

刮匙器结合经皮椎体成形术治疗椎体内缺血性骨坏死的临床疗效观察

李会斌^{1,2} 贾育松³ 赵学千⁴ 谭建盛¹ 黄健¹ 马慧¹ 王维¹ 李晋玉^{4△}

[摘要] **目的:**对比单纯经皮椎体成形术(PVP)与应用刮匙器结合 PVP 治疗椎体内缺血性骨坏死(Kummell 病)的临床疗效。**方法:**对本科 2019 年 1 月至 2021 年 3 月期间诊断为 I 期或 II 期 Kummell 病且行单纯 PVP 或刮匙器结合 PVP 治疗的 35 例患者进行回顾性研究,其中观察组 15 例采用刮匙器结合 PVP 治疗,对照组 20 例采用单纯 PVP 治疗。对比两组手术前、术后第 3 天、术后 3 个月随访时的视觉模拟评分法(VAS)评分、Oswestry 功能障碍指数(ODI)、椎体前缘高度、Cobb 角。同时观察术中骨水泥填充情况、渗漏情况、分布情况及相关并发症。**结果:**术中骨水泥注入量观察组与对照组差异有统计学意义($P < 0.05$);观察组发生骨水泥渗漏 2 例,其中椎体前缘骨水泥渗漏 1 例,上终板渗漏 1 例,对照组见椎体前缘渗漏 1 例,观察组骨水泥渗漏率比较对照组,差异无统计学意义($P > 0.05$)。两组患者术后第 3 天的 VAS 评分、ODI、椎体前缘高度、Cobb 角较术前均有好转,差异有统计学意义($P < 0.05$)。观察组术后 3 d VAS 评分、ODI、椎体前缘高度及 Cobb 角较对照组差异无统计学意义($P > 0.05$)。术后 3 个月随访时各指标与术后 3 d 比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。术后 X 线显示观察组 11 例患者骨水泥分布呈弥散型,4 例呈团块型,对照组中 13 例呈致密团块型,7 例呈弥散型,差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论:**刮匙器结合 PVP 相较于单纯 PVP,二者在缓解患者腰背部疼痛,改善功能,恢复后凸畸形及椎体高度方面没有明显差异。但刮匙器的使用可以使得骨水泥在椎体内更加充分地弥散,其是否有助于减少远期椎体再塌陷有待进一步研究。

[关键词] 椎体内缺血性骨坏死;经皮椎体成形术;刮匙器;骨水泥分布;骨水泥渗漏;骨质疏松性椎体压缩性骨折;真空裂隙征

[中图分类号] R681.5 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2022)04-0014-07

Clinical Observation of Curette Combined with Percutaneous Vertebroplasty on the Treatment of Kummell's Disease

LI Huibin^{1,2} JIA Yusong³ ZHAO Xueqian⁴ TAN Jiansheng¹
HUANG Jian¹ MA Hui¹ WANG Wei¹ LI Jinyu^{4△}

¹Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100105, China;

²Beijing Fengtai Hospital of Integrated Traditional and Western Medicine, Beijing 100072, China;

³Tsinghua University Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, Beijing 100049, China;

⁴Dongzhimen Hospital, Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100700, China.

Abstract Objective: To compare the clinical efficacy of curettage combined with percutaneous vertebroplasty (PVP) and percutaneous vertebroplasty (PVP) alone on the treatment of Kummell's disease. **Methods:** A retrospective study was conducted on 35 patients diagnosed with stage I or II Kummell's disease and treated with percutaneous vertebroplasty or curettage combined with per-

cutaneous vertebroplasty from January 2019 to March 2021. 15 patients in the observation group were treated with curettage combined with percutaneous vertebroplasty. 20 patients in the control group were treated with PVP. Visual analog scale (VAS) score, Oswestry disability index (ODI), vertebral anterior margin height and Cobb angle were compared between the two groups before surgery, on the third day after surgery and 3 months after surgery. The filling, leakage, distribution and related complica-

基金项目:国家自然科学基金面上项目(82074463)

¹ 北京中医药大学(北京,100105)

² 北京市丰台中西医结合医院

³ 清华大学中西医结合医院

⁴ 北京中医药大学东直门医院

△通信作者 E-mail:leery_5566@163.com

tions of bone cement were observed during and after operation. **Results:** There was statistically significant difference in the amount of bone cement injection between the observation group and the control group ($P < 0.05$). There were 2 cases of bone cement leakage in the observation group, including 1 case of prevertebral cement leakage and 1 case of upper endplate leakage, and 1 case of prevertebral leakage in the control group. There was no significant difference in bone cement leakage rate between the observation group and the control group ($P > 0.05$). VAS score, ODI, anterior vertebral height and Cobb angle in two groups were improved on the third day after surgery compared with those before surgery ($P < 0.05$). There were no significant differences was found in VAS score, ODI, anterior vertebral height and Cobb angle between the observation group and the control group 3 d after surgery ($P > 0.05$). There was no significant difference in the indexes between 3 months after operation and 3 d after operation ($P > 0.05$). It was showed in 11 patients by postoperative X-ray that the dispersion type of bone cement distribution, and the mass type was showed in 4 patients in the observation group, while in the control group, the dense mass type was showed in 13 patients, and the dispersion type was showed in 7 patients, the difference was statistically significant ($P < 0.05$). **Conclusion:** Compared with PVP alone, there is no significant difference in relieving patients' back pain, improving function, recovering kyphosis and vertebral height between curette and PVP. However, the use of curette allows the cement to disperse more fully within the vertebrae. Further studies are needed to determine whether this can help reduce the long-term vertebral collapse.

Keywords: Kummell's disease; percutaneous vertebroplasty (PVP); curette; bone cement distribution; bone cement leakage; osteoporotic vertebral compression fractures (OVCF); intravertebral vacuum cleft (IVC)

Kummell 病又称椎体内缺血性骨坏死^[1], 临床表现为脊柱受到损伤数周至数月后出现迟发且逐渐加重的腰背部疼痛及脊柱的后凸畸形^[2-3]。影像特点为 X 线及 CT 可见椎体真空裂隙征 (Intravertebral Vacuum Cleft, IVC) 及裂隙内骨折断端硬化征象^[4]。Kummell 病临床上多采用经皮椎体成形术 (PVP) 或经皮椎体后凸成形术 (PKP) 治疗。刮匙器可刮削椎体内裂隙周围的骨质, 帮助骨水泥的填充及弥散。笔者通过对比接受 PVP 或刮匙器结合 PVP 治疗 Kummell 病患者的临床数据, 观察两种术式治疗该病的疗效, 现报告如下。

1 研究对象和方法

1.1 研究对象

本研究共纳入自 2019 年 1 月至 2021 年 3 月在本科接受单纯 PVP 或刮匙器结合 PVP 治疗的所有 Kummell 病的患者。2019 年 10 月前符合标准的患者术中均未使用刮匙器为对照组, 其余符合纳入标准且术中应用刮匙器患者编入观察组。

1.2 诊断标准

临床可结合患者的病史、症状、体征、影像学检查加以诊断: 1) 有受伤史, 且逐渐出现顽固性腰背部疼痛, 体位改变时加重; 2) X 线片可见伤椎“楔形变”, 或见空腔形成; 3) CT 显示责任椎体 IVC 形成; 4) MRI 上见 T_1WI 呈低信号, T_2WI 呈高信号或混合信号。

1.3 纳入标准

1) 符合上述诊断标准; 2) 年龄 ≥ 55 岁; 3) 腰椎双能 X 线骨密度 T 值 $\leq -2.5SD$; 4) 经保守治疗无明显缓解; 5) 无脊髓神经损伤表现。

1.4 排除标准

1) 有明确手术禁忌证患者; 2) 骨折椎体内感染、结核或肿瘤患者; 3) 椎体压缩高度 $> 70\%$ 者; 4) 怀疑或确

认合并有脊髓神经损伤者。

1.5 方法

1.5.1 治疗方法 手术取俯卧位, C 臂机下应用体表定位器透视获取伤椎椎弓根入针点并标记, 常规消毒铺巾后, 1% 利多卡因局部麻醉, 于标记处行长约 0.5 cm 切口, 结合术前影像学资料, 在透视下适当调整穿刺方向, 将带芯穿刺针置入椎体裂隙区域。观察组: 穿刺成功后, 拔出针芯, 置入导针, 应用扩张套筒及工作套件建立工作通道; 刮匙器沿工作通道进入到椎体内, 透视下调整刮匙头端角度刮削椎体裂隙周边 (硬化带) 骨质, 从而辅助形成并扩大空腔。待骨水泥至拉丝状后, 透视下将骨水泥分次注入椎体内。待骨水泥填充满意充分凝固后旋转退出骨水泥填充套管及工作套管, 缝合切口, 骨水泥注入量一般为 3~8 mL。对照组: 穿刺成功后应用工作套件建立工作通道。将处于拉丝状的骨水泥分次注入椎体, 透视见填充满意或有见骨水泥渗漏时停止推注。术中需密切观察患者生命指征, 若发生骨水泥渗漏即停止推注, 待骨水完全凝固后旋转退出工作套件并缝合切口。次日可带支具或腰围下床适当活动, 同时应用规范的抗骨质疏松治疗。手术均采用上海凯利泰医疗科技股份有限公司生产的椎体成形系统。

1.5.2 疗效评定方法 1) 围手术期相关指标: 记录手术节段、骨水泥注入量、骨水泥渗漏情况及分布情况。2) 疼痛和生活质量评估: 分别于术前、术后 3 d、术后 3 个月进行随访评分, 应用视觉模拟评分法 (VAS) 评估患者疼痛程度, 应用 Oswestry 功能障碍指数 (ODI) 评估患者的生活能力情况, 通过椎体 X 线片测量伤椎椎体前缘高度及 Cobb 角的改变。骨水泥分布类型均由两名高年资医师观察术后脊柱正、侧位 X 线后评判,

将分布类型分为致密团块型和弥散型,团块形骨水泥呈团块状、致密牢固且边缘光滑,弥散型骨水泥则沿骨小梁间隙呈蜂窝或海绵状分布。对于评判结果不同的病例由第三名医师辅助判别。

1.6 统计学方法

采用 SPSS25.0 统计软件对所得数据进行统计处理,不符合正态分布的计量资料以中位数(P25~P75)表示,符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组内比较使用重复测量方差分析,组间比较(年龄、骨密度、VAS 评分、ODI、椎体前缘高度及 Cobb 角)使用两独立样本 t 检验或非参数检验;计数资料(性别、伤椎节段分布、骨水泥渗漏位置分布、骨水泥分布类型)比较

使用 χ^2 检验,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 一般资料

纳入研究的患者共 35 例,其中 15 例患者应用刮匙器结合经皮椎体成形术治疗,为观察组;20 例患者采取经皮椎体成形术(PVP)治疗,为对照组。两组患者基线资料比较见表 1,术前的疼痛 VAS 评分为 (7.35 ± 0.81) 分,ODI 为 $63.45\% \pm 7.41\%$,椎体前缘高度为 (21.50 ± 3.28) mm, Cobb 角为 $10.79^\circ \pm 4.13^\circ$ 。两组年龄、VAS 评分、ODI、伤椎分布、椎体前缘高度、Cobb 角等情况比较差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。

表 1 两组患者基线资料比较

组别	性别		年龄/岁 ($\bar{x} \pm s$)	骨折椎体/例					
	男/例	女/例		T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	L ₁	L ₂	L ₃
观察组	2	13	69.93±7.10	0	3	7	4	1	0
对照组	2	18	72.65±7.21	1	3	8	4	3	1
统计检验值	$\chi^2=0.094$		$F=0.037$			$Z=-0.456$			
P	0.759		0.275			0.648			

2.2 统计结果

35 例患者均顺利完成手术并获得随访,术中未出现脊髓及大动脉损伤,无肺栓塞、骨水泥反应等手术并发症发生。随访 3 个月内,患者均无骨水泥松动或移位、伤椎塌陷及再骨折、邻近椎体骨折等。骨水泥注入量观察组与对照组差异有统计学意义($P<0.05$)。

两组患者手术后骨水泥弥散情况及渗漏情况见表 2。术中观察组有 2 例骨水泥渗漏发生,椎体前渗漏 1 例,出现上终板渗漏 1 例;对照组 1 例出现椎体前骨水泥渗漏,均未出现严重临床症状。渗漏率观察组与对照组相比,差异无统计学意义($\chi^2=0.76, P=0.383$)。术后 X 线显示观察组 11 例患者骨水泥分布均呈弥散型,4 例呈团块型;对照组中 7 例呈弥散型,13 例呈团块型,差异有统计学意义($P<0.05$)。

表 2 两组患者骨水泥弥散情况及渗漏情况(例)

组别	弥散程度		渗漏情况	
	弥散型	团块型	有渗漏	无渗漏
观察组	11	4	2	13
对照组	7	13	1	19
χ^2	5.042		0.760	
P	0.025		0.383	

观察组与对照组术后第 3 天的疼痛 VAS 评分、ODI、椎体前缘高度、Cobb 角较术前均明显改善,差异有统计学意义($P<0.05$);而末次随访时的疼痛 VAS 评分、ODI、椎体前缘高度、Cobb 角与术后第 3 天比较差异无统计学意义($P>0.05$)。观察组术后第 3 天、术后 3 个月随访时 VAS 评分、ODI、椎体前缘高度值及 Cobb 角较对照组差异无统计学意义($P>0.05$),见表 3—表 5。

表 3 两组手术前后 VAS 评分比较(P25~P75)

组别	例数/例	术前/分	术后第 3 天/分	术后 3 个月/分	F	P
观察组	15	7(7~8)	3(2~3)	2(1~2)	334.838	<0.001
对照组	20	7(7~8)	3(2~3)	2(1~3)		
Z		-0.266	-0.806	-0.052	$F^\# = 0.352$	$P^\# = 0.706$
P		0.790	0.420	0.958		

注:VAS 评分为非正态分布,采用非参数检验;# 交互效应的 F 值和 P 值。

表 4 两组手术前后 ODI 比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数/例	术前/%	术后第 3 天/%	术后 3 个月/%	F	P
观察组	15	63.52±7.43 ¹⁾	42.00±3.58 ²⁾	34.68±4.64 ²⁾	603.247	<0.001
对照组	20	63.45±7.41 ¹⁾	41.40±5.78 ²⁾	34.04±5.78 ²⁾		
t		0.028	0.354	0.352	$F^\# = 0.067$	$P^\# = 0.914$
P		0.978	0.726	0.727		

注:1)术前与术后比较, $P<0.05$;2)术后第 3 天与术后 3 个月比较, $P>0.05$;# 交互效应的 F 值和 P 值。

表 5 两组手术前后伤椎椎体前缘高度及椎体后凸 Cobb 角的比较(±s)

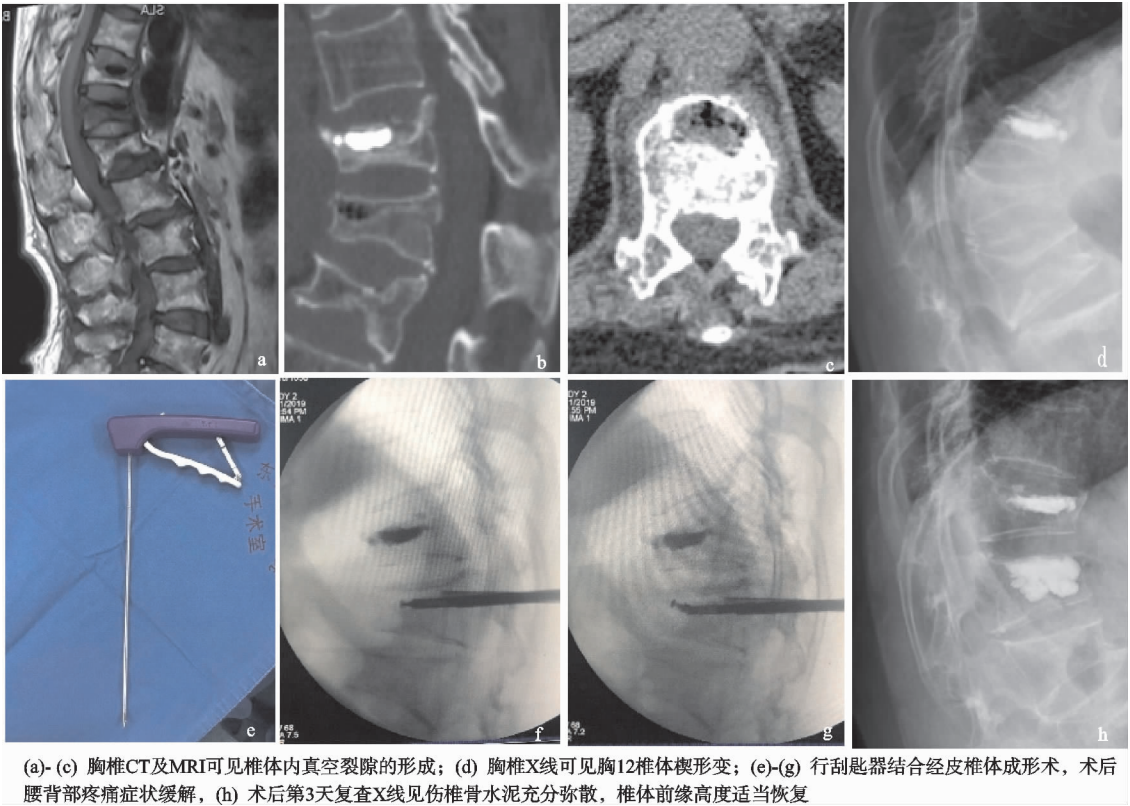
组别	例数/例	术前		术后第 3 天	
		椎体前缘高度/mm	Cobb 角/(°)	椎体前缘高度/mm	Cobb 角/(°)
观察组	15	20.01±6.33 ¹⁾	12.72±3.93 ¹⁾	21.56±5.75 ²⁾	11.05±3.61 ²⁾
对照组	20	21.50±3.28 ¹⁾	10.79±4.13 ¹⁾	22.45±3.28 ²⁾	9.26±3.92 ²⁾
<i>t</i>		0.83	1.401	0.576	1.38
<i>P</i>		0.416	0.171	0.568	0.177

组别	例数/例	术后 3 个月		<i>F</i>		<i>P</i>	
		椎体前缘高度/mm	Cobb 角/(°)	椎体前缘高度	Cobb 角	椎体前缘高度	Cobb 角
观察组	15	21.56±5.75 ²⁾	11.10±3.63 ²⁾	17.737	14.899	<0.001	<0.001
对照组	20	22.45±3.28 ²⁾	9.30±3.94 ²⁾				
<i>t</i>		0.579	1.385	<i>F</i> [#] =0.840	<i>F</i> [#] =0.173	<i>P</i> [#] =0.441	<i>P</i> [#] =0.842
<i>P</i>		0.566	0.175				

注:1)术前与术后比较, $P<0.05$;2)术后第 3 天与术后 3 个月比较, $P>0.05$;# 交互效应的 F 值和 P 值。

2.3 典型病例

典型病例影像资料见图 1—图 6。



(a)-(c) 胸椎CT及MRI可见椎体内真空裂隙的形成;(d) 胸椎X线可见胸12椎体楔形变;(e)-(g) 行刮匙器结合经皮椎体成形术, 术后腰背部疼痛症状缓解,(h) 术后第3天复查X线见伤椎骨水泥充分弥散, 椎体前缘高度适当恢复

图 1 患者,女,70 岁,因“腰背部疼痛伴活动受限 1 个月”于 2019 年 12 月 11 日入院,入院见活动受限,不能平躺,不伴双下肢外侧放射痛

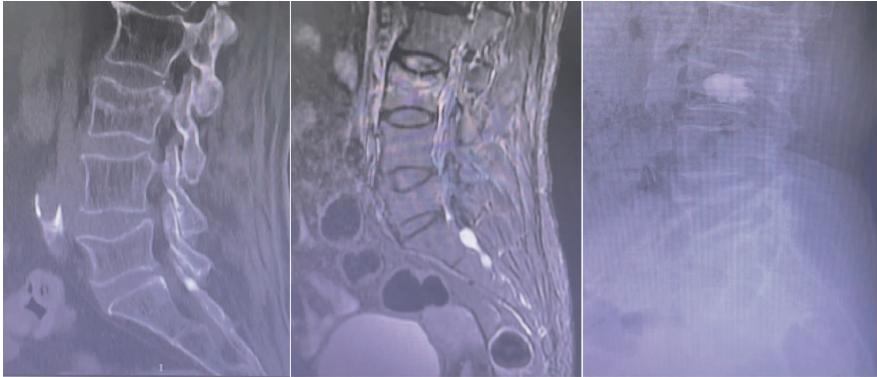


图 2 观察组患者 L₃ 椎体可见真空裂隙征,术后呈弥散型

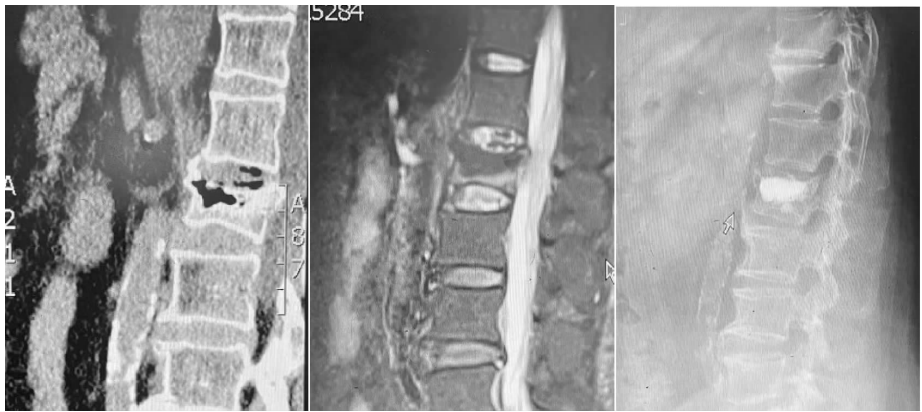


图 3 观察组患者 L₂ 椎体可见真空裂隙征,术后呈弥散型

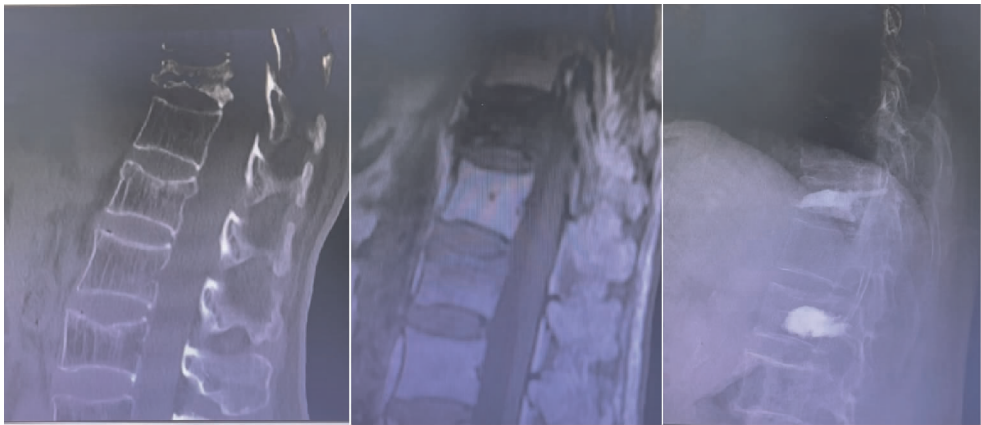


图 4 对照组患者 T₁₁ 椎体骨折,术后呈团块型

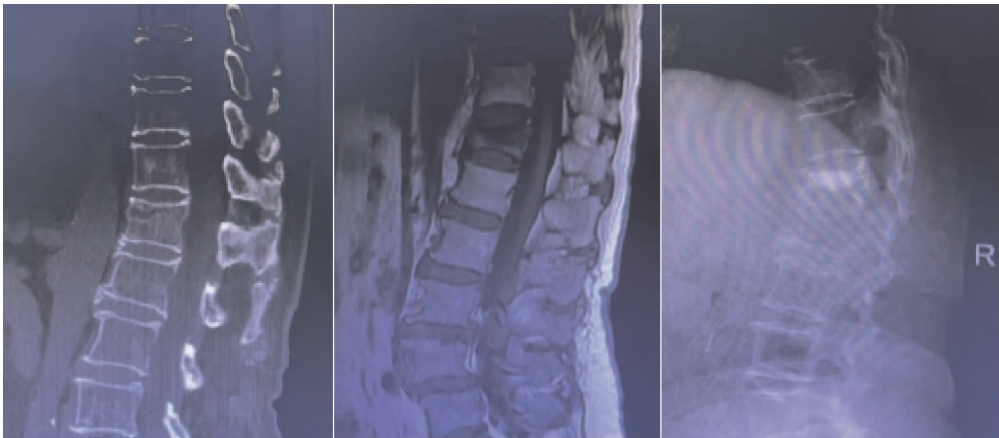


图 5 对照组患者 T₁₂ 椎体骨折,术后呈团块型



图 6 对照组患者 L₁ 椎体骨折,术后呈团块型

3 讨论

3.1 Kummell 病的诊治及刮匙器应用特点

Kummell 病的发病机制和诊断尚不明确,但随着影像学评价椎体状态的进步,特别是在 MRI 普及后,该病被更多的认识。临床诊断主要依靠病史、症状、体征及影像学检查,其主要特点是:有轻度外伤史或无外伤史,经过一段时间轻微症状或无症状期,至数周或数月后出现椎体压缩性骨折,同时伴逐渐加重的疼痛及脊柱后凸畸形,其典型影像学表现为椎体内真空裂隙征^[5-6]。Kummell 病发病机制目前尚有争议,主要有椎体供血不足致缺血性坏死观点^[7]以及骨质疏松性椎体压缩性骨折后椎体内假关节形成观点^[8]。Kummell 病病情多逐渐进展,后期出现慢性腰背部疼痛,显著的椎体塌陷和逐渐加重的脊柱后凸畸形,与普通骨质疏松性椎体压缩骨折相比,有更高的神经损伤发生风险。由于通常情况下保守治疗效果不佳,且有疾病进展并增加迟发性神经损伤的风险,因此多数外科医师建议积极进行手术干预来避免进一步损伤的发生。因 Kummel 病患者多为老年人,难以耐受开放手术,而椎体成形具有创伤小、疼痛轻、恢复快等优势,故临床上 I、II 期 Kummell 病患者多采用 PVP、PKP 治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折(OVCF)^[9],III 期患者伴明显椎管内不稳定应采取开放手术治疗^[10]。已有研究表明由于 Kummell 病 IVC 的存在,骨水泥难以完全弥散至椎体裂隙内,从而不易有效固定椎体微骨折,导致残余腰背疼痛^[11]。Kummell 病椎体裂隙周围主要为坏死硬化骨或纤维软骨,骨水泥在裂隙内分布多呈团块状,难以与周围松质骨充分结合,容易导致骨水泥的松动,并且对周围的松质骨产生的应力易导致远期椎体塌陷的发生,进一步影响了伤椎的稳定性^[12]。因此,剥离椎体裂隙周围硬化的骨质可使得骨水泥充分向周围骨小梁间隙内填充。术中所采用的刮匙器可以多角度在椎体内刮削硬化的骨组织,骨水泥逐渐填充并弥散至周边松质骨内形成紧密结合,增加了稳定性。

3.2 研究结果分析

本研究根据 Tanigawa 等^[13]的分组方式,通过对术后 X 线片及 CT 判读,将骨水泥在椎体内分布形态分为致密团块型和弥散型。对于刮匙器结合 PVP 治疗 Kummell 病临床疗效,本研究结果显示,观察组发生骨水泥渗漏 2 例,对照组发生 1 例;观察组骨水泥渗漏率较对照组差异无统计学意义。观察组与对照组术后第 3 天的 VAS 评分、ODI、椎体前缘高度、Cobb 角较术前均有显著改善,差异有统计学意义;而观察组术后第 3 天、术后 3 个月随访时各观察指标与对照组比较差异无统计学意义。Xia 等^[11]认为骨水泥注入量和疼痛缓解程度正相关。笔者的研究结果提示观察组与

较对照组骨水泥填充量多,两组患者术后疼痛均明显缓解,这说明应用刮匙器可以扩大椎体内空腔,使得骨水泥充分填充。通过对比患者随访影像资料,笔者发现使用刮匙器病例椎体内骨水泥边缘较对照组更加不规则,呈弥散型。此次研究中笔者发现在未行球囊撑开情况下多例患者椎体前缘高度及后凸畸形也有显著改善,其原因可能与手术前仰卧位及术中俯卧位时自发性复位有关^[14]。

3.3 不同手术方式的疗效探讨

PKP 手术由于可以较大程度恢复椎体高度,矫正后凸畸形,降低骨水泥渗漏率,因此受到广大医者的青睐,但也有研究者认为^[15]:虽然 PKP 治疗 Kummell 病具有稳定和止痛的作用,但它可能与邻近骨折的发展和后凸加重有关。Wang 等^[16]认为:尽管 PVP 修复脊柱后凸畸形的能力有限,且无法控制高压注射的可能性,但它可能比球囊后凸成形术更为有利,因为可以在 Kummell 病中形成一个致密的骨水泥小梁样结构,散布在整个椎体的骨小梁间隙中。相较于 PKP 手术,PVP 手术优势在于价格低廉,患者易于接受,但对于 Kummell 病患者,两种术式都存在骨水泥弥散不佳的弊端。Liang 等^[17]认为骨水泥弥散不佳会增加周围未填充区域松质骨的应力,也可能是导致 PVP 术后出现术椎再塌陷的危险因素。相较于单纯行 PVP 手术,刮匙器结合 PVP 手术使得骨水泥弥散充分,减少了远期伤椎的再塌陷风险。但由于随着骨水泥弥散更加充分带来的渗漏风险,对手术的操作也提出了更高要求。影响骨水泥渗漏的因素是多样的^[18]:1)骨水泥注入部位;2)骨水泥注入时间;3)骨水泥注入量;4)操作技术。通过术前完善 X 线、CT、MRI 等相关检查,明确骨折分型,排除手术禁忌证,制定合适的手术方案,把握骨水泥填充时间等措施来减少骨水泥渗漏风险。

综上所述,刮匙器结合 PVP 治疗 Kummell 病可以减轻疼痛,一定程度上恢复椎体高度,增加椎体稳定性,防止伤椎后凸畸形进一步加重,改善患者生活质量,同时具有使骨水泥充分弥散的优点。但由于本研究样本量较少,观察时间尚短,远期疗效及骨折椎体再塌陷等相关并发症还需进一步观察,同时对于刮匙器结合 PKP 的应用效果也有待进一步研究。

参考文献

- [1] STEEL H H. Kümmell's disease[J]. American Journal of Surgery,1951,81(2):161-167.
- [2] MA R, CHOW R, SHEN F. Kummell's disease: delayed post-traumatic osteonecrosis of the vertebral body[J]. European Spine Journal,2010,19(7):1065-1070.
- [3] VAN DER SCHAAF I, FRANSEN H. Percutaneous vertebroplasty as treatment for Kummell's disease[J]. JBR-BTR. Mar-Apr,2009,92(2):83-85.

- [4] HUR W, CHOI S S, LEE M, et al. Spontaneous vertebral reduction during the procedure of kyphoplasty in a patient with kummell's disease[J]. The Korean Journal of Pain, 2011, 24(4): 231-234.
- [5] LIM J, CHOI S, YOUM J, et al. Posttraumatic delayed vertebral collapse; kummell's disease[J]. Journal of Korean Neurosurgical Society, 2018, 61(1): 1-9.
- [6] CHONGYAN W, ZHANG X, LI S, et al. Mechanism of formation of intravertebral clefts in osteoporotic vertebral compression fractures: an in vitro biomechanical study[J]. The Spine Journal: Official Journal of the North American Spine Society, 2018, 18(12): 2297-2301.
- [7] KIM Y, KIM Y, HA K. Pathomechanism of intravertebral clefts in osteoporotic compression fractures of the spine[J]. The Spine Journal: Official Journal of the North American Spine Society, 2014, 14(4): 659-666.
- [8] KIM D, LEE S, JANG J, et al. Intravertebral vacuum phenomenon in osteoporotic compression fracture: report of 67 cases with quantitative evaluation of intravertebral instability[J]. Journal of Neurosurgery, 2004, 100(1): 24-31.
- [9] MCCONNELL C, WIPPOLD F, RAY C, et al. ACR appropriateness criteria management of vertebral compression fractures[J]. Journal of the American College of Radiology, 2014, 11(8): 757-763.
- [10] ZHANG C, WANG G, LIU X, et al. Failed percutaneous kyphoplasty in treatment of stage 3 Kummell disease: a case report and literature review[J]. Medicine, 2017, 96(47): e8895.
- [11] XIA Y, CHEN F, ZHANG L, et al. Percutaneous kyphoplasty treatment evaluation for patients with Kummell disease based on a two-year follow-up[J]. Experimental and Therapeutic Medicine, 2018, 16(4): 3617-3622.
- [12] 薛武祥, 魏桂财, 郑忠. 骨水泥椎弓根附近锚定技术在椎体成形术中的应用 21 例[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2020, 28(5): 76-80.
- [13] TANIGAWA N, KOMEMUSHI A, KARIYA S, et al. Relationship between cement distribution pattern and new compression fracture after percutaneous vertebroplasty[J]. American Journal of Roentgenology, 2007, 189(6): 348-352.
- [14] 石华刚, 熊小明, 邓轩赓, 等. 经皮椎体成形术及后凸成形术治疗 Kummell 病的疗效分析[J]. 中国矫形外科杂志, 2017, 25(3): 278-281.
- [15] KIM P, KIM S. Balloon kyphoplasty: an effective treatment for Kummell disease? [J]. Korean Journal of Spine, 2016, 13(3): 102-106.
- [16] WANG H, KIM H, JU C, et al. Delayed bone cement displacement following balloon kyphoplasty[J]. Journal of Korean Neurosurgical Society, 2008, 43(4): 212-214.
- [17] LIANG D, YE L, JIANG X, et al. Biomechanical effects of cement distribution in the fractured area on osteoporotic vertebral compression fractures: a three-dimensional finite element analysis[J]. The Journal of Surgical Research, 2015, 195(1): 246-256.
- [18] 路文超, 王宇鹏, 湛川. 椎体后凸成形治疗 Kummell 病过程中发生的骨水泥渗漏[J]. 中国组织工程研究, 2019, 23(2): 172-177.

(收稿日期: 2021-10-07)

(上接第 13 页)

- [24] 周游, 廖俊城, 曾子腾, 等. 针刺肌筋膜疼痛触发点联合肌肉牵张治疗早中期膝骨关节炎[J]. 中医正骨, 2018, 30(10): 40-44.
- [25] LEE J H, LEE S, CHOI S, et al. The effects of extracorporeal shock wave therapy on the pain and function of patients with degenerative knee arthritis[J]. J Phys Ther Sci, 2017, 29(3): 536-538.
- [26] SCHMITZ C, CSASZAR N B, MILZ S, et al. Efficacy and safety of extracorporeal shock wave therapy for orthopedic conditions: a systematic review on studies listed in the PEDro database[J]. Br Med Bull, 2015, 116(1): 115-138.
- [27] WANG C J, CHENG J H, HUANG C Y, et al. Medial tibial subchondral bone is the key target for extracorporeal shock wave therapy in early osteoarthritis of the knee[J]. Am J Transl Res, 2017, 9(4): 1720-1731.
- [28] LI W, PAN Y, YANG Q, et al. Extracorporeal shock wave therapy for the treatment of knee osteoarthritis: a retrospective study[J]. Medicine(Baltimore), 2018, 97(27): e11418.
- [29] WANG C J, CHENG J H, CHOU W Y, et al. Changes of articular cartilage and subchondral bone after extracorporeal shock wave therapy in osteoarthritis of the knee[J]. Int J Med Sci, 2017, 14(3): 213-223.
- [30] ONDRESIK M, MAIA F R, AMORAIS A D S, et al. Management of knee osteoarthritis: current status and future trends[J]. Biotechnol Bioeng, 2017, 114(4): 717-739.

(收稿日期: 2021-05-01)