.11±0.93	3.67±0.87	4.17±0.72	117.371	0.000
PMMA组	14	7.43±0.94	2.71±0.61	3.07±0.62	3.79±0.80	4.25±0.57	203.642	0.000
合计	23	7.35±0.88	2.70±0.70	3.10±0.73	3.74±0.81	4.20±0.58	302.813 <sup>1)</sup>	0.000 <sup>1)</sup>
t值		-0.537	-0.155	0.124	-0.337	0.095 <sup>1)</sup>	$F=0.138^{2)},$ $P=0.711^{2)}$	
P值		0.597	0.878	0.903	0.739	0.760 <sup>1)</sup>		

1)主效应的F值和P值;2)交互效应的F值和P值



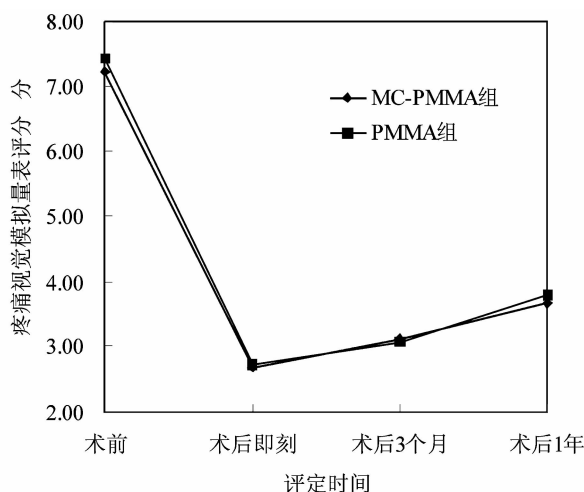


图 4 2 组 Kümmell 病患者手术前后疼痛视觉模拟量表评分变化趋势图

**3.3 ODI 时间因素和分组因素不存在交互效应。**2 组患者 ODI 总体比较,差异无统计学意义,即不存在分组效应;手术前后不同时间点之间 ODI 的差异有统计学意义,即存在时间效应;2 组 ODI 随时间均呈先降低后增加的趋势,且 2 组的变化趋势基本一致。见图 5、表 3。

**3.4 伤椎前缘高度丢失率** 时间因素与分组因素不存在交互效应;2 组患者伤椎前缘高度丢失率总体比较,差异无统计学意义,即不存在分组效应;手术前后不同时间点之间伤椎前缘高度丢失率的差异有统计学意义,即存在时间效应;2 组伤椎前缘高度丢失率随时间变化均呈先降低后增高的趋势,2 组的变化趋势基本一致。见图 6、表 4。

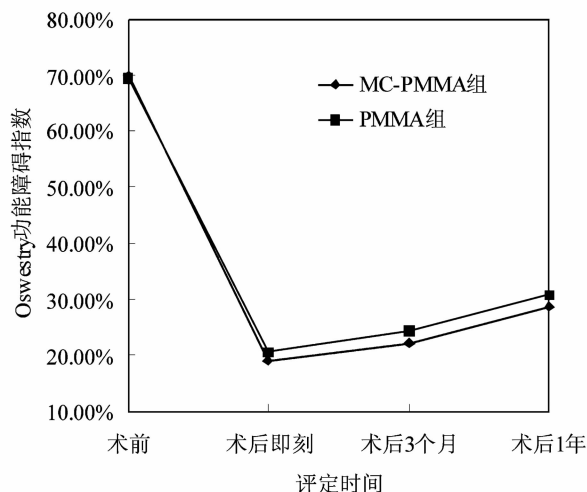


图 5 2 组 Kümmell 病患者手术前后 Oswestry 功能障碍指数变化趋势图

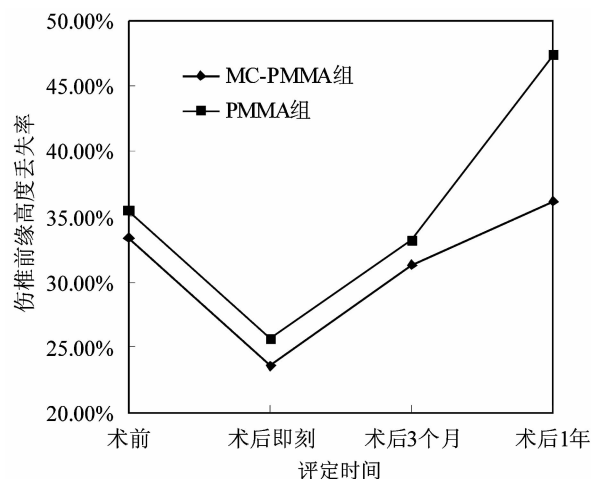


图 6 2 组 Kümmell 病患者手术前后伤椎前缘高度丢失率变化趋势图

表 3 2 组 Kümmell 病患者手术前后 Oswestry 功能障碍指数  $\bar{x} \pm s$

组别	样本量(例)	术前	术后即刻	术后3个月	术后1年	合计	F 值	P 值
MC-PMMA 组	9	(69.88 ± 11.55)%	(19.01 ± 4.02)%	(22.22 ± 4.60)%	(28.64 ± 6.98)%	(34.94 ± 5.64)%	163.847	0.000
PMMA 组	14	(69.36 ± 8.09)%	(20.64 ± 4.31)%	(24.29 ± 6.13)%	(30.95 ± 6.31)%	(36.31 ± 5.30)%	429.091	0.000
合计	23	(69.56 ± 9.34)%	(20.00 ± 4.18)%	(23.48 ± 5.56)%	(30.05 ± 6.53)%	(35.97 ± 5.34)%	531.962 <sup>1)</sup>	0.000 <sup>1)</sup>
t 值		0.126	-0.904	-0.864	-0.823	0.349 <sup>1)</sup>	$F = 0.299^{2)},$ $P = 0.590^{2)}$	
P 值		0.901	0.376	0.397	0.420	0.561 <sup>1)</sup>		

1) 主效应的 F 值和 P 值; 2) 交互效应的 F 值和 P 值

表 4 2 组 Kümmell 病患者手术前后伤椎前缘高度丢失率  $\bar{x} \pm s$

组别	样本量(例)	术前	术后即刻	术后3个月	术后1年	合计	F 值	P 值
MC-PMMA 组	9	(33.33 ± 16.91)%	(23.58 ± 13.04)%	(31.28 ± 10.62)%	(36.11 ± 9.72)%	(31.07 ± 10.84)%	4.034	0.019
PMMA 组	14	(35.44 ± 12.00)%	(25.63 ± 14.33)%	(33.15 ± 11.46)%	(47.30 ± 8.23)%	(35.38 ± 10.95)%	44.994	0.000
合计	23	(34.61 ± 13.79)%	(24.83 ± 13.57)%	(32.42 ± 10.93)%	(42.92 ± 0.47)%	(33.69 ± 10.87)%	27.068 <sup>1)</sup>	0.000 <sup>1)</sup>
t 值		-0.351	-0.347	-0.393	-2.891	0.853 <sup>1)</sup>	$F = 2.881^{2)},$ $P = 0.074^{2)}$	
P 值		0.729	0.732	0.699	0.009	0.366 <sup>1)</sup>		

1) 主效应的 F 值和 P 值; 2) 交互效应的 F 值和 P 值

**3.5 伤椎后缘高度丢失率** 时间因素与分组因素不存在交互效应;2 组患者伤椎后缘高度丢失率总体比较,差异无统计学意义,即不存在分组效应;手术前后不同时间点之间伤椎后缘高度丢失率的差异有统计学意义,即存在时间效应;2 组伤椎后缘高度丢失率随时间变化均呈先降低后增高的趋势,2 组的变化趋势基本一致。见图 7、表 5。

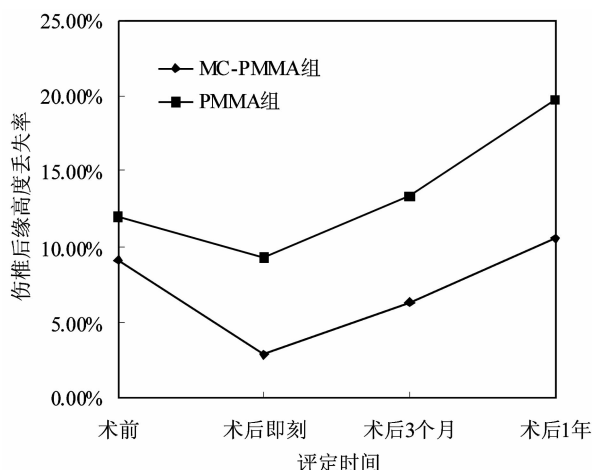


图 7 2 组 Kümmell 病患者手术前后伤椎后缘高度丢失率变化趋势图

**3.6 脊柱后凸角矫正率** 时间因素与分组因素存在交互效应;2 组患者脊柱后凸角矫正率总体比较,差异无统计学意义,即不存在分组效应;术后不同时间点之间脊柱后凸角矫正率的差异有统计学意义,即存

在时间效应;2 组脊柱后凸角矫正率随时间变化均呈降低趋势,但 2 组的降低趋势不完全一致;术后即刻、术后 3 个月,2 组脊柱后凸角矫正率的组间差异均无统计学意义;术后 1 年,PMMA 组的脊柱后凸角矫正率明显低于 MC-PMMA 组。见图 8、表 6。

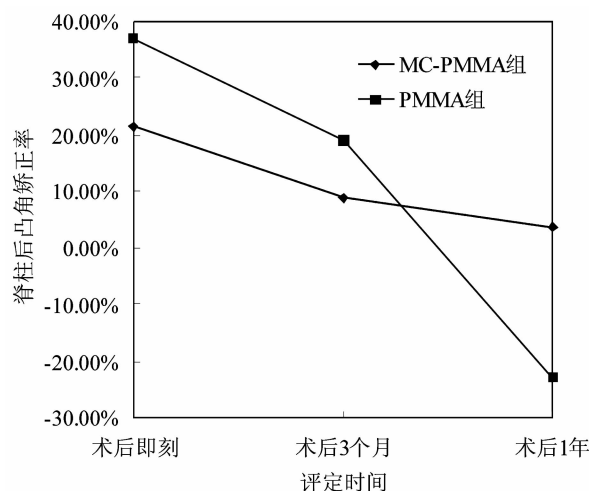


图 8 2 组 Kümmell 病患者术后脊柱后凸角矫正率变化趋势图

**3.7 伤椎楔变角矫正率** 时间因素与分组因素存在交互效应;2 组患者伤椎楔变角矫正率总体比较,差异无统计学意义,即不存在分组效应;术后不同时间点之间伤椎楔变角矫正率的差异有统计学意义,即存在时间效应;2 组伤椎楔变角矫正率随时间变化均呈降低趋势,2 组的降低趋势基本一致。见表 7、图 9。

表 5 2 组 Kümmell 病患者手术前后伤椎后缘高度丢失率  $\bar{x} \pm s$

组别	样本量(例)	术前	术后即刻	术后 3 个月	术后 1 年	合计	F 值	P 值
MC-PMMA 组	9	(9.11 ± 6.36)%	(2.83 ± 4.89)%	(6.31 ± 7.21)%	(10.54 ± 5.76)%	(7.20 ± 4.65)%	4.973	0.039
PMMA 组	14	(11.97 ± 9.00)%	(9.27 ± 9.46)%	(13.32 ± 8.74)%	(19.76 ± 10.38)%	(13.58 ± 8.94)%	23.702	0.000
合计	23	(10.85 ± 8.04)%	(6.75 ± 8.48)%	(10.58 ± 8.73)%	(16.15 ± 9.84)%	(11.08 ± 8.07)%	20.016 <sup>1)</sup>	0.000 <sup>1)</sup>
t 值		-0.829	-1.876	-2.004	-2.423	3.871 <sup>1)</sup>	$F = 2.488^{2)},$ $P = 0.102^{2)}$	
P 值		0.417	0.075	0.058	0.025	0.062 <sup>1)</sup>		

1) 主效应的 F 值和 P 值;2) 交互效应的 F 值和 P 值

表 6 2 组 Kümmell 病患者术后脊柱后凸角矫正率  $\bar{x} \pm s$

组别	样本量(例)	术后即刻	术后 3 个月	术后 1 年	合计	F 值	P 值
MC-PMMA 组	9	(21.28 ± 14.02)%	(8.82 ± 14.20)%	(3.54 ± 15.00)%	(11.61 ± 13.64)%	23.030	0.000
PMMA 组	14	(36.81 ± 22.16)%	(19.03 ± 20.30)%	(-22.86 ± 17.73)%	(11.00 ± 15.79)%	55.913	0.000
合计	23	(30.73 ± 20.54)%	(15.03 ± 18.52)%	(-12.53 ± 21.01)%	(11.08 ± 14.66)%	52.825 <sup>1)</sup>	0.000 <sup>1)</sup>
t 值		-1.867	-1.311	3.690	0.001 <sup>1)</sup>	$F = 18.089^{2)},$ $P = 0.000^{2)}$	
P 值		0.076	0.204	0.001	0.973 <sup>1)</sup>		

1) 主效应的 F 值和 P 值;2) 交互效应的 F 值和 P 值



表 7 2 组 Kümmell 病患者术后伤椎楔变角矫正率  $\bar{x} \pm s$ 

组别	样本量 (例)	术后即刻	术后 3 个月	术后 1 年	合计	F 值	P 值
MC-PMMA 组	9	(19.87 ± 13.02)%	(7.84 ± 19.34)%	(2.94 ± 17.05)%	(16.11 ± 5.37)%	24.438	0.049
PMMA 组	14	(31.14 ± 19.61)%	(9.75 ± 27.94)%	(-13.26 ± 19.25)%	(20.29 ± 5.42)%	45.998	0.000
合计	23	(26.73 ± 17.90)%	(9.00 ± 24.46)%	(-6.92 ± 19.75)%	(9.60 ± 18.38)%	49.888 <sup>1)</sup>	0.000 <sup>1)</sup>
t 值		-1.515	-0.178	2.056	0.016 <sup>1)</sup>	$F = 10.315^{2)},$ $P = 0.000^{2)}$	
P 值		0.145	0.860	0.052	0.901 <sup>1)</sup>		

1) 主效应的 F 值和 P 值; 2) 交互效应的 F 值和 P 值

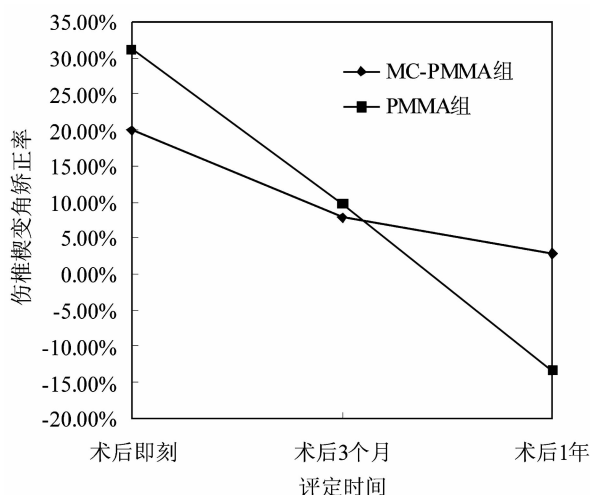


图 9 2 组 Kümmell 病患者术后伤椎楔变角矫正率变化趋势图

#### 4 讨 论

Kümmell 病最早于 1895 年由德国外科医生 Hermann Kümmell 报道, 并以其名命名<sup>[8]</sup>。近年来对于 Kümmell 病的病理生理机制研究基本已达成一致, 认为其病因是脊柱的骨性结构和韧带结构受到多次细微创伤, 导致松质骨骨小梁微骨折及小血肿形成, 进而继发骨坏死, 最终导致迟发性的椎体塌陷<sup>[10]</sup>。胸腰椎椎体前方两侧的节段动脉前支营养椎体前部, 节段动脉后支除营养椎体后部外, 还发出侧支与上下邻椎的节段动脉后支形成交通支, 因此椎体后方的血供较椎体前方丰富, 这也是 Kümmell 病缺血性骨坏死的特征性改变好发于前柱的原因之一。Kim 等<sup>[11]</sup>也证实节段动脉内血栓、血管内膜增厚改变等在 Kümmell 病例中广泛存在。

Kümmell 病的诊断需要结合病史、体征及影像学检查结果。多数病人并无严重外伤史, 可由轻微碰撞、反复躯干屈曲运动、提重物等引发<sup>[12]</sup>, 也可继发于 OVCF 不愈合。Fabbriani 等<sup>[13]</sup>指出, 骨质疏松症患者发生 OVCF 后 2~3 个月仍存在持续不缓解的腰背部疼痛或轻微外伤后出现迟发性腰背部轴性疼痛, 均应高度怀疑 Kümmell 病。在影像学诊断方面, 除椎

体楔变等一般特征外, 椎体内真空裂是 Kümmell 病较为典型的影像学改变。椎体内真空裂隙在 X 线片上可表现为椎体内的带状或类圆形高透亮区; CT 对于椎体内真空裂具有较高的识别能力, 表现为椎体内无信号区, 可伴有裂隙边缘骨硬化带改变; 在 MRI 中, 如裂隙内积气则在 T1WI、T2WI 中均表现为裂隙带低信号, 伴有裂隙周围 T2WI 高信号水肿带, 如裂隙内为积液, 表现为裂隙带 T1WI 低信号及 T2WI 高信号<sup>[14]</sup>。但需注意的是, 椎体内真空裂隙并不是 Kümmell 病的特异性改变, OVCF、多发性骨髓瘤、椎体转移瘤、椎体感染等疾病中均可见到椎体内真空裂隙<sup>[15-16]</sup>。

Li 等<sup>[2]</sup>将 Kümmell 病分为 3 期: I 期为椎体高度减少 <20%, 并且没有邻近椎间盘退变; II 期为椎体高度减少 >20%, 伴有邻近椎间盘退变; III 期为椎体后方骨皮质破裂合并椎管内压迫, 伴或不伴脊髓损伤症状。对 I、II 期 Kümmell 病的骨水泥伤椎强化治疗目前仍存在一定争议。Kim 等<sup>[6]</sup>的研究发现, PKP 对于 I、II 期 Kümmell 病有较好的短期疗效, 但伤椎前缘高度在术后 6 个月丢失 7.1%, 脊柱后凸角平均丢失 7.2°, 12 例患者中有 3 例发生邻椎骨折。李立军等<sup>[7]</sup>也指出, 伤椎骨坏死、椎体内部骨水泥团块状充盈均是 PKP 术后伤椎再楔变的危险因素。因此, 通过各种方式对 PKP 手术进行改进有助于提高 PKP 治疗 Kümmell 病的疗效。

PKP 手术中应用的 PMMA 骨水泥存在一些缺点: ①PMMA 作为一种人工化学合成类材料, 存在此类材料生物活性差的特点, 在体内呈现明显的生物惰性, 不能被降解吸收<sup>[17]</sup>。植入体内的 PMMA 骨水泥在骨-水泥界面上的材料边界光滑致密, 无法形成有效的骨长入, 在长期的活动中, 骨-水泥界面的反复微动会导致细微磨屑产生, 这些碎屑被巨噬细胞吞噬, 继而释放一系列炎性因子, 会加速骨小梁坏死及

溶解吸收的进程,使骨-水泥界面支撑失效,由此发生骨水泥远期松动甚至脱出<sup>[18]</sup>。②PMMA 骨水泥固化体具有远高于人体松质骨的压缩弹性模量(PMMA 压缩弹性模量为 2000~3700 MPa<sup>[19]</sup>,人松质骨压缩弹性模量为 50~800 MPa<sup>[20]</sup>),两者间存在巨大的力学性能差异,导致骨水泥强化术后椎体应力分布不均,伤椎再塌陷和邻椎压缩骨折的风险较高<sup>[21~22]</sup>。近年来各类改性 PMMA 骨水泥材料不断出现。MC-PMMA 能在有限牺牲 PMMA 的固化性能和抗压强度的情况下,大幅降低 PMMA 的压缩弹性模量,骨细胞在其表面贴附生长情况明显好于 PMMA。矿化胶原微粒还能使 MC-PMMA 骨水泥固化体中的 PMMA 成分呈多孔状结构,随着矿化胶原微粒在体内的降解,可与骨组织相互生长联结,使骨-水泥界面形成粗糙的微齿状嵌入式结构,可明显增加骨与 PMMA 的接触面积,增强抗剪切应力。Bai 等<sup>[23]</sup>曾对比了 MC-PMMA 和 PMMA 治疗 OVCF 的效果,观察 3 个月,疗效无显著差异。王玺等<sup>[24]</sup>使用 MC-PMMA 治疗 80 例 OVCF 患者,并进行了 6~29 个月的随访,术后疼痛 VAS 评分、局部 Cobb 角、伤椎平均高度等改善良好,虽然远期存在一定丢失,但较术后测量值无明显差异。目前尚未见到 MC-PMMA 治疗 Kümmell 病的相关报道。

Kümmell 病特殊的病理改变,不利于骨折愈合及骨与骨水泥界面的稳定。在本研究中,不论使用 MC-PMMA 还是 PMMA,术后脊柱畸形矫正度的丢失均明显大于以往 OVCF 病例行 PKP 的研究结果<sup>[23~24]</sup>。尤其是使用 PMMA 的患者,大部分在术后 1 年时已将伤椎前后缘高度、脊柱后凸角及伤椎楔变角的矫正度丢失殆尽,甚至较术前更差,这也印证了部分学者之前对 PKP 手术是否适用于 Kümmell 病的质疑<sup>[6]</sup>。使用 MC-PMMA 能减少矫正度的丢失,虽然改善相对有限,但在术后 1 年时,MC-PMMA 组的脊柱后凸角矫正率已明显优于 PMMA 组。相信随着观察时间的延长,MC-PMMA 组在伤椎前、后缘高度丢失率及伤椎楔变角矫正率方面的优势也会逐渐显现。除了观察时间较短,本研究还存一些不足,如样本量较小、回顾性研究。

本研究的结果提示,应用 MC-PMMA 与应用 PMMA 行 PKP 治疗 I、II 期 Kümmell 病,均能迅速缓解疼痛症状、改善脊柱功能、恢复伤椎高度、纠正脊柱

后凸畸形,而且具有较高的安全性;但后期均会出现一定程度的伤椎高度丢失和脊柱后凸矫正度丢失,应用 MC-PMMA 比应用 PMMA 能更好地维持脊柱后凸矫正度。

## 5 参考文献

- [1] LEE SH, KIM ES, EOH W. Cement augmented anterior reconstruction with short posterior instrumentation: a less invasive surgical option for Kummell's disease with cord compression[J]. J Clin Neurosci, 2011, 18(4): 509-514.
- [2] LI KC, WONG TU, KUNG FC, et al. Staging of kummell's disease[J]. Journal of Musculoskeletal Research, 2004, 8(1): 43-55.
- [3] KIM KT, SUK KS, KIM JM, et al. Delayed vertebral collapse with neurological deficits secondary to osteoporosis[J]. Int Orthop, 2003, 27(2): 65-69.
- [4] VAN DER SCHAAF I, FRANSEN H. Percutaneous vertebroplasty as treatment for Kummell's disease[J]. JBR-BTR, 2009, 92(2): 83-85.
- [5] 任海龙, 王吉兴, 陈建庭, 等. 单侧与双侧穿刺经皮椎体成形术治疗 Kummell's 病的临床对比[J]. 南方医科大学学报, 2014, 34(9): 1370-1374.
- [6] KIM P, KIM SW. Balloon Kyphoplasty: An Effective Treatment for Kummell Disease? [J]. Korean J Spine, 2016, 13(3): 102-106.
- [7] 李立军, 朱福良, 姜竹岩, 等. 经皮椎体后凸成形术后原手术椎体再楔形变的相关危险因素分析[J]. 中华创伤杂志, 2017, 33(8): 724-730.
- [8] STEEL HH. Kummell's disease[J]. Am J Surg, 1951, 81(2): 161-167.
- [9] FAIRBANK JC, COUPER J, DAVIES JB, O'BRIEN JP. The Oswestry low back pain disability questionnaire[J]. Physiotherapy, 1980, 66(8): 271-273.
- [10] MATZAROGLOU C, GEORGIOU CS, ASSIMAKOPOULOS K, et al. Kummell's disease: pathophysiology, diagnosis, treatment and the role of nuclear medicine. Rationale according to our experience[J]. Hell J Nucl Med, 2011, 14(3): 291-299.
- [11] KIM YC, KIM YH, HA KY. Pathomechanism of intravertebral clefts in osteoporotic compression fractures of the spine[J]. Spine J, 2014, 14(4): 659-666.
- [12] MATZAROGLOU C, GEORGIOU CS, ASSIMAKOPOULOS K, et al. Kummell's disease: A rare spine entity in a young adult[J]. Hell J Nucl Med, 2010, 13(1): 52-55.
- [13] FABBRICIANI G, PIRRO M, FLORIDI PA, et al. Osteoana-

- bolic therapy; a non-surgical option of treatment for Kummell's disease? [J]. *Rheumatol Int*, 2012, 32(5): 1371-1374.
- [14] 葛朝元, 何立民, 郑永宏, 等. Kummell 病新分型系统评估及临床应用[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2017, 27(4): 312-319.
- [15] LI H, LIANG CZ, CHEN QX. Kummell's disease, an uncommon and complicated spinal disorder; a review[J]. *J Int Med Res*, 2012, 40(2): 406-414.
- [16] FENG SW, CHANG MC, WU HT, et al. Are intravertebral vacuum phenomena benign lesions? [J]. *Eur Spine J*, 2011, 20(8): 1341-1348.
- [17] SCHRÖDER C, NGUYEN M, KRAXENBERGER M, et al. Modification of PMMA vertebroplasty cement for reduced stiffness by addition of normal saline; a material properties evaluation[J]. *Eur Spine J*, 2017, 26(12): 3209-3215.
- [18] 艾承冲, 蒋佳, 陈世益. 髋关节假体周围骨质溶解的生物学机制[J]. *中华骨科杂志*, 2017, 37(7): 441-448.
- [19] JASPER LE, DERAMOND H, MATHIS JM, et al. Material properties of various cements for use with vertebroplasty[J]. *J Mater Sci Mater Med*, 2002, 13(1): 1-5.
- [20] HOU FJ, LANG SM, HOSHAW SJ, et al. Human vertebral body apparent and hard tissue stiffness [J]. *J Biomech*, 1998, 31(11): 1009-1015.
- [21] TROUT AT, KALLMES DF, KAUFMANN TJ. New fractures after vertebroplasty; adjacent fractures occur significantly sooner[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2006, 27(1): 217-223.
- [22] BURTON AW, MENDOZA T, GEBHARDT R, et al. Vertebral compression fracture treatment with vertebroplasty and kyphoplasty; experience in 407 patients with 1,156 fractures in a tertiary cancer center[J]. *Pain Med*, 2011, 12(12): 1750-1757.
- [23] BAI M, YIN H, ZHAO J, et al. Application of PMMA bone cement composited with bone-mineralized collagen in percutaneous kyphoplasty[J]. *Regen Biomater*, 2017, 4(4): 251-255.
- [24] 王玺, 寇剑铭, 岳洋, 等. 矿化胶原改性骨水泥治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的临床疗效[J]. *江苏医药*, 2017, 43(23): 1724-1725.

(收稿日期: 2018-02-12 本文编辑: 李晓乐)

(上接第 3 页)

- [16] LI H, LIANG CZ, CHEN QX. Kummell's disease, an uncommon and complicated spinal disorder; a review[J]. *J Int Med Res*, 2012, 40(2): 406-414.
- [17] LI KC, WONG TU, KUNG FC, et al. Staging of kummell's disease[J]. *J Musculoskelet Res*, 2004, 8(1): 43-55.
- [18] SUN K, LIU Y, PENG H, et al. A comparative study of high-viscosity cement percutaneous vertebroplasty vs. low-viscosity cement percutaneous kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral compression fractures [J]. *J Huazhong Univ Sci Technology Med Sci*, 2016, 36(3): 389-394.
- [19] CHEN L, DONG R, GU Y, et al. Comparison between Balloon Kyphoplasty and Short Segmental Fixation Combined with Vertebroplasty in the Treatment of Kummell's Disease[J]. *Pain Physician*, 2015, 18(4): 373-381.
- [20] PARK JW, PARK JH, JEON HJ, et al. Kummell's disease treated with percutaneous vertebroplasty; minimum 1 year follow-up[J]. *Korean J Neurotrauma*, 2017, 13(2): 119-123.
- [21] WANG HS, KIM HS, JU CI, et al. Delayed bone cement displacement following balloon kyphoplasty[J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2008, 43(4): 212-214.
- [22] YU W, LIANG, JIANG X, et al. Efficacy and safety of the target puncture technique for treatment of osteoporotic vertebral compression fractures with intravertebral clefts [J]. *J Neurointerv Surg*, 2017, 9(11): 1113-1117.
- [23] FENG WANG, DACHUAN WANG, BINGYI TAN, et al. Comparative Study of Modified Posterior Operation to Treat Kummell's Disease [J]. *Medicine (Baltimore)*, 2015, 94(39): 1595.
- [24] KANAYAMA M, ISHIDA T, HASHIMOTO TA, et al. Role of major spine surgery using kaneda anterior instrumentation for osteoporotic vertebral collapse [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2010, 23(1): 53-56.
- [25] LEE SH, KIM ES, EOH W. Cement augmented anterior Reconstruction with short posterior instrumentation; a less invasive surgical option for Kummell's disease with cord compression[J]. *J Clin Neurosci*, 2011, 18(4): 509-514.
- [26] SUDO H, ITO M, ABUMI K, et al. One-stage posterior instrumentation surgery for the treatment of osteoporotic vertebral collapse with neurological deficits [J]. *Eur Spine J*, 2010, 19(6): 907-915.

(收稿日期: 2018-03-26 本文编辑: 李晓乐)