

骨水泥椎弓根附近锚定技术在椎体成形术中的应用 21 例

薛武祥¹ 魏桂财¹ 郑忠^{1△}

【摘要】 目的:探讨骨水泥椎弓根附近锚定技术在 Kummell 病椎体成形术(PVP)中的应用价值。**方法:**回顾性分析我院 2017 年 1 月至 2018 年 1 月 Kummell 病患者 21 例,均采用椎弓根附近骨水泥锚定技术 PVP 治疗;记录手术时间、骨水泥注入量、骨水泥渗漏情况、术后 1 年骨水泥松动情况及椎弓根附近骨水泥尾线断裂情况;比较术前、术后 3 d 及术后 1 年患者 VAS 评分、ODI 指数、伤椎 Cobb 角改变及伤椎前壁高度恢复情况。**结果:**21 例患者均顺利完成手术,手术时间 48~65 min(55.05 ± 4.89),骨水泥注入量 4.2~7.1 mL(5.83 ± 0.82),术中 3 例发生骨水泥渗漏,椎体前方和椎间盘渗漏各 1 例,1 例椎弓根附近骨水泥尾线留置过长,未出现骨水泥渗漏至椎管等严重并发症。本组 21 例患者术后均获得随访 12~20 个月(16.10 ± 2.39),随访期间未出现骨水泥松动、移位,骨水泥在椎弓根附近分布有序,椎体内骨水泥与双侧椎弓根附近的骨水泥呈现一体化锚定状态,与术前相比,术后 3 d 及术后 1 年 VAS 评分、ODI 指数、伤椎 Cobb 角均明显降低[(7.30 ± 0.96)分/(2.19 ± 0.58)分、(2.06 ± 0.54)分、(70.62 ± 2.96)%/(28.90 ± 2.05)%、(28.33 ± 2.24)%、($16.12^\circ \pm 2.87^\circ$)/($9.94^\circ \pm 2.89^\circ$)、($9.66^\circ \pm 3.16^\circ$)]($P < 0.01$),伤椎前壁高度明显升高[(0.35 ± 0.10)cm/(0.85 ± 0.08)cm、(0.91 ± 0.07)cm]($P < 0.01$);术后 3 d 与术后 1 年随访上述指标差异均无统计学意义($P > 0.05$)。**结论:**骨水泥椎弓根附近锚定技术在 Kummell 病椎体成形术中可能会增加椎体内骨水泥的把持力,有一定临床应用价值。

【关键词】 椎内裂隙征;经皮椎体成形术;骨水泥椎弓根;锚定技术

【中图分类号】 R683.2 **【文献标志码】** B **【文章编号】** 1005-0205(2020)05-0076-05

随着社会老龄化,骨质疏松性椎体压缩性骨折(Osteoporotic Vertebral Compression Fractures, OVCF)发生率逐年上升,约有 10%~30% OVCF 并发骨不愈合,渐出现迟发性塌陷^[1],这部分老年性的 OVCF 被称为 Kummell 病。Kummell 病引起的持续性的腰背痛严重影响老年人生活质量,卧床休息及药物等保守治疗效果差,有必要通过手术干预来恢复脊柱的稳定性,阻止受影响椎体的进一步塌陷导致后凸畸形的逐渐加重。目前对于 Kummell 病的手术治疗没有一致的意见^[2],PVP 是治疗有症状的 Kummell 病的较好选择^[3]。PVP 可恢复椎体高度,稳定椎体,减轻疼痛,但仍有较大可能出现骨水泥渗漏及远期松动情况^[4-5]。为降低骨水泥渗漏率、增加椎内把持力,本研究采用椎弓根附近骨水泥锚定技术椎体成形术(PVP)治疗 Kummell 病取得了满意效果,现报告如下。

1 临床资料

选择 2017 年 1 月至 2018 年 1 月本院收治的

Kummell 病患者 21 例。纳入标准:1)明确胸腰背部疼痛病史,经保守治疗 4 周疼痛不能缓解;2)影像学资料提示椎内裂隙征(IVC);3)骨密度(BMD) ≤ -2.5 ;4)Li 分期^[6]为 I 期、II 期及无神经症状 III 期患者。排除标准:1)有脊柱开放手术史或因脊柱的退变致胸腰背部长期慢性疼痛;2)脊柱肿瘤所致的病理性骨折;3)有神经症状 Kummell 病;4)椎体骨折压缩程度大于 75%;5)随访期间出现其他椎体的骨折。其中,男 8 例,女 13 例,年龄 55~86 岁。骨折部位:T₁₀ 1 例,T₁₁ 6 例,T₁₂ 10 例,L₁ 3 例,L₂ 1 例。无明显外伤史 6 例,有轻微扭伤或跌倒史 15 例。胸腰背部疼痛至手术时间为 4 周~10 个月。本研究经厦门大学附属福州市第二医院医学伦理委员会批准,患者及家属均知情同意。

2 方法

2.1 手术方法

患者入院完善相关检查,积极治疗基础疾病,作好术前规划,明确 IVC 位置。所有患者均采用椎弓根附近骨水泥锚定技术 PVP,手术均由同一名手术医师完成。患者取俯卧位,用海绵垫将胸部及髋部垫高,使胸腹部悬空,体表定位双侧椎弓根,做切口标记线,手法

¹ 厦门大学附属福州市第二医院骨科(福州,350007)

[△]通信作者 E-mail: zhengzhong822@sohu.com

过伸顶压复位,透视见椎体高度较前明显恢复,常规消毒铺巾,C 臂机定位伤椎和双侧椎弓根,正中线向两侧旁开 3~6 cm 作为穿刺点,利多卡因局部浸润后,双侧各做 0.5 cm 小切口,穿刺针定位双侧进入椎弓根,正侧位透视,调整穿刺针,进入椎体,确保穿刺针未进入椎管。根据术前 CT 确定椎体裂隙位置,结合术中透视情况,调整穿刺针角度和深度,当穿刺针进入椎体中后 1/3 时停止,引入导针,透视证实导针尖端位于椎体裂隙内,引入工作通道,导针探入椎体前缘为软性组织。助手行骨水泥调配,待骨水泥“面团期”,双侧推杆置入椎体前中 1/3 处开始灌注,助手再次行骨水泥调配,透视见破口封堵满意,第 2 次骨水泥正好处于“拉丝期”进行灌注,透视见骨水泥在椎体内弥散满意后,于工作套管内留约 2 cm 推杆骨水泥作为椎弓根附近骨水泥尾线,透视侧位见骨水泥尾线位于椎管平面前中部,确认骨水泥尾线长度,待骨水泥处于“面团后期”,固定内芯边旋转边退出工作套管,再次透视确认骨水泥弥散情况,行创口缝合。术后次日在胸腰段支具保护下下地活动,支具佩戴保护至术后 6 周,术后次日起规律抗骨质疏松治疗,住院期间抗骨质疏松方案均为:碳酸钙 600 mg (1 次/d)+骨化三醇胶丸 0.25 μ g(2 次/d)+鲑鱼降钙素 50 IU(1 次/d)。

2.2 观察指标

1)围手术期相关指标:记录手术时间、骨水泥灌注量、骨水泥渗漏情况。2)疼痛和生活质量评估:分别记录术前、术后 3 d 及术后 1 年患者 VAS 评分、ODI 指数、伤椎 Cobb 角改变及伤椎前壁高度恢复情况。3)骨水泥松动情况和椎弓根附近骨水泥尾线是否断裂情况评估:术后定期复查 CT 及 X 线片,评估随访期间骨

水泥松动、移位情况和椎弓根附近骨水泥尾线断裂情况。

2.3 统计学方法

采用 SPSS22.0 统计学软件分析数据,VAS 评分、ODI 指数、伤椎 Cobb 角、椎体前缘高度经统计学分析均符合正态分布,用 $\bar{x}\pm s$ 表示。采用单因素方差分析比较术前、术后 3 d 及术后 1 年疼痛 VAS 评分、ODI 指数、伤椎 Cobb 角、椎体前缘高度差异,进一步组间两两比较采用 LSD-*t* 检验, $P<0.05$ 差异有统计学意义。

3 结果

手术前后观察指标见表 1。21 名患者均顺利完成手术并随访 12~20 个月(16.10 ± 2.39),手术时间 48~65 min(55.05 ± 4.89),骨水泥注入量 4.2~7.1 mL(5.83 ± 0.82),术后 3 d 及术后 1 年 VAS 评分、ODI 指数、伤椎 Cobb 角均较术前明显降低,差异有统计学意义($P<0.01$)。术后 3 d 及术后 1 年伤椎前缘高度较术前明显升高,差异有统计学意义($P<0.01$);术后 3 d 与术后 1 年上述指标差异均无统计学意义($P>0.05$)。

术中未出现骨水泥渗漏至椎管、肺栓塞等严重并发症,椎间盘及椎体前方渗漏各 1 例,患者未出现不适表现,未予特殊处理;1 例出现椎弓根区尾线留置过长,刺入腰背软组织内,术中予直钳深入切口内,拧断钳夹出过长部分骨水泥尾线,术后未出现特殊不适。随访期间均未出现骨水泥松动、移位及椎弓根附近骨水泥尾线断裂,骨水泥在椎弓根附近分布有序,椎体内骨水泥与双侧椎弓根附近的骨水泥呈现一体化锚定状态。典型病例影像学资料见图 1。

表 1 手术前后观察指标比较($\bar{x}\pm s$)

观察时间	例数	VAS 评分	ODI 指数/%	伤椎 Cobb 角/(°)	椎体前缘高度/cm
术前	21	7.30 \pm 0.96	70.62 \pm 2.96	16.12 \pm 2.87	0.35 \pm 0.10
术后 3 d	21	2.19 \pm 0.58 ¹⁾	28.90 \pm 2.05 ¹⁾	9.94 \pm 2.89 ¹⁾	0.85 \pm 0.08 ¹⁾
术后 1 年	21	2.06 \pm 0.54 ¹⁾	28.33 \pm 2.24 ¹⁾	9.66 \pm 3.16 ¹⁾	0.91 \pm 0.07 ¹⁾
<i>F</i>		366.61	2 061.56	31.57	259.51
<i>P</i>		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

注:1)与术前比较,差异有统计学意义($P<0.01$)。

4 讨论

4.1 Kummell 病简介

Kummell 病有多种称谓,如“迟发性创伤后椎体骨坏死”“椎体内裂隙征”“椎内假关节”等,它是以无明显诱因或轻微外伤出现胸腰背部疼痛后,经历数周或数月无症状期再度出现剧烈腰背痛为其特征的临床表现,目前尚无统一的影像学诊断标准,但椎内裂隙征(Intravertebral Clefts, IVC)、开口现象、双线征为其重要表现形式,均缺乏特异性^[3]。

4.2 PVP 治疗

大多数研究者认为 Kummell 病持续性的剧烈疼痛是因为椎内裂通过椎体不愈合及假关节的形成导致机械性的椎内不稳定,是导致疼痛的主要原因,因此恢复脊柱的稳定性是解决疼痛的关键^[7]。手术治疗的方式选择目前尚有争议,PVP 被广泛推荐于老年性 OVCF 伴 IVC,在最初的随访中也取得了满意的临床疗效^[8-9];PVP 通过骨水泥固定恢复椎体高度,维持椎体内真空裂隙的物理稳定性,消除其运动是 Kummell



图1 典型病例影像学资料(患者,女,78岁,无明显诱因出现胸腰部疼痛,活动受限1个月)
(a)~(e) 术前胸腰段正侧位X线片、MRI、CT;(f)~(g) 术后胸腰段正侧位X线片;(h) 术后CT(红色箭头为双侧椎弓根附近骨水泥锚定);(i)~(j) 术后1年胸腰段正侧位X线片

图1 典型病例影像学资料(患者,女,78岁,无明显诱因出现胸腰部疼痛,活动受限1个月)

病最重要的镇痛机制^[7],此外,注射骨水泥产生的热量灼伤周围末梢神经缓解疼痛。Zhang等^[8]采用PVP治疗22例Kummell病患者获得满意疗效;Krauss等^[10]报道有IVC征的患者与无IVC征的患者行PVP后疼痛减轻程度相同;Lane等^[11]也报道了同样的结果。本组21例患者均接受了PVP手术治疗,术后3d及术后1年随访时VAS评分及ODI指数均较术前明显降低($P<0.05$),再次证明了该术式的有效性。然而,该手术的适应证和技术方面,如注射骨水泥的速度、剂量、终点等没有一致的意见^[7],但是大多数研究者认为,为了防止Kummell病的不稳定性,应该在椎体内注射足够剂量的骨水泥来充分填充椎内裂隙,较大程度通过骨水泥的扩散与周围松质骨咬合^[12],但较大剂量骨水泥增加骨水泥泄漏风险。

4.3 骨水泥椎体内稳定性相关危险因素

Kummell病骨水泥渗漏率、骨水泥脱出及椎体再塌陷率较高,笔者分析原因有三点:1)Kummell病自身病理因素:Kummell病有别于新鲜骨质疏松压缩性骨折,椎体裂隙周围主要为坏死硬化骨或纤维软骨,骨水泥难以与周围松质骨紧密咬合,容易导致骨水泥的整块脱出;因骨水泥难以与周围骨小梁紧密咬合,故骨水泥在裂隙内常以团块状分布为主,骨水泥团块对周

围的松质骨产生更大的应力,导致无骨水泥支撑区的塌陷^[13]及椎体远期塌陷率较高,进一步影响伤椎稳定性;Yu等^[14]发现骨水泥在裂隙内弥散形分布较团块形分布再塌陷率更低。2)术者操作因素:后凸畸形纠正过多是导致椎体再塌陷的另一个危险因素,后凸角恢复过多可能导致椎旁软组织张力增加,伤椎机械负荷增加致骨折段更加不稳定,导致椎体进一步塌陷^[15],影响脊柱稳定性。3)患者因素:因术后疼痛较前明显改善,过早投入劳作或早期活动未严格在支具保护下进行,使椎体进一步塌陷,导致骨水泥脱出或椎弓根附近尾线的断裂,术后未进行长期规律抗骨质疏松治疗也是一个危险因素。

为降低骨水泥渗漏率,增加骨水泥椎内把持力,恢复脊柱稳定性,减少远期再塌陷,杨惠林等^[16]通过分次调配骨水泥法来降低骨水泥渗漏,取得了满意疗效;杨智贤等^[17]认为在PVP术中灌注骨水泥前注入明胶海绵颗粒可降低骨水泥渗漏;Koike等^[18]采用真空抽吸裂隙减压,获得足够骨水泥填充空间的方法治疗OVCF合并IVC,增加伤椎稳定性,取得了满意疗效;Niu等^[12]认为骨水泥注射应充分渗透到周围松质骨中,减轻对周围骨的应力,提高椎体的稳定性;王鹏等^[19]通过网袋加压椎体成形术使骨水泥均匀渗透到

骨小梁间隙,形成绞索网状结构。

4.4 体会

1) 双侧穿刺入路: (1) 以往仅单侧穿刺至椎体裂隙内或骨折处, 双侧穿刺缓慢推注骨水泥, 可以使骨水泥更均匀地弥散于椎体裂隙内, 并且可能使骨水泥分布至单侧穿刺骨水泥无法弥散到的区域; (2) 双侧同时灌注骨水泥较单侧穿刺灌注骨水泥能降低椎内裂隙的瞬时压力, 进而降低骨水泥泄漏的概率; (3) 双侧同时灌注使骨水泥对称分布于伤椎内能更好地恢复伤椎的刚度及稳定性; (4) Kummell 病伤椎应力位下呈“开合征”, 椎体后缘为开合处长期反复应力刺激, 骨修复过程中产生硬化带, 导致较新鲜 OVCF 穿刺阻力大^[20], 当穿刺遇到阻力时改用小锤轻轻敲击缓慢进入, 切勿用暴力, 必要时可用环锯; (5) 双侧入路也可能增加并发症的风险, 如椎弓根骨折、硬膜损伤、神经损伤、出血, 在本研究中并没有出现如上并发症, 但会增加手术时间、医务人员辐射暴露等。

2) 分次调配骨水泥: 因 Kummell 病的特殊性, 许多椎体内裂隙直接与椎体前缘或椎间盘相通, 导致术中骨水泥渗漏率高, 为防止骨水泥泄漏, 杨惠林等^[16]首次提出 PKP 下分次调配骨水泥治疗 Kummell 病, 取得了满意疗效; 探索 PVP 中分次调配骨水泥的方法, 本研究的临床应用表明该方法可降低骨水泥渗漏率, 术后发生骨水泥泄漏 3 例, 渗漏率为 14.29%, 明显低于以往文献报道^[21-22]。椎间盘及椎体前方渗漏各 1 例, 患者未出现不适表现, 未予特殊处理; 1 例出现椎弓根区尾线留置过长, 骨水泥尾线刺入腰背软组织内, 术中予直钳深入切口内, 拧断钳夹出过长部分骨水泥尾线, 术后未出现特殊不适。PVP 下分次调配骨水泥, 笔者的体会: (1) 体位的摆放至关重要, 需用海绵垫将胸部及髋部垫高, 俯卧下行过伸顶压复位, 充分恢复椎体高度后再实施该术式。 (2) 骨水泥注入时机要准确把握, 第 1 次调配骨水泥使骨水泥处于“面团期”, 用于封堵椎体前缘破裂口, 避免骨水泥往椎体前缘渗漏, 前缘破口封堵完毕后行第 2 次骨水泥调配, 使骨水泥处于“拉丝期”, 这时骨水泥可以均匀弥散于椎体内, 此时的骨水泥“拉丝期”应比普通骨质疏松性椎体压缩骨折 PVP 时的骨水泥稍粘稠, 避免骨水泥通过残留裂口泄漏至椎体外。 (3) 控制室温在 20℃ 较为合适, 温度影响骨水泥凝固时间, 根据骨水泥调配类型控制分次调配骨水泥间隔时间, 最好第一次调配骨水泥注射完毕后, 第二次调配后的骨水泥正好处于“拉丝期”, 防止两次注射骨水泥之间留有明显界限, 本组患者术后 CT 扫描未见两次灌注骨水泥间有明显界限, 并且椎体内骨水泥与椎弓根附近骨水泥尾线也呈一体化连接状态 (见图 1h)。 (4) 严格在 C 臂机透视监测下行该术

式, 如一次灌注不满意可行二次灌注。

3) 椎弓根附近骨水泥锚定技术: 椎弓根附近留置一定长度骨水泥尾线, 增加骨水泥椎内把持力 (见图 1h)。其原理: (1) 通过双侧椎弓根附近骨水泥尾线形成角度稳定于椎内, 减少骨水泥脱出率; (2) 椎弓根附近为伤椎“开合征”顶点处, 长期反复应力刺激, 骨修复过程中产生硬化带, 此区域的骨质较硬^[21], 骨水泥在此区域锚合可能增加骨水泥在椎体内把持力, 降低骨水泥脱出率, 为此在椎弓根附近留置骨水泥尾线, 增强骨水泥在椎内锚定。操作体会: (1) 在椎体裂隙内骨水泥灌注满意后, 在工作套管内再缓慢注入约 2 cm 长的骨水泥, 透视侧位见骨水泥长度约在椎管平面前中部, 待骨水泥处于“面团后期”固定内芯, 边旋转边退出工作套管; (2) 留置椎弓根区尾线骨水泥需在工作套管内进行灌注; (3) 骨水泥尾线是通过双侧形成角度卡于椎内, 故不强求骨水泥尾线周围“毛刺征”; (4) CT 轴位下做好术前规划, 确定椎弓根附近骨水泥尾线长度, 避免术中尾线留置过长刺入腰背肌内, 引发刺激疼痛; (5) 肋横关节为微动关节, 经观察胸椎经肋横关节穿刺骨水泥尾线稍露肋横关节中, 患者术后未诉有特殊不适, 并且此区域骨质较硬, 可以增加骨水泥在椎体内的把持力。

本研究不足之处: 1) 本课题是回顾性研究, 且样本量少、随访时间短, 后期需更大样本量和更长期随访的前瞻性研究进一步论证; 2) 未评估治疗组术前椎体塌陷的严重程度和裂隙大小; 3) 椎弓根附近骨水泥尾线可以承受多大力量而不会断裂, 后期需要进一步进行生物力学方面的研究。

尽管本研究随访时间较短, 无法评估椎弓根附近骨水泥尾线远期是否断裂, 但近期疗效明确, 所以认为骨水泥椎弓根附近锚定技术仍不失为一种增加骨水泥椎内把持力的方法, 有一定临床使用价值, 为椎体成形术治疗 Kummell 病的技术改进提供了可能。

参考文献

- [1] PATIL S, RAWALL S, SINGH D, et al. Surgical patterns in osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Eur Spine J, 2013, 22(4): 883-891.
- [2] ZOU D, ZHANG K N, REN Y. Therapeutic effects of PKP on chronic painful osteoporotic vertebral compression fractures with or without intravertebral cleft[J]. Int J Clin Exp Med, 2015, 8(9): 15780-15786.
- [3] D'ORIA S, DELVECCHIO C, DIBENEDETTO M, et al. Case report of Kummell's disease with delayed onset myelopathy and the literature review[J]. Eur J Orthop Surg Traumatol, 2018, 28(2): 309-316.
- [4] NAKAMAE T, YAMADA K, TSUCHIDA Y, et al. Risk factors for cement loosening after vertebroplasty for os-

- teoporotic vertebral fracture with intravertebral cleft; a retrospective analysis[J]. *Asian Spine J*, 2018, 12(5): 935-942.
- [5] LI Z, LIU T, YIN P, et al. The therapeutic effects of percutaneous kyphoplasty on osteoporotic vertebral compression fractures with or without intravertebral cleft[J]. *Int Orthop*, 2019, 43(2): 359-365.
- [6] LI K C, LI A F, HSIEH C H, et al. Another option to treat Kummell's disease with cord compression[J]. *Eur Spine J*, 2007, 16(9): 1479-1487.
- [7] KIM J E, CHOI S S, LEE M K, et al. Failed percutaneous vertebroplasty due to insufficient correction of intravertebral instability in kummell's disease; a case report[J]. *Pain Pract*, 2017, 17(8): 1109-1114.
- [8] ZHANG J, FAN Y, HE X, et al. Is percutaneous kyphoplasty the better choice for minimally invasive treatment of neurologically intact osteoporotic Kummell's disease A comparison of two minimally invasive procedures[J]. *Int Orthop*, 2018, 42(6): 1321-1326.
- [9] LI H K, HAO D J, YANG J S, et al. Percutaneous kyphoplasty versus posterior spinal fixation with vertebroplasty for treatment of Kummell disease; a case-control study with minimal 2-year follow-up[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96(51): e9287.
- [10] 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.
- [11] LANE J I, MAUS T P, WALD J T, et al. Intravertebral clefts opacified during vertebroplasty: pathogenesis, technical implications, and prognostic significance[J]. *Am J Neuroradiol*, 2002, 23(10): 1642-1646.
- [12] NIU J, ZHOU H, MENG Q, et al. Factors affecting recompression of augmented vertebrae after successful percutaneous balloon kyphoplasty; a retrospective analysis[J]. *Acta Radiol*, 2015, 56(11): 1380-1387.
- [13] YU W, LIANG, YAO Z, et al. Risk factors for recollapse of the augmented vertebrae after percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral fractures with intravertebral vacuum cleft[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2017, 96(2): e5675.
- [14] YU W, XIAO X, ZHANG J, et al. Cement distribution patterns in osteoporotic vertebral compression fractures with intravertebral cleft; effect on therapeutic efficacy[J]. *World Neurosurg*, 2019, 123: e408-e415.
- [15] KIM Y J, LEE J W, KIM K J, et al. Percutaneous vertebroplasty for intravertebral cleft; analysis of therapeutic effects and outcome predictors[J]. *Skeletal Radiol*, 2010, 39(8): 757-766.
- [16] 杨惠林, 王根林, 姜为民, 等. 分次灌注骨水泥技术治疗 Kummell 病[J]. *脊柱外科杂志*, 2012, 10(1): 22-24.
- [17] 杨智贤, 彭小忠, 卓祥龙, 等. 椎体成形术中注射明胶海绵预防骨水泥渗漏的临床观察[J]. *中国骨与关节损伤杂志*, 2014, 29(5): 479-480.
- [18] KOIKE Y, TAKIZAWA K, OGAWA Y, et al. Percutaneous vertebroplasty for vertebral compression fractures with intravertebral cleft; cement injection under vacuum aspiration[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2011, 22(12): 1721-1726.
- [19] 王鹏, 邓强, 陈祁青, 等. 网袋加压椎体成形术治疗 Kummell 病 12 例[J]. *中国中医骨伤科杂志*, 2018, 26(8): 63-65.
- [20] 蔡俊, 冯新民, 王静成, 等. 椎体成形术治疗不愈合的胸腰椎陈旧性骨折疗效分析[J]. *创伤外科杂志*, 2015, 17(5): 426-429.
- [21] PEH W C, GELBART M S, GILULA L A, et al. Percutaneous vertebroplasty; treatment of painful vertebral compression fractures with intraosseous vacuum phenomena[J]. *Am J Roentgenol*, 2003, 180(5): 1411-1417.
- [22] 陈继良, 许庆山, 王旭, 等. 经皮椎体成形术治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折伴椎体内裂隙样变的疗效观察[J]. *中国微创外科杂志*, 2018, 18(2): 138-142.

(收稿日期: 2019-08-10)