

论著·临床研究

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2023.22.008

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.r.20231107.1303.002\(2023-11-08\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.r.20231107.1303.002(2023-11-08))

经皮椎弓根骨水泥螺钉锚定结合椎体成形术治疗 Kümmell 病的疗效探讨*

高鼎智,石磊,晏铮剑,汪洋,陈富,柯珍勇,邓忠良,楚磊[△]

(重庆医科大学附属第二医院脊柱外科,重庆 400010)

[摘要] **目的** 探讨经皮椎弓根骨水泥螺钉锚定结合椎体成形术治疗 Kümmell 病的临床疗效。**方法** 回顾分析 2018 年 6 月至 2021 年 6 月该院骨科收治的 Kümmell 病患者 36 例,其中男 11 例,女 25 例,平均年龄(72.0±10.5)岁。记录术前、术后 1 d、术后 6 个月及术后 12 个月视觉疼痛模拟评分(VAS)、Oswestry 功能障碍指数(ODI)、病椎椎体前后缘高度及矢状位局部 Cobb 角、骨水泥移位情况、内固定松动情况及其他并发症。**结果** 36 例患者均顺利完成手术,术后 X 线片、CT 等影像学检查提示经皮椎弓根骨水泥螺钉锚定住双侧骨水泥团块。所有病例均随访 12 个月。术后 1 d、术后 6 个月及术后 12 个月患者 VAS 及 ODI 均较术前显著降低,差异有统计学意义($P<0.05$)。术后 1 d、术后 6 个月病椎矢状位局部 Cobb 角较术前明显减小,差异有统计学意义($P<0.05$),术后 12 个月病椎矢状位局部 Cobb 角与术前比较差异无统计学意义($P>0.05$);术后 1 d、术后 6 个月、术后 12 个月椎体前缘高度较术前增加,差异有统计学意义($P<0.05$);术后 1 d、术后 6 个月椎体后缘高度较术前增加,差异有统计学意义($P<0.05$),术后 12 个月椎体后缘高度与术前比较差异无统计学意义($P>0.05$)。随访过程中,所有病例未发现骨水泥移位、内固定装置松动、断裂等并发症。**结论** 经皮椎弓根骨水泥螺钉锚定结合椎体成形术治疗 Kümmell 病安全、有效,能明显缓解疼痛,提高患者生活质量。

[关键词] Kümmell 病;经皮椎弓根螺钉;椎体成形术;骨质疏松性压缩性骨折;**[中图分类号]** R687.3 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2023)22-3413-06

Efficacy of percutaneous pedicle screw anchoring combined with vertebroplasty in treatment of Kümmell's disease*

GAO Dingzhi, SHI Lei, YAN Zhengjian, WANG Yang, CHEN Fu, KE Zhenyong, DENG Zhongliang, CHU Lei[△]

(Department of Spinal Surgery, Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the clinical efficacy of percutaneous pedicle screw anchoring combined with vertebroplasty for the treatment of Kümmell's disease. **Methods** Thirty-six patients with Kümmell's disease, including 11 males and 25 females, with an average age of (72.0±10.5) years old, admitted and treated in the orthopedic department of this hospital from June 2018 to June 2021 were retrospectively analyzed. The visual analogue scale (VAS), Oswestry disability index (ODI), anterior and posterior edge height of the diseased vertebrae and sagittal local Cobb angle, cement displacement, internal fixation loosening and other complications were recorded before operation, on postoperative 1 d and in postoperative 6, 12 months. **Results** All 36 patients completed the surgery successfully, and postoperative radiographs and CT imaging showed that the percutaneous pedicle bone cement screws anchored the bilateral cement masses. All cases were followed up for 12 months. The VAS and ODI scores on postoperative 1 d, in postoperative 6, 12 months were significantly lower than those before surgery, and the differences was statistically significant ($P<0.05$). The local Cobb angle in the sagittal position of the diseased vertebra on postoperative 1 d and in postoperative 6 months was significantly reduced compared with that before surgery, and the difference was

* 基金项目:重庆市渝中区基础研究与前沿探索项目(20210135)。 作者简介:高鼎智(1996—),在读硕士研究生,主要从事脊柱外科研究。 [△] 通信作者, E-mail: chulei2380@163.com。

statistically significant ($P<0.05$), and the local Cobb angle in the sagittal position of the diseased vertebra in postoperative 12 months was not statistically significant compared with that before surgery ($P>0.05$); the height of the anterior margin of the vertebral body on postoperative 1 d, in postoperative 6, 12 months was increased compared with before surgery, and the difference was statistically significant ($P<0.05$); the height of the posterior vertebral body margin on postoperative 1 d and in postoperative 6 months was increased compared with that before surgery, and the difference was statistically significant ($P<0.05$), and there was no statistically significant difference in the height of the posterior vertebral body margin in postoperative 12 months compared with that before surgery ($P>0.05$). No complications such as cement displacement, loosening or fracture of the internal fixation device were found in all cases during the follow-up period. **Conclusion** Percutaneous pedicle screw anchoring combined with vertebroplasty is safe and effective in the treatment of Kümmell's disease, which can significantly relieve pain and improve the patients' quality of life.

[Key words] Kümmell's disease; percutaneous pedicle screws; vertebroplasty; osteoporotic compression fracture

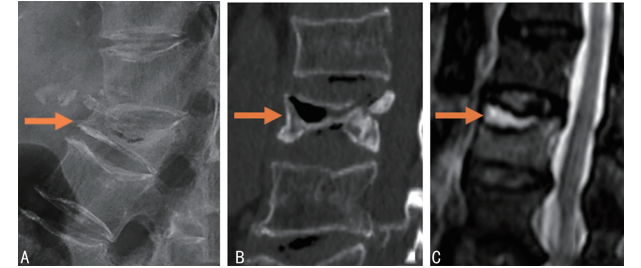
Kümmell 病最早由德国外科医生 KÜMMELL 在 1895 年提出,是由于骨质疏松性椎体压缩性骨折(osteoporotic vertebral compression fractures, OVCF)后出现缺血性骨坏死,引起椎体延迟愈合,进而出现椎体塌陷的严重疾病^[1]。临床上常表现为腰背部持续的剧烈疼痛、脊柱活动受限或强迫卧位等,严重者可伴有脊髓神经损伤。随着影像学技术的发展,通过 MRI、CT、X 线片等能准确诊断 Kümmell 病^[2],根据椎体压缩程度、后壁的完整性及是否出现神经症状,LI 等^[3]将 Kümmell 病分为 3 期:Ⅰ期为椎体压缩 $<20\%$,邻近椎间盘无明显退变,无明显症状或仅出现腰背痛;Ⅱ期为椎体压缩 $>20\%$,影响邻近椎间盘,椎体骨折不稳定(动力位片出现改变),出现腰背部疼痛,伴或不伴有神经症状;Ⅲ期为椎体后壁破裂,硬膜受压,出现腰背部疼痛,伴或者不伴有神经压迫症状。常规保守治疗要求患者长期卧床,容易继发骨量丢失加速及卧床并发症(如压疮、四肢静脉血栓、坠积性肺炎等)^[4]。Kümmell 病病程长,保守治疗效果不佳,且严重影响老龄患者生活质量,手术是目前首选的治疗方案^[5]。目前,对于不同分期的 Kümmell 病,手术方式往往根据术者的经验决定^[5-6]。已有文献报道针对Ⅰ期 Kümmell 病,椎体成形术疗效确切,且在随访期间内未见骨水泥移位^[7]。而对于Ⅱ期及不伴有神经症状的Ⅲ期 Kümmell 病,单纯椎体成形术治疗具有较高的骨水泥移位及椎体塌陷风险^[8-9]。而在椎体成形术基础上使用椎弓根骨水泥螺钉辅助固定理论上可增加骨水泥稳定性,故本研究拟探讨经皮椎弓根骨水泥螺钉锚定结合椎体成形术治疗Ⅱ期、不伴有神经症状的Ⅲ期 Kümmell 病的临床疗效。

1 资料与方法

1.1 一般资料

共纳入 2018 年 6 月至 2021 年 6 月本院骨科收治的 Kümmell 病患者 36 例,其中男 11 例,女 25 例,平

均年龄(72.0 ± 10.5)岁。根据 LI 分期标准^[3], Kümmell 病Ⅱ期 22 个,Ⅲ期 14 个,其中 T₉ 椎体 1 个, T₁₀ 椎体 2 个, T₁₁ 椎体 4 个, T₁₂ 椎体 10 个, L₁ 椎体 10 个, L₂ 椎体 3 个, L₃ 椎体 3 个, L₄ 椎体 3 个。纳入标准:(1)具有明确 OVCF 病史,临床表现为持续腰背部疼痛伴腰部活动受限,保守治疗效果不佳;(2)X 线片提示椎体压缩性改变,骨折椎体有假关节形成(骨折线硬化)^[10], CT 可见“椎体内真空裂隙征”(intravertebral vacuum cleft, IVC)^[11], MRI 可见双线征,裂隙征^[12],见图 1;(3)椎体压缩 $>20\%$ 或椎体后壁破裂^[3];(4)患者无相关神经症状及体征;(5)骨密度检查提示患者患有骨质疏松(T 值 ≤-2.5)。排除标准:(1)伴有神经压迫症状的Ⅲ型 Kümmell 病;(2)其他原因导致的椎体骨折(非脆性骨折、肿瘤、感染等因素);(3)合并严重的内科疾病,或具有明确手术禁忌证。使用双能 X 线骨密度仪测定腰椎骨密度为(-3.78 ± 0.49)g/cm²。



A: X 线片提示病椎椎体压缩性改变,骨折线硬化;B: CT 可见 IVC;C: MRI 可见椎体内 T2WI 高信号及裂隙征。

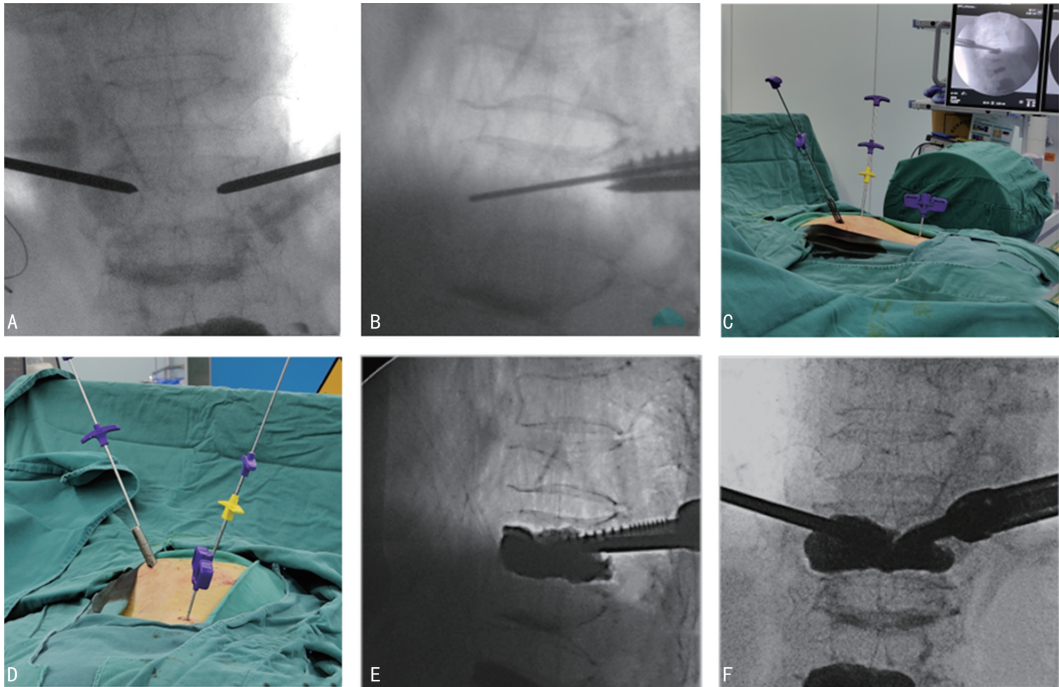
图 1 Kümmell 病典型影像学表现

1.2 方法

手术在静脉麻醉联合局部麻醉下进行。患者取俯卧位,用软垫垫住胸部和髋部,使患者腰部处于过伸位,并予以体位复位。消毒铺巾后使用“C”形臂透视定位病椎椎体,以其单侧椎弓根体表投影外侧 3 cm 处为穿刺点,充分局部麻醉显效后,作约 1 cm 切口切

开皮肤及皮下筋膜。随后在“C”形臂透视引导下使用特制穿刺针沿椎弓根方向穿刺至椎体后侧缘,置入导丝,并沿导丝置入逐级扩张导管。再次正侧位透视确定位置后使用椎弓根螺钉置钉工具进行开口、攻丝,并置入椎弓根骨水泥螺钉至其前缘到达椎体前 1/3 位置。同时以病椎对侧椎弓根体表投影外上方约 0.5 cm 处为进针点,局部麻醉显效后作约 0.5 cm 皮肤切口,使用特制穿刺针沿椎弓根方向穿刺进入椎体后

壁,随即置入导丝,更换椎体成形术工作通道。在“C”形臂透视下通过椎弓根骨水泥螺钉及椎体成形术工作通道少量多次推注骨水泥,待正侧位透视见椎体上下均有骨水泥支撑,双侧骨水泥已过中线交汇,且椎弓根骨水泥螺钉已锚定住对侧骨水泥块时终止手术,去除所有手术工具,局部消毒后缝合切口。具体操作见图 2。



A:穿刺针沿椎弓根穿刺至椎弓根投影内侧壁;B:侧位透视观察双侧穿刺针尖已穿过椎体后壁,植入导丝;C、D:沿椎弓根骨水泥螺钉及椎体成形术工作通道推注骨水泥;E、F:观察到椎体上下均有骨水泥支撑,双侧骨水泥已过中线交汇,椎弓根骨水泥螺钉已锚定住对侧骨水泥块。

图2 术中透视及操作照片

1.3 观察评价指标

(1)临床数据收集:如术前视觉疼痛模拟评分(visual analogue score,VAS)、术前 Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index,ODI)、手术时长,术中出血量及骨水泥注入量等;(2)临床症状随访:记录术后 1 d、术后 6 个月及术后 12 个月 VAS 评分及 ODI 评价术后症状缓解情况;(3)影像学随访:术后 1 d、术后 6 个月及术后 12 个月进行正侧位 X 线片及 CT 检查,测量病椎椎体前、后缘高度及矢状位局部 Cobb 角,矢状位局部 Cobb 角的测量方法是通过测量病椎上位椎体的上终板与病椎下位椎体的下终板所在直线的垂直线交角(图 3),并评估水泥移位情况、内固定松动情况及其他并发症。

1.4 统计学处理

采用 SPSS26.0 软件对数据进行统计学分析。计量资料 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用配对 t 检验对不同时期随访结果进行比较,检验水准 $\alpha=0.05$,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

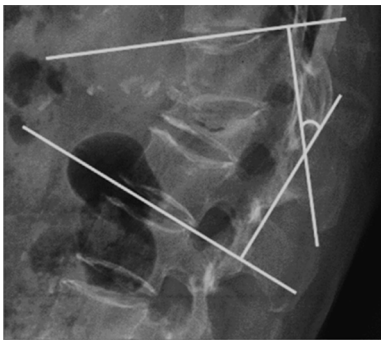


图3 矢状位局部 Cobb 角的测量

2 结 果

2.1 患者一般情况

36 例患者均顺利完成手术。手术时长 35~75 min,平均(58.19±14.48)min;术中出血量 10~50 mL,平均(20.28±12.31)mL;骨水泥注入量为 3.5~12.0 mL,平均(6.08±2.29)mL。术后所有患者随访 12 个月,随访结果见表 1。术后 1 d、术后 6 个月及术后 12 个月患者 VAS 及 ODI 均较术前明显降低,差异

有统计学意义($P<0.05$)。术后 1 d、术后 6 个月病椎矢状位局部 Cobb 角较术前明显减小,差异有统计学意义($P<0.05$),术后 12 个月病椎矢状位局部 Cobb 角与术前比较差异无统计学意义($P>0.05$);术后 1 d、术后 6 个月、术后 12 个月椎体前缘高度较术前增加,差异有统计学意义($P<0.05$);术后 1 d、术后 6 个月椎体后缘高度较术前增加,差异有统计学意义($P<0.05$),术后 12 个月椎体后缘高度与术前比较差异无统计学意义($P>0.05$)。术中置钉准确无误,所有骨水泥螺钉均锚定对侧骨水泥块,未见骨水泥血管内渗漏或椎管内渗漏,见表 1。2 例术后 6 个月出现腰部疼痛,给予止痛治疗后疼痛好转。随访期间未观察到

感染、血肿、神经损伤等严重并发症。

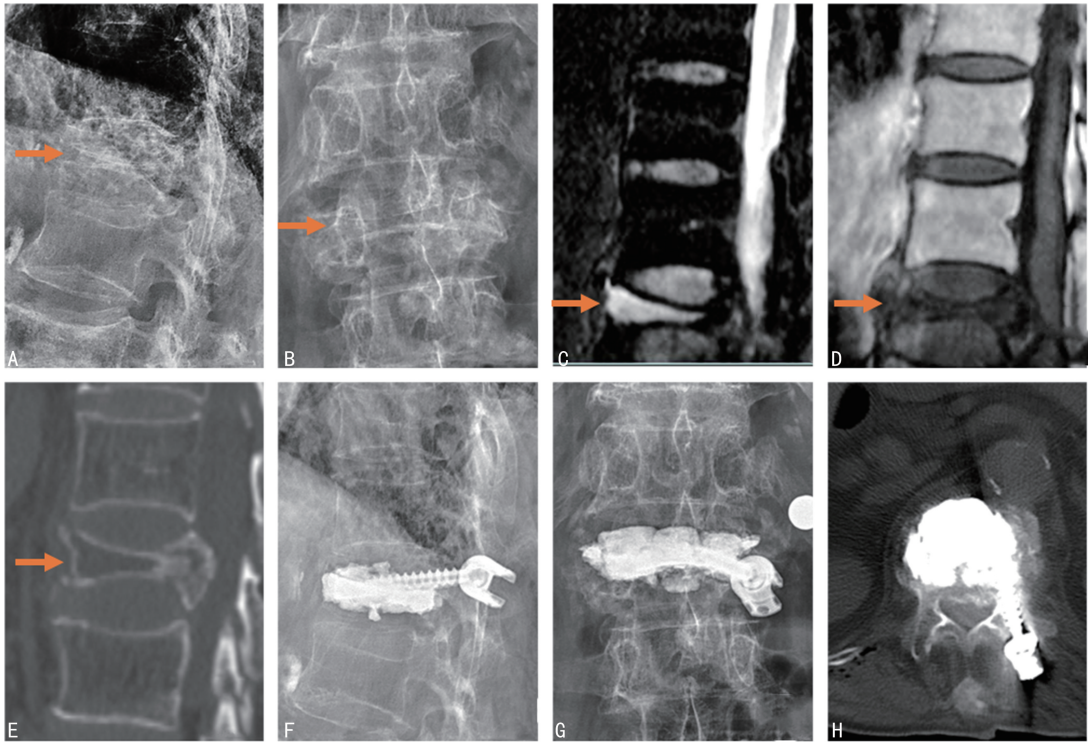
2.2 典型病例

患者男,90 岁。因“腰痛 3 个月,加重 1 个月”入院。患者于 3 个月前无明显诱因出现持续性腰部胀痛,无神经压迫症状。外院予以消肿、止痛、改善循环等相关治疗,症状无明显缓解。腰部疼痛剧烈,活动受限,双下肢感觉运动正常,VAS 7 分。就诊于本科室,诊断为“L₁ 椎体压缩性骨折”(Kümmell 病Ⅲ期),予以 L₁ 椎体经皮椎弓根骨水泥螺钉锚定结合椎体成形术治疗,术后 1 d VAS 评分降至 3 分,术后 6 个月 VAS 评分 1 分,患者无马尾神经症状出现。手术前、后影像学资料见图 4。

表 1 术前、术后第 1 天、术后 6 个月和术后 12 个月时的临床和影像学指标($\bar{x}\pm s$)

项目	VAS(分)	ODI(%)	椎体前缘高度(mm)	椎体后缘高度(mm)	局部 Cobb 角(°)
术前	6.31±1.06	75.89±9.49	14.99±6.42	20.61±5.90	21.27±12.72
术后第 1 天	3.33±1.07 ^a	29.00±6.45 ^a	20.95±6.09 ^a	25.31±7.52 ^a	14.29±9.62 ^a
术后 6 个月	1.67±0.89 ^a	16.83±4.04 ^a	18.50±10.54 ^a	22.50±4.46 ^a	15.87±10.04 ^a
术后 12 个月	1.00±0.96 ^a	11.36±3.64 ^a	17.72±4.85 ^a	21.42±4.60	18.37±10.20

^a: $P<0.05$,与术前比较。



A、B:术前正侧位 X 线片(箭头所指为病椎);C、D:术前 MR 提示 L₁ 椎体 T1WI 低信号,T2WI 高信号,提示椎体内有液体存在(箭头所指椎体内液体聚集);E:术前 CT 提示 L₁ 椎体内 IVC(箭头所指为病椎);F~H:术后复查 X 线片、CT 提示骨水泥充分填充椎体,椎弓根螺钉将骨水泥团块锚定。

图 4 典型病例

3 讨 论

随着人口老龄化的进展,老年骨质疏松患者比例逐年上升^[13],OVCF 患者数量也随之增加,而 Kümmell 病作为一类继发于 OVCF 的严重疾病,发

病率也逐年升高^[14]。张芸等^[15]通过组织形态测量法和骨代谢标志物的测定探究了 Kümmell 病的发展过程。其研究显示 I 期 Kümmell 病患者病椎虽然骨吸收水平上升,但其成骨能力仍较为活跃,骨组织坏死

不明显,有一定愈合能力,可尝试保守治疗。而Ⅲ期 Kümmell 病椎体内出现大量坏死骨组织和纤维组织,愈合能力下降,椎体稳定性也随之下降^[16]。目前普遍认为^[17]对于Ⅱ期、Ⅲ期 Kümmell 病患者保守治疗无效,活动后椎体易出现进一步压缩,甚至会加重后凸畸形,出现脊髓神经压迫等严重后果。研究表明,手术治疗能有效固定骨折端并减轻疼痛,是更理想的治疗方案^[18]。

Kümmell 病常见于老年患者,基础情况较差,难以耐受长时间的全身麻醉和开放手术。为了提高手术耐受度、安全性及有效性,对于不同分期的 Kümmell 病的治疗应进行个体化分析。对于Ⅰ期 Kümmell 病,MA 等^[11]建议直接采用经皮穿刺椎体成形术(percutaneous vertebroplasty,PVP)或经皮穿刺后凸椎体成形术(percutaneous kyphoplasty,PKP)治疗,手术创伤小,患者耐受度高。在通过 PKP 和 PVP 治疗Ⅱ期 Kümmell 病时,由于椎体周围存在硬化带,推注骨水泥时骨水泥多存在于椎体内裂隙中,较难通过硬化带渗透至周围骨小梁中,不能维持骨水泥在椎体内的稳定性,骨水泥无法填满椎体内裂隙,可能出现骨水泥移位、椎体的再次骨折塌陷^[11]。LANE 等^[19]认为 IVC 与椎体前缘的缺损是造成骨水泥移位的主要原因之一,当出现骨水泥移位时,即需适当补充骨水泥或者行开放手术来取出移位的骨水泥团块^[9],以此来稳定椎体,重建椎体稳定性。唐寅生等^[20]在治疗Ⅰ、Ⅱ期 Kümmell 病时采用经双侧椎弓根骨水泥锚定技术,增强骨水泥在椎体内的稳定性,进而降低骨水泥移位及椎体进一步压缩的风险。但是当椎弓根皮质不完整时,骨水泥椎弓根锚定有漏入椎管风险。对于Ⅲ期 Kümmell 病患者,KIM 等^[21]建议根据神经压迫情况行脊髓减压及截骨矫形术解除脊髓压迫、恢复脊柱稳定性。

本团队提出经皮椎弓根骨水泥螺钉锚定结合椎体成形术的方式来完善 Kümmell 病的治疗方案。本研究 36 例 Kümmell 患者术后疼痛明显缓解,VAS 及 ODI 较术前均明显下降,伤椎矢状位局部 Cobb 角较术前明显减小,术后椎体高度较术前增加说明椎体高度得到一定恢复,脊柱后凸得到一定缓解。骨水泥凝固后即可观察到椎体中真空裂隙得到填充,假关节得到稳定,术后第 1 天即可下床活动,患者均无严重并发症发生。术后随访 12 个月,未见再次出现疼痛加剧、骨水泥团块移位等情况。其机制可能是注入聚甲基丙烯酸甲酯骨水泥后,凝聚时产生的高温可灼伤椎体内痛觉神经末梢,骨水泥本身的化学毒性也可破坏感觉神经末梢,从而缓解疼痛;骨水泥团块稳定椎体,使椎体不再进一步压缩。

本研究结果显示,经皮椎弓根骨水泥螺钉锚定结合椎体成形术治疗方案可在静脉麻醉联合局部麻醉下进行,麻醉风险小,还能将骨水泥块牢固地锚定在螺钉前端。关键在于通过椎弓根置入骨水泥螺钉后,处于拉丝前期的骨水泥通过骨水泥螺钉前端侧孔注入椎体,使骨水泥与骨水泥螺钉及对侧骨水泥融合,同时将骨水泥螺钉锚定在椎体内。置钉过程中骨水泥螺钉螺纹对于椎体内硬化带的破坏作用,也有利于骨水泥与骨小梁之间的连接。因此,骨水泥螺钉充当“桥梁”,将骨水泥与骨水泥螺钉连接起来,螺钉松动和移位的可能性也随之降低。

然而,与常规椎体成形术、双侧椎弓根骨水泥锚定技术比较,经皮椎弓根骨水泥螺钉锚定也有一些需要注意的事项。经骨水泥螺钉推注骨水泥时,其作为一种在短时间内凝固的黏滞流体^[22],若推注速度过慢,螺钉内部通道可能因为骨水泥凝固导致推注速度减慢,甚至凝固于螺钉中,堵塞螺钉内部通道,可能会引起椎体内骨水泥分布不均匀等情况。从另一侧经椎弓根穿刺通道推注骨水泥为双侧骨水泥分布均匀增加了可能性。所以推注时骨水泥螺钉中应选择处于拉丝早期的骨水泥。与此同时,因为 Kümmell 病椎体的特殊骨折形态^[23],根据术前 CT 重建等观察到椎体前缘破口大小,可以选择在椎体前方通过穿刺通道放置凝胶海绵,以防骨水泥漏入椎体前方。与常规骨折椎体置钉选择短钉^[24]不同,Kümmell 病椎体置钉应选择长钉,使位于骨水泥螺钉前端的流出孔位于椎体前 1/3,以便于更充分地将骨水泥填充于椎体前缘。另外,骨水泥螺钉进针点较一般骨折经皮置钉更靠外,甚至可以从横突根部置入,如此置入骨水泥螺钉时内倾角更大,骨水泥螺钉前段流出孔更靠近对侧,有利于推注骨水泥时锚定对侧骨水泥团块。

本组患者随访期间 VAS 及 ODI 未明显增加,考虑本技术可在缓解患者疼痛方面起到重要作用。Kümmell 病在 KIM 等^[25]研究中被认为是手术椎体术后继发塌陷的危险因素,原因是在行椎体成形术过程中,因为硬化带的存在,裂隙周边松质骨并未被压实,注射的骨水泥剂量有限,不能向周边骨组织充分弥散,不能与骨小梁充分结合,伤椎强度不能得到很好的恢复,容易导致未填充区域塌陷。在部分学者的研究中,骨质疏松程度、骨水泥在椎体内的分布情况、填充材料类型被认为是椎体成形术后手术椎体再塌陷的危险因素^[26]。本组研究对象骨密度值低,均可诊断为重度骨质疏松。而骨水泥螺钉流出孔较小的限制也可能导致推注骨水泥在椎体内分布不均匀。当聚甲基丙烯酸甲酯骨水泥注入椎体后,在骨水泥块周围形成一层纤维膜^[27],不利于骨水泥与周边组织的紧

密结合,材料的选择有待于进一步探究。上述诸多危险因素均可能导致术后随访过程中患者出现椎体前后缘高度丢失,当椎体前缘高度丢失大于后缘时,就会出现局部 Cobb 角的增加。

Kümmell 病患者常合并重度骨质疏松,术后患者规范使用双磷酸盐、维生素 D、钙剂等抗骨质疏松治疗,对预防术后伤椎塌陷,缓解疼痛,改善患者远期预后有着重要作用^[28]。目前随访结果显示,经皮椎弓根骨水泥螺钉锚定结合椎体成形术治疗 II 型、无神经症状 III 型 Kümmell 病安全、有效,能明显缓解疼痛,提高患者生活质量。但本研究存在病例数相对较少,均为单一中心病例,并且缺乏不同治疗方案的对照研究等问题,其结果的可靠性尚需进一步研究证实。

参考文献

- [1] SWARTZ K, FEE D. Kümmell's disease: a case report and literature review[J]. *Spine*, 2008, 33(5): E152-155.
- [2] YOUNG W F, BROWN D, KENDLER A. Delayed post-traumatic osteonecrosis of a vertebral body (Kümmell's disease)[J]. *Acta orthopaedica Belgica*, 2002, 68(1): 13-19.
- [3] LI K C, LI A F, HSIEH C H. Another option to treat Kümmell's disease with cord compression[J]. *Eur Spine J*, 2007, 16(9): 1479-1487.
- [4] HUANG Y, PENG M, HE S. Clinical efficacy of percutaneous kyphoplasty at the hyperextension position for the treatment of osteoporotic kümmell disease[J]. *Clin Spine Surg*, 2016, 29(4): 161-166.
- [5] YANG H, PAN J, WANG G. A review of osteoporotic vertebral fracture nonunion management[J]. *Spine*, 2014, 39(26): B4-6.
- [6] HAO D J, YANG J S, TUO Y. Reliability and application of the new morphological classification system for chronic symptomatic osteoporotic thoracolumbar fracture[J]. *J Orthop Surg Res*, 2020, 15(1): 348.
- [7] 唐永超, 江晓兵, 李大星. 经皮椎体强化术治疗无神经症状 Kümmell 病的中长期疗效[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2018, 28(1): 38-43.
- [8] TSAI T T, CHEN W J, LAI P L. Polymethylmethacrylate cement dislodgment following percutaneous vertebroplasty: a case report[J]. *Spine*, 2003, 28(22): E457-460.
- [9] WANG H S, KIM H S, JU C I. Delayed bone cement displacement following balloon kyphoplasty[J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2008, 43(4): 212-214.
- [10] RESNICK D, NIWAYAMA G, GUERRA J J R, et al. Spinal vacuum phenomena: anatomical study and review[J]. *Radiology*, 1981, 139(2): 341-348.
- [11] MA R, CHOW R, SHEN F H. Kümmell's disease: delayed post-traumatic osteonecrosis of the vertebral body[J]. *Acta Orthop Belg*, 2010, 19(7): 1065-1070.
- [12] FREEDMAN B A, HELLER J G. Kümmell's disease: a not-so-rare complication of osteoporotic vertebral compression fractures[J]. *J Am Board Fam Med*, 2009, 22(1): 75-78.
- [13] GALIVANCHE A R, TOOMBS C, ADRADOS M, et al. Cement augmentation of vertebral compression fractures may be safely considered in the very elderly[J]. *Neurospine*, 2021, 18(1): 226-233.
- [14] SUZUKI N, OGIKUBO O, HANSSON T. The course of the acute vertebral body fragility fracture: its effect on pain, disability and quality of life during 12 months[J]. *Eur Spine J*, 2008, 17(10): 1380-1390.
- [15] 张芸, 王磊, 薛景才. Kümmell 病不同时期骨组织形态与骨代谢标志物变化[J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2021, 14(5): 486-494.
- [16] MATZAROGLOU C, GEORGIOU C S, ASSIMAKOPOULOS K. Kümmell'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.
- [17] 拓源, 郝定均, 葛朝元. Kümmell 病的分期、分型与治疗进展[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2017, 27(7): 638-642.
- [18] 张旭斌, 华臻, 王建伟. Kümmell 病治疗[J]. *中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志*, 2020, 13(1): 73-78.
- [19] LANE J I, MAUS T P, WALD J T. Intravertebral clefts opacified during vertebroplasty: pathogenesis, technical implications, and prognostic significance[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2002, 23(10): 1642-1646. (下转第 3424 页)