

·临床研究论著·

经双侧椎弓根锚定经皮椎体成形术治疗 Kümmell 病及 2 年随访

唐寅生 陈亮 贺良杰 杜宇

【摘要】 目的 探讨经双侧椎弓根锚定经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)治疗 Kümmell 病的安全性及长期疗效。**方法** 2016 年 1 月至 2018 年 7 月,前瞻性纳入 15 例 Kümmell 病患者,其中,女 12 例,男 3 例,年龄为(69.0±7.6)岁(55~82 岁),均采用经双侧椎弓根锚定 PVP 手术治疗。收集病人术前、术后 1 d、术后 2 年的疼痛视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)评分、Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)、椎体前缘高度及后凸 Cobb 角,结合术前术后 X 线片、CT、MRI 等影像学资料分析椎体恢复及骨水泥分布情况。**结果** 所有病人均顺利完成手术,术后无严重并发症。术后 1 d 和术后 2 年的 VAS 评分、ODI、椎体前缘高度及伤椎 Cobb 角均较术前明显改善,差异有统计学意义($P < 0.05$)。2 例病人术中出现骨水泥渗漏,未伴发临床症状,未予特殊处理,术后症状好转,影像学表现正常。**结论** 双侧椎弓根锚定 PVP 治疗 Kümmell 病能够稳定伤椎并提升椎体高度,病人生活质量能得到明显改善并可早期进行活动,2 年随访结果满意,是治疗 Kümmell 病安全有效的手术方式。

【关键词】 Kümmell 病;骨质疏松性骨折;经皮椎体成形术

Bilateral Pedicle Anchoring Technique with Percutaneous Vertebroplasty for the Treatment of Kümmell Disease for 2-year Follow-up. TANG Yin-sheng, CHEN Liang, HE Liang-jie, DU Yu. Department of Spinal Surgery, the Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China

Corresponding author: DU Yu, E-mail: wsduyu@126.com

【Abstract】 Objective To investigate the safety and long-term efficacy of bilateral pedicle anchored percutaneous vertebroplasty (PVP) in the treatment of Kümmell disease. **Methods** From January 2016 to July 2018, a total of 15 patients with Kümmell disease, including 12 females and 3 males, aged (69.0±7.6) years (55-82 years old), were prospectively included. All patients were treated with bilateral pedicle anchored PVP. The visual analogue scale (VAS) scores, Oswestry disability index (ODI), anterior vertebral height and kyphosis Cobb angle were recorded before and 1 day and 2 years after operation. The vertebral recovery and bone cement distribution were analyzed in combination with preoperative and postoperative X-ray film, CT, MRI and other imaging data. **Results** All patients successfully underwent the procedure without serious complications. The VAS scores, ODI, anterior vertebral height and Cobb angles of the injured vertebrae were significantly improved after surgery. Bone cement leakage occurred in two patients, but the patients showed no abnormal clinical symptoms, and no special treatment was given. Postoperative symptoms and imaging showed improvement. **Conclusion** PVP with the bilateral pedicle anchoring technique can stabilize the injured vertebrae of Kümmell disease and improve the height of the vertebrae, significantly improve the quality of life of the patients and early activities. The 2-year follow-up results are satisfactory. It is a safe and effective surgical method for the treatment of Kümmell disease.

【Key words】 Kümmell disease; Osteoporotic fractures; PVP

骨质疏松性椎体压缩骨折(osteoporotic vertebral compression fractures, OVCFs)一般可以通过保

守治疗获得较好的疗效,但是有 7%~37% 的病人会发生 Kümmell 病^[1]。该病最早由德国医生 Kümmell 于 1895 年发现并命名^[2],一些中老年病人在脊柱轻微创伤后早期可无明显症状,数周至数月后出现腰背部疼痛及伤椎进行性后凸畸形^[3],迁延不愈,保守治疗很难自愈^[4-6],最终可能发展成慢性背痛,椎体塌陷、畸形^[4-5],是继发于 OVCFs 的严重疾病。目前,

DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2021.05.003

基金项目:重庆市科卫联合医学科研项目(2021MSXM004);重庆医科大学附属第二医院“宽仁英才”项目

作者单位:重庆医科大学附属第二医院脊柱外科,重庆 400010

通信作者:杜宇, E-mail: wsduyu@126.com

国内外对于 Kümmell 病的手术治疗已达成共识。根据郝定均教授团队的最新分型标准^[3], 针对 Kümmell 病 I、II 期病人, 经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)与经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)等微创技术往往是更适宜的选择。

PVP 能有效改善病人的临床症状^[7], 但可能会出现骨水泥渗漏, 在治疗不稳定的 OVCFs 时, 甚至会出现骨碎片脱入椎管的情况^[8]。PKP 能有效恢复椎体高度且骨水泥渗漏率较 PVP 低^[9], 但存在经济花费大、手术时间较长等缺点^[10]。为防止病人不耐受开放手术, 降低全身麻醉的风险, 减少手术时间、出血量, 同时减少 PVP 治疗中出现的骨水泥渗漏、移位等情况的发生, 我们前瞻性地选取 15 例 Kümmell 病病人, 在 PVP 基础上采用经双侧椎弓根锚定技术, 选择在椎体穿刺隧道及椎弓根处注入适量骨水泥, 渗透均匀, 应力平均, 固定牢靠, 使得骨水泥作为整体能在椎弓根处得到应力的支持, 有效增强了骨水泥在椎体内的固定与支撑作用, 术后随访 2 年, 通过观察临床疗效相关指标的变化, 探讨该手术方式治疗 Kümmell 病的长期临床效果。

资料与方法

一、纳入标准与排除标准

纳入标准: ①影像学及临床明确诊断为 Kümmell 病, 根据郝定均教授团队最新分型标准^[3]分型为 I、II 期; ②单节段损伤伴胸腰部疼痛不适, 不伴下肢及马尾神经症状; ③椎管无明显狭窄、骨块占位, 椎弓根及椎管前壁较完整; ④病史超过 3 个月, 经正规保守治疗无效者。

排除标准: ①脊柱不稳; ②脊柱肿瘤、感染、严重外伤史、手术史; ③不耐受手术者。

二、一般资料

我院 2016 年 1 月至 2018 年 7 月共收治 17 例 Kümmell 病病人, 2 例因神经损伤表现被排除, 故实际纳入 15 例。其中, 女 12 例, 男 3 例, 年龄为 (69.0±7.6) 岁 (55~82 岁)。损伤椎体: T₁₂ 4 例, L₁ 5 例, L₂ 3 例, L₃ 2 例, L₄ 1 例, 均属闭合性损伤。使用双能 X 线骨密度仪测定伤椎骨密度为 (-3.093±0.258) g/cm², 均属于重度骨质疏松。病人术前腰背部疼痛不适症状严重, 疼痛视觉模拟量表 (visual analogue scale, VAS) 评分为 (7.733±0.799) 分, Oswestry 功能障碍指数 (Oswestry disability index, ODI) 为 36.267%±2.685%, 椎体前缘高度为 (14.477±2.768) mm, Cobb

角为 20.193°±3.579°, 病程均超过 3 个月, 且经保守治疗无效。

病人行影像学检查可出现下列提示 Kümmell 病的征象: ①X 线片显示椎体塌陷、呈楔形改变, 骨小梁稀疏, 骨密度降低, 提示骨质疏松, 大部分椎体上终板前方下方过伸过屈位见终板活动, 骨折椎体有假关节形成^[4,11]; ②CT 显示骨折椎体有“真空征”(或称椎体内裂隙征)^[12-13], 大部分可见椎体边缘钙化; ③MRI 可见 T1、T2 低信号, 或 T1 低、T2 高信号征象。

术前与病人及家属进行充分沟通交流后, 病人及家属同意行相关手术治疗。本研究经重庆医科大学附属第二医院伦理委员会批准〔2020 年科伦审 (102) 号〕。

三、手术方法

手术在局部麻醉下进行, 病人若有不适可与术者沟通, 及时停止手术并积极处理。病人取俯卧位, 胸部及髋部适当垫枕使之处于略过伸位, 消毒铺巾, 作好术前及定位准备。术中“C”型臂 X 线机透视定位责任椎体并标记双侧进针点, 局麻起效后, 选择双侧双人椎弓根穿刺, 根据术前影像学资料及 X 线定位等情况, 选择伤椎左侧椎弓根约 10 点、右侧椎弓根约 2 点方向, 稍向外侧 3~5 mm, 角度选择稍垂直作为穿刺点进针。在“C”型臂 X 线机的引导下, 调整针管通路, 使其从椎弓根进入并置于椎体裂隙前约 1/3 处。调制骨水泥, 待其处于拉丝早期, X 线透视下双侧同时注入椎体中央偏前方, 使之均匀分布于椎体前部呈团块状。在前柱及中柱实现骨水泥的上下支撑及良好分布后, 穿刺工作套管后退 1 cm 至椎体后缘, 推杆从刻度 1 cm 处注射同时后退, 少量 (每次 <0.3 mL) 分次注射拉丝后期骨水泥, 直至刻度 0 cm 处; 然后重复上述方式在正位及侧位的监测下, 穿刺工作套管后退 1 cm 至椎弓根中后份, 推杆从刻度 1 cm 处注射同时后退, 少量 (每次 <0.2 mL) 分次注射拉丝后期或团块期早期骨水泥, 直至刻度 0 cm 处, 旋转推杆, 以空推杆封堵工作套管减少骨水泥后方渗漏。

术中与病人沟通确认其无神经刺激症状; 至此, 椎体裂隙前部的大团块状骨水泥、双侧穿刺通路上的骨水泥以及椎弓根处骨水泥连成一个类似三角形的整体结构。待骨水泥凝固, 拔出工作套管, 消毒缝合穿刺口。

四、术后随访及评价标准

术后第 1 天病人即可佩戴腰围适当下地行走并完善术后影像学检查。后期规范进行抗骨质疏松治

疗,嘱病人术后按计划回医院复查,观察骨水泥移位、伤椎再骨折等不良事件的发生情况。

术后 1 d、2 年通过 VAS 评分、ODI 评估疼痛不适缓解情况,测量椎体前缘高度及 Cobb 角以评估伤椎形态结构及术后恢复情况。

五、统计学分析

使用 SPSS 20.0 软件(IBM 公司,美国)统计分析数据。符合正态分布的计量资料采用均数 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)形式表示,病人治疗前后不同时间点数据的比较采用配对 t 检验;计数资料以率(%)表示,采用 χ^2 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

15 例病人均手术成功,术中未出现重要血管及神经根损伤,无硬脑膜撕裂、感染等并发症。手术时间为 32~49 min,单节段注入骨水泥 3.5~7.0 mL。

术后 1 d、2 年的 VAS 评分、ODI、椎体前缘高度及 Cobb 角均较术前明显好转(表 1),差异有统计学意义($P < 0.05$)。术后 2 年的 VAS 评分、ODI、Cobb 角较术后 1 d 时略有增加,椎体前缘高度有所降低,但差异均无统计学意义($P > 0.05$)。

术后病人均无骨水泥移位或松动、伤椎再骨折等情况发生,手术远期效果较好。有 2 例病人术中出现骨水泥渗漏现象,少量漏于椎间盘内,术中、术后病人均无特殊不适,术后影像学及随访提示恢复良好,未见异常表现。

典型病例见图 1。

讨 论

Kümmell 病起病隐匿,早期背痛症状轻微,容易漏诊、误诊,病程可呈进行性发展^[14]。该病的病理机制尚未完全明确,多数学者考虑其机理是发生于骨质疏松基础上的缺血性骨坏死^[5,15-17],其特征性标志的“真空征”是 OVCFs 不愈合的表现,保守治疗效果欠佳,影响病人生活质量^[5,13,15-16,18]。

目前,对于 Kümmell 病的手术治疗已成为共识,手术一般不必过分强调椎体高度恢复^[19],主要是缓

解疼痛。虽然截骨植骨、内固定^[20]和相关改良术式^[21-22]等传统开放手术的疗效已得到认可,但开放手术本身存在手术时间长、创伤大、出血多、费用高、术后恢复慢,对病人身体情况要求较高等缺点,且固定伤椎后应力集中,易造成邻近节段退变甚至骨折等风险^[23],让很多病人难以接受。随着骨科微创技术的发展,针对不伴有脊髓或神经压迫症状的 Kümmell 病主要的手术方式为 PVP 及 PKP^[3,16],以手术创伤小、时间短、出血量少、恢复快、能有效恢复伤椎高度并缓解病人疼痛^[4,10,16,24]等优点得到广泛的认可。

早期骨水泥渗漏及远期骨水泥移位一直是 PVP 及 PKP 治疗 Kümmell 病有待攻克的难题^[4,11],据统计,PVP 及 PKP 的骨水泥渗漏率为 25%~40%^[25]。具体情况有所不同,Krauss 等^[26]对 44 例 Kümmell 病病人行 PVP 手术的骨水泥渗漏率为 18.2%,也有学者统计 PVP 的骨水泥渗漏率高达 55%~79%^[27-29];骨水泥移位原因可能是骨不连所形成的椎体裂隙和周围硬化骨会影响骨水泥在椎体内的锚定,而椎体前缘的不完整又给骨水泥移位甚至脱落留下路径和空间;一旦出现骨水泥移位情况,椎体将会进一步塌陷,椎体后缘的骨块可能进入椎管造成压迫并诱发一系列神经症状,局部可能出现后凸畸形,加重腰背部疼痛,向前移位脱落的骨水泥可能压迫引起症状,甚至有血管损伤的可能性,还有部分位移的骨水泥可能造成邻近椎体的新鲜骨折;一旦出现该并发症,往往只能通过切除椎体或者矫形等开放手术来治疗。

近些年,为了降低骨水泥渗漏及移位发生率,增加稳定性及可靠性,在传统骨水泥治疗的基础上,延伸出众多改良的方法。Hoppe 等^[30]采用分次灌注法可有效降低骨水泥渗漏率。Park 等^[31]采用短节段经皮置钉联合 PVP 有效稳定伤椎。Piao 等^[32]用较少的骨水泥及较低的辐射剂量通过单侧经皮骨囊袋填充椎体强化成形术实现良好的伤椎生物学强度,同时降低了骨水泥渗漏问题。也有团队采用高黏度骨水泥在增强伤椎的同时也有效降低了骨水泥渗漏

表 1 15 例病人术前术后相关指标比较($\bar{x}\pm s$)

时间	VAS 评分(分)	ODI(%)	椎体前缘高度(mm)	Cobb 角(°)
术前	7.733 $\pm$ 0.799	36.267 $\pm$ 2.685	14.477 $\pm$ 2.768	20.193 $\pm$ 3.579
术后 1 d	2.067 $\pm$ 1.099*	12.867 $\pm$ 2.799*	20.887 $\pm$ 3.276*	12.973 $\pm$ 2.268*
术后 2 年	2.333 $\pm$ 1.047*	13.333 $\pm$ 2.637*	20.134 $\pm$ 3.311*	13.733 $\pm$ 2.317*

注:与术前比较,* $P < 0.05$

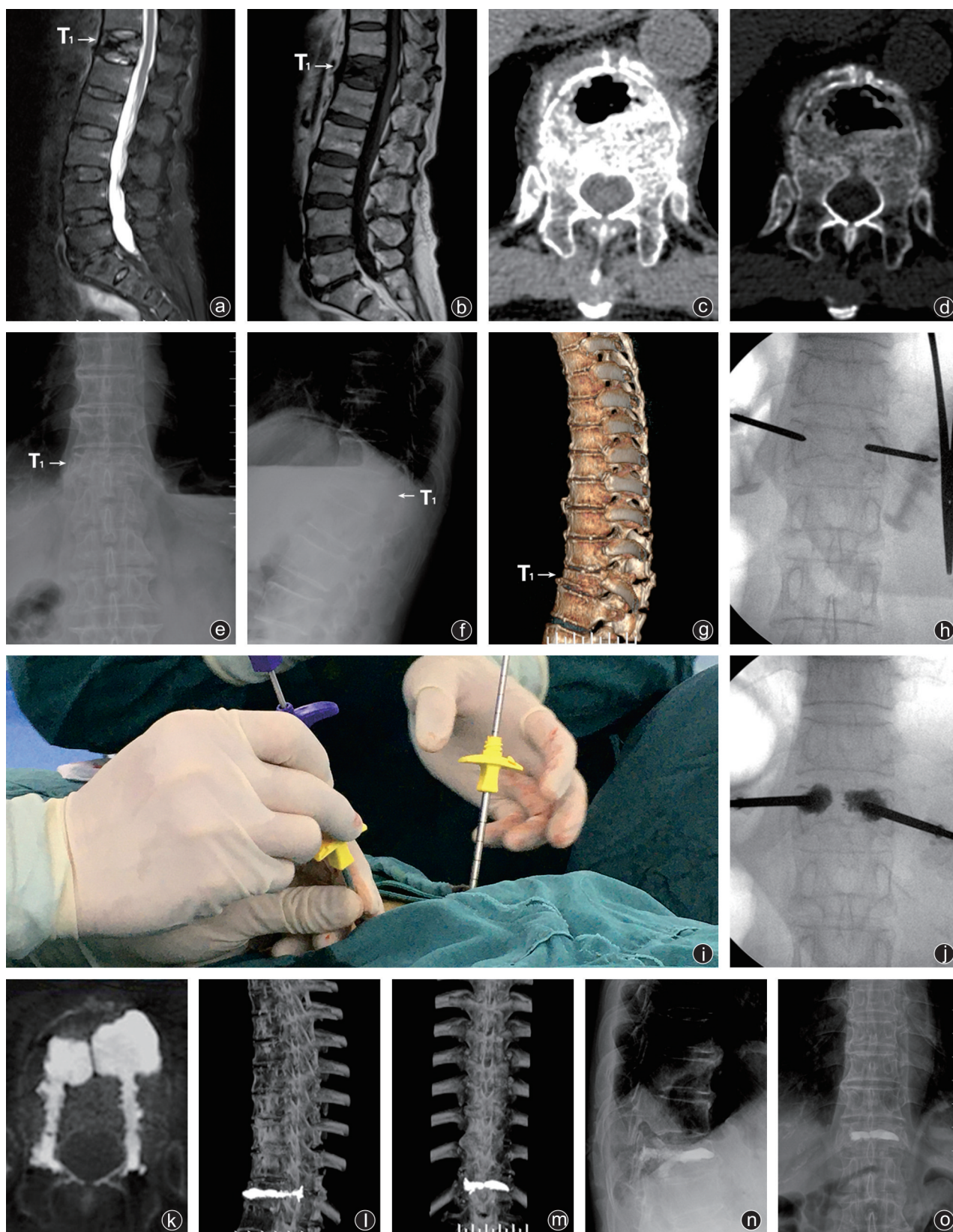


图1 病人,男,82岁,“不慎摔倒后6个月伴腰背部疼痛2个月”入院,入院诊断为L₄ Kümmell病,行双侧椎弓根锚定技术PVP治疗 a~g:术前影像学显示伤椎压缩性改变伴“真空征”;h~j:术中“C”型臂X线机定位伤椎并行双侧椎弓根锚定技术PVP治疗 Kümmell病;k~m:术后影像学显示骨水泥在伤椎形成稳固的三角形结构;n~o:术后2年随访伤椎恢复良好,骨水泥在位,未发现骨水泥移位、再发骨折等不良事件

率^[33]。与我院术式相似的是陈国兆等^[34]采用的双侧穿刺序贯椎体成形治疗 Kümmell 病:先封闭破口,再少量多次分批推注骨水泥把前方及上下终版破口封闭,最后用同样的方式灌注至骨水泥弥散满意。该术式少量多次的序贯方法能降低骨水泥灌注时产生的瞬间压力,使其能均匀弥散于伤椎之内,最终有效降低了骨水泥的渗漏率。

我院采用经双侧椎弓根锚定技术 PVP 治疗 Kümmell 病,优势在于:①手术在局麻下进行,病人处于清醒状态,任何不适可及时与术者沟通进行调整;②双侧穿刺骨水泥灌注较单侧更能使骨水泥均匀弥散于骨小梁和椎体裂隙内,使得伤椎得到了更好的稳定性及支撑作用;③骨水泥将伤椎与椎弓根形成一个整体,进一步增强了稳定性;④PVP 手术创伤小,时间短,费用较 PKP 低。

通过对病人手术前后的 VAS 评分、ODI、椎体前缘高度、Cobb 角等指标进行对比,来明确该手术是否有效,是否可以缓解病人疼痛不适以及椎体压缩塌陷的情况。本研究从结果来看,相关指标都得到了明显改善,证实了该手术能有效改善病人症状,提高生活质量,稳固塌陷椎体。术中出现 2 例骨水泥渗漏的病人,均为椎间盘渗漏,这与椎体下终板骨皮质不连续有关,其渗漏率(13.33%)低于以往大部分 PVP 相关文献报道^[4]。2 例骨水泥渗漏病人均为术中发现,出现椎间盘渗漏采用暂停注射或侧方推杆来调整骨水泥分布,术后病人无特殊不适,影像学及随访提示恢复良好,未见异常表现。

本术式通过双侧穿刺使椎体内骨水泥成为一个完整的整体,然后通过骨水泥椎弓根成形来对骨水泥进行锚定,使得骨水泥在椎体内形成类三角形的稳定结构,通过临床和影像学随访确认了骨水泥在椎体内的稳定分布;上述研究结果也支持经双侧椎弓根锚定技术 PVP 治疗 Kümmell 病的疗效和优势。当然,这与 PVP 本身的特点及改进后的优势密不可分。首先,骨水泥可充满裂隙稳定脊柱^[35],凝聚时的高温可灼伤椎体内痛觉神经末梢,从而缓解疼痛^[20, 36-38]。其次,双侧穿刺较单侧穿刺而言,对穿刺角度要求略低^[39],操作相对容易,骨水泥分布也更加均匀^[40]。当然,与传统 PVP 手术相比,在手术过程中也有一些需要特别注意的地方,主要集中在椎弓根锚定过程:①避免选择椎弓根皮质不完整的病例,以减少术中椎弓根成形过程中骨水泥渗漏的风险;②在椎弓根成形过程中所选择的骨水泥应为拉丝后期或面团早期;③术中需调整标准侧位透视,尤其

是侧位透视时骨水泥的分布需沿椎弓根均匀分布,一旦分布欠均匀,需暂停操作;④术后病人规范使用唑来膦酸、骨化三醇、钙尔奇等抗骨质疏松治疗,尤其唑来膦酸在抑制破骨细胞活性的同时,还能减少骨的转换和吸收,能显著改善病人骨质疏松病症^[41]。

笔者认为,该术式本身是建立在成熟的 PVP 基础上,通过双侧椎体穿刺帮助骨水泥定位更准确,分布更均匀,通过椎弓根的骨水泥成形来实现骨水泥的完整锚定,使得骨水泥作为整体呈坚固的三角形态,并且能在椎弓根处得到应力的支持,有效增强了骨水泥在椎体内的固定与支撑作用,可有效减少骨水泥位移的风险,改善病人病情症状,提升生活质量,是治疗 Kümmell 病安全有效的手术方法。然而本研究缺乏体内生物力学的直接证明,且样本量较小、随访时间不长,其结果的可靠性尚需进一步研究证实。

参 考 文 献

- [1] Freedman BA, Heller JG. Kummel disease: a not-so-rare complication of osteoporotic vertebral compression fractures [J]. J Am Board Fam Med, 2009, 22(1): 75-78.
- [2] Kümmell H. Die rarefizierende ostitis der wirbelkörper [J]. Deutsche Med, 1895, 21(1): 180-181.
- [3] Hao DJ, Yang JS, Tuo Y, et al. Reliability and application of the new morphological classification system for chronic symptomatic osteoporotic thoracolumbar fracture [J]. J Orthop Surg Res, 2020, 15(1): 348.
- [4] Huang Y, Peng M, He S, et al. 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] Matzaroglou C, Georgiou CS, Panagopoulos A, et al. Kümmell's disease: clarifying the mechanisms and patients' inclusion criteria [J]. Open Orthop J, 2014, 8: 288-297.
- [6] Fabbriani G, Pirro M, Floridi P, et al. Osteoanabolic therapy: a non-surgical option of treatment for Kümmell's disease? [J]. Rheumatol Int, 2012, 32(5): 1371-1374.
- [7] Yi HJ, Jeong JH, Im SB, et al. Percutaneous vertebroplasty versus conservative treatment for one level thoracolumbar osteoporotic compression fracture: Results of an over 2-year follow-up [J]. Pain Physician, 2016, 19(5): E743-E750.
- [8] Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, et al. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries [J]. Eur Spine J, 1994, 3(4): 184-201.
- [9] Kong LD, Wang P, Wang LF, et al. Comparison of vertebroplasty and kyphoplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures with intravertebral clefts [J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2014, 24 Suppl 1: S201-S208.
- [10] Zhang GQ, Gao YZ, Chen SL, et al. Comparison of percutaneous vertebroplasty and percutaneous kyphoplasty for the management of Kümmell's disease: A retrospective study [J]. Indian J Orthop, 2015, 49(6): 577-582.
- [11] Sanal B, Nas OF, Buyukkaya R, et al. Kummel disease and suc-

- cessful percutaneous vertebroplasty treatment [J]. *Spine J*, 2015, 15(11): e9-e10.
- [12] Krauss M, Hirschfelder H, Tomandl B, et al. Kyphosis reduction and the rate of cement leaks after vertebroplasty of intravertebral clefts [J]. *Eur Radiol*, 2006, 16(5): 1015-1021.
- [13] 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.
- [14] Lavelle W, Carl A, Lavelle ED, et al. Vertebroplasty and kyphoplasty [J]. *Anesthesiol Clin*, 2007, 25(4): 913-928.
- [15] Matzaroglou C, Georgiou CS, Assimakopoulos K, et al. 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.
- [16] Li H, Liang CZ, Chen QX. Kümmell's disease, an uncommon and complicated spinal disorder: a review [J]. *J Int Med Res*, 2012, 40(2): 406-414.
- [17] Ma R, Chow R, Shen FH. Kümmell's disease: delayed post-traumatic osteonecrosis of the vertebral body [J]. *Eur Spine J*, 2010, 19(7): 1065-1070.
- [18] Libicher M, Appelt A, Berger I, et al. The intravertebral vacuum phenomenon as specific sign of osteonecrosis in vertebral compression fractures: results from a radiological and histological study [J]. *Eur Radiol*, 2007, 17(9): 2248-2252.
- [19] Heo DH, Chin DK, Yoon YS, et al. Recollapse of previous vertebral compression fracture after percutaneous vertebroplasty [J]. *Osteoporos Int*, 2009, 20(3): 473-480.
- [20] Lee SH, Kim ES, Eoh W. Cement augmented anterior reconstruction with short posterior instrumentation: a less invasive surgical option for Kümmell's disease with cord compression [J]. *J Clin Neurosci*, 2011, 18(4): 509-514.
- [21] Kanayama M, Ishida T, Hashimoto T, 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.
- [22] Li KC, Li AF, Hsieh CH, et al. Another option to treat Kümmell's disease with cord compression [J]. *Eur Spine J*, 2007, 16(9): 1479-1487.
- [23] Nguyen HV, Ludwig S, Gelb D. Osteoporotic vertebral burst fractures with neurologic compromise [J]. *J Spinal Disord Tech*, 2003, 16(1): 10-19.
- [24] Park JW, Park JH, Jeon HJ, et al. Kümmell's disease treated with percutaneous vertebroplasty: Minimum 1 year follow-up [J]. *Korean J Neurotrauma*, 2017, 13(2): 119-123.
- [25] Phillips FM. Minimally invasive treatments of osteoporotic vertebral compression fractures [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2003, 28(15 Suppl): S45-S53.
- [26] Krauss M, Hirschfelder H, Tomandl B, et al. Kyphosis reduction and the rate of cement leaks after vertebroplasty of intravertebral clefts [J]. *Eur Radiol*, 2006, 16(5): 1015-1021.
- [27] Peh WC, Gelbart MS, Gilula LA, et al. Percutaneous vertebroplasty: treatment of painful vertebral compression fractures with intraosseous vacuum phenomena [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2003, 180(5): 1411-1417.
- [28] Schofer MD, Efe T, Timmesfeld N, et al. Comparison of kyphoplasty and vertebroplasty in the treatment of fresh vertebral compression fractures [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2009, 129(10): 1391-1399.
- [29] Jung JY, Lee MH, Ahn JM. Leakage of polymethylmethacrylate in percutaneous vertebroplasty: comparison of osteoporotic vertebral compression fractures with and without an intravertebral vacuum cleft [J]. *J Comput Assist Tomogr*, 2006, 30(3): 501-506.
- [30] Hoppe S, Wangler S, Aghayev E, et al. Reduction of cement leakage by sequential PMMA application in a vertebroplasty model [J]. *Eur Spine J*, 2016, 25(11): 3450-3455.
- [31] Park SJ, Kim HS, Lee SK, et al. Bone cement-augmented percutaneous short segment fixation: An effective treatment for kummell's disease? [J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2015, 58(1): 54-59.
- [32] Piao M, Darwono AB, Zhu K, et al. Extrapendicular approach of unilateral percutaneous vesselplasty for the treatment of kummell disease [J]. *Int J Spine Surg*, 2019, 13(2): 199-204.
- [33] Edidin AA, Ong KL, Lau E, et al. Morbidity and mortality after vertebral fractures: comparison of vertebral augmentation and non-operative management in the medicare population [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2015, 40(15): 1228-1241.
- [34] 陈国兆, 王黎明, 沙卫平. 双侧穿刺序贯椎体成形治疗 Kümmell 病的临床疗效 [J]. *骨科*, 2020, 11(4): 293-298.
- [35] Kim YJ, Lee JW, Kim KJ, et al. Percutaneous vertebroplasty for intravertebral cleft: analysis of therapeutic effects and outcome predictors [J]. *Skeletal Radiol*, 2010, 39(8): 757-766.
- [36] Lee SH, Cho DC, Sung JK. Catastrophic intramedullary hematoma following Kümmell's disease with large intravertebral cleft [J]. *Spine J*, 2008, 8(6): 1007-1010.
- [37] van der Schaaf I, Fransen H. Percutaneous vertebroplasty as treatment for Kummell's disease [J]. *JBR-BTR*, 2009, 92(2): 83-85.
- [38] Sun G, Jin P, Li M, et al. Height restoration and wedge angle correction effects of percutaneous vertebroplasty: association with intraosseous clefts [J]. *Eur Radiol*, 2011, 21(12): 2597-2603.
- [39] Beall DP, Braswell JJ, Martin HD, et al. Technical strategies and anatomic considerations for parapetacular access to thoracic and lumbar vertebral bodies [J]. *Skeletal Radiol*, 2007, 36(1): 47-52.
- [40] Garfin SR, Yuan HA, Reiley MA. New technologies in spine: kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures [J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2001, 26(14): 1511-1515.
- [41] Miller PD, Pannacciulli N, Brown JP, et al. Denosumab or zoledronic acid in postmenopausal women with osteoporosis previously treated with oral bisphosphonates [J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2016, 101(8): 3163-3170.

(收稿日期: 2021-05-27)

(本文编辑: 陈姗姗)

引用格式

唐寅生, 陈亮, 贺良杰, 等. 经双侧椎弓根锚定经皮椎体成形术治疗 Kümmell 病及 2 年随访 [J]. *骨科*, 2021, 12(5): 403-408. DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2021.05.003.