

# 骨水泥的弥散情况对经皮椎体成形的疗效影响

何奇龙<sup>1</sup> 陈荣彬<sup>2</sup> 李勇<sup>2△</sup>

**[摘要]** **目的:**探讨经皮椎体成形术(PVP)中骨水泥在椎体骨折线内的弥散情况对临床疗效的影响。**方法:**回顾性研究 2012 年 1 月至 2016 年 8 月因骨质疏松性椎体压缩骨折(OVCF)在本院住院行单节段 PVP 治疗的患者 57 例。根据骨水泥在椎体骨折线内的弥散情况分为 A 组(27 例):骨水泥在骨折线内充分弥散,B 组(30 例):骨水泥在骨折线内弥散不佳。将两组间的术前、术后 3d 及末次随访时的 VAS 评分及 JOA 评分及后凸 Cobb 角等指标进行对比分析。**结果:**两组患者术后 3 d 的 VAS 评分及 JOA 评分及后凸 Cobb 角均较术前明显改善,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),A 组的 VAS 评分及 JOA 评分改善程度优于 B 组,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),A 组后凸 Cobb 角纠正丢失量显著小于 B 组,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),A 组术椎再塌陷率为 7.4%(2/27),B 组术椎再塌陷率为 36.7%(11/30),差异具有统计学意义( $P<0.05$ )。**结论:**PVP 中骨水泥在椎体骨折线内弥散不佳会影响手术的近期疗效,也可能是导致 PVP 术后出现术椎再塌陷的危险因素。

**[关键词]** 经皮椎体成形术;骨水泥弥散情况;骨折线;疗效

**[中图分类号]** R687.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0205(2018)06-0051-05

## The Effect of Distribution of Bone Cement on the Outcome of Percutaneous Vertebroplasty

HE Qilong<sup>1</sup> CHEN Rongbin<sup>2</sup> LI Yong<sup>2△</sup>

<sup>1</sup>Guangzhou University of Traditional Chinese Medicine, Guangzhou 510405, China;

<sup>2</sup>Zhuhai Branch of Guangdong Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Zhuhai 519015, Guangdong China.

**Abstract Objective:** To investigate the effect of the distribution of bone cement in the vertebral fracture line in percutaneous vertebroplasty(PVP). **Methods:** Retrospective study of 57 patients with single-segment PVP in our hospital due to osteoporotic vertebral compression fracture (OVCF) was performed from January 2012 to August 2016. According to the distribution of bone cement in the vertebral fracture line, it was divided into group A (27 cases): bone cement was well dispersed within the fracture line, and group B (30 cases): bone cement was not well dispersed within the fracture line. The VAS scores, JOA scores and kyphotic Cobb angles were compared between the two groups before and 3 days after surgery and at the last follow-up. **Results:** The VAS score, JOA score and kyphotic Cobb angle were significantly improved. The improvement of VAS score and JOA score was better in group A than those in group B ( $P<0.05$ ). The loss of Cobb angle of group A was significantly less than that of group B ( $P<0.05$ ). The collapse rate was 7.4%(2/27) in group A and 36.7%(11/30) in group B. The difference between the two groups was statistically significant ( $P<0.05$ ). **Conclusions:** The poor distribution of cement in PVP in the vertebral fracture line may affect the short-term efficacy of surgery, and may also be a risk factor for PVP recurrence after operation.

**Keywords:** percutaneous vertebroplasty; distribution of bone cement; fracture line; effect

随着人口的老龄化,骨质疏松症及骨质疏松性

椎体压缩骨折(Osteoporosis Vertebral Compression Fracture, OVCF)逐渐成为困扰老年人健康的常见疾病。经皮椎体成形术(Percutaneous Vertebroplasty, PVP)是目前治疗 OVCF 常用的手术方式之一,通过椎弓根向椎体内注入骨水泥以强化椎体,同时使骨

<sup>1</sup> 广州中医药大学(广州,510405)

<sup>2</sup> 广东省中医院珠海医院

△通信作者 E-mail: lyzhuhai666@126.com

水泥在骨折线内充分弥散以稳定骨折,达到缓解疼痛、恢复椎体高度、纠正脊柱后凸畸形等目的<sup>[1,2]</sup>。然而部分患者术后存在止痛效果欠佳、椎体再塌陷等并发症<sup>[3,4]</sup>,目前对于影响 PVP 临床疗效的因素尚不完全明确<sup>[5-7]</sup>,而骨水泥在骨折线内的弥散情况可能是影响 PVP 疗效的重要因素,而既往相关文献报道较少。本研究通过回顾性研究探讨 PVP 术中骨水泥在椎体骨折线内的弥散情况对临床疗效的影响,现报告如下。

## 1 研究对象与方法

### 1.1 研究对象

2012 年 1 月至 2016 年 8 月在广东省中医院骨科住院诊断为骨质疏松性椎体压缩骨折并行单节段 PVP 治疗的患者。

### 1.2 诊断标准

采用《中国骨质疏松性骨折诊疗指南》<sup>[8]</sup>规定的诊断标准:1)轻微外伤后出现持续腰背、胸背部,可伴胸肋部痛;2)胸腰部活动受限,骨折责任椎压痛、叩击痛;3)X 线片提示椎体有楔形变或“双凹征”,MRI 提示椎体 T1WI 为低信号、T2WI 为高信号,抑脂序列呈高信号。

### 1.3 纳入标准

1)符合上述诊断标准;2)无椎弓根及椎体后壁骨折、无脊髓或神经根受损的症状或体征者;3)术前、术后及随访时影像学及临床资料齐全者。

### 1.4 排除标准

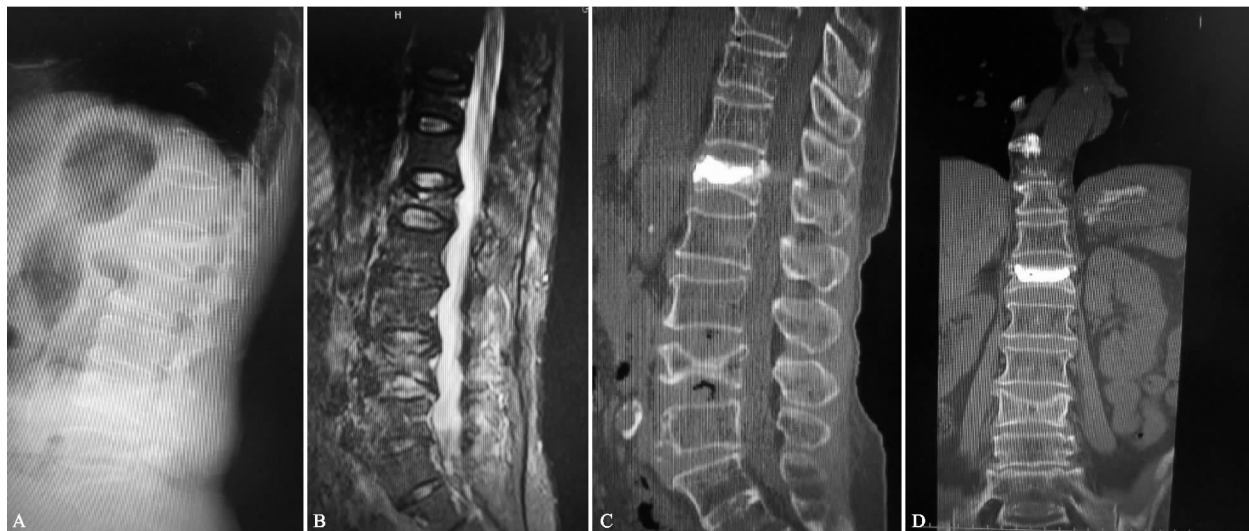
1)多节段胸腰椎 OVCF 并同时行 PVP 或脊柱内固定等其他手术治疗者;2)各种脊柱爆裂骨折,病理性骨折(指肿瘤、感染、结核等导致的骨折);3)长期服用糖皮质激素者;4)有相关 PVP 手术禁忌症;5)术后无

复查手术椎体三维 CT 者。

### 1.5 方法

**1.5.1 治疗方法** 患者采取俯卧位,胸骨柄以及髂前上棘水平垫置横枕,以伤椎为中心调整腰桥为过伸位使椎体复位,C 臂机透视定位伤椎椎弓根体表投影并做标记。消毒铺巾后,1%利多卡因作局部全层麻醉,在标记点取 5 mm 切口,X 线引导下由正位椎弓根的外上方与矢状面成约 15°夹角进行经皮穿刺,穿刺针通过单侧或双侧椎弓根,深度达椎体中前 1/3。确认穿刺针位置良好后,去除针芯。调制 PMMA 骨水泥至粘稠状态,在正、侧位 X 线间断透视监控下用直开口或侧开口的推注器注入伤椎,X 线透视见骨水泥沿骨小梁间隙浸润,边缘毛刺状至骨皮质为止,若发现骨水泥浸润至椎体后缘或向椎体外渗漏则立即停止推注,骨水泥完全硬化后,拔出穿刺针<sup>[2]</sup>。术后次日佩戴腰围或支具下地行走,术后 3 d 内复查 X 线片、三维 CT,术后 3~5 d 后出院,继续抗骨质疏松药物治疗,加强宣教及嘱定期门诊随访,复查 X 线片。

**1.5.2 分组方法** 根据术前三维 CT 和 MRI 判断椎体骨折线的位置及具体走向,参考术后 X 线正侧位片、三维 CT,将骨水泥在骨折线内充盈情况分为骨水泥弥散不佳:侧位 X 线片、CT 矢状位片示骨水泥未弥散到骨折线所在位置,或者虽然侧位 X 线片、CT 矢状位片示骨水泥弥散至骨折线处,但正位 X 线片、CT 冠状位片示骨水泥在骨折线内的弥散范围小于 1/2;反之,则定义为骨水泥充分弥散<sup>[4]</sup>。所有患者骨折线的位置、骨水泥弥散的情况均由 2 名副高级职称以上的医师协商后得出最终的评定,将患者分成两组,A 组 27 例:骨水泥在骨折线内充分弥散(见图 1),B 组 30 例:骨水泥在骨折线内弥散不佳(见图 2)。



A-B 术前腰椎X线片及腰椎 MRI 压脂像提示L<sub>1</sub>椎体压缩骨折,骨折线位于椎体上方  
C-D 术后腰椎三维CT平扫提示骨水泥在椎体骨折线内充分弥散

图1 骨水泥在骨折线内充分弥散



A-C 术前腰椎X线片及腰椎MRI提示T<sub>10</sub>椎体压缩骨折，骨折线靠近椎体上方；D 术后腰椎三维CT平扫提示骨水泥在椎体骨折线内弥散不佳

图2 骨水泥在骨折线内弥散不佳

**1.5.3 疗效评价方法** 记录手术骨水泥的注射量、术前、术后3 d及末次随访时(术后24个月以上)疼痛视觉模拟评分(VAS)、日本骨科协会(JOA)评分,计算VAS评分及JOA评分的改善程度(术前~术后3 d),测量术前、术后3 d及末次随访时后凸Cobb角,末次随访时与术后3 d后凸Cobb角之差定义为后凸Cobb角纠正丢失量,末次随访时侧位X线片术椎前缘高度较术后3 d后的降低>4 mm定义为手术椎体再塌陷,统计分析两组观察指标间的差异,并记录相关并发症。

1.6 统计学方法

全部数据采用SPSS 20.0 软件进行统计学分析。

术前、术后3 d后及末次随访时的VAS评分、JOA评分及后凸Cobb角等计量资料均以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间的结果对比采用独立样本 $t$ 检验,两组间手术椎体再塌陷等计数资料的对比采用 $\chi^2$ 检验;检验水准 $\alpha = 0.05, P < 0.05$ 差异有统计学意义。

2 结果

本研究共纳入57例患者:其中男11例,女46例;年龄53~91岁;均为胸腰椎单一椎体新鲜压缩骨折,其中T<sub>11</sub>12例,T<sub>12</sub>20例,L<sub>1</sub>12例,L<sub>2</sub>13例,手术干预时间2~40 d,术中骨水泥注射量为1.20~6.25 mL,末次随访时间为(26.622±5.454)个月,见表1。

表1 两组患者基线资料的比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	性别比 (男/女)	年龄(岁)	手术干预时间(d)	骨水泥注射量(mL)	术前VAS评分	术前JOA评分
A组	5/22	77.411±5.982	12.632±8.921	3.431±0.912	5.927±1.265	15.482±2.651
B组	6/24	75.832±8.661	9.252±5.782	3.245±1.121	5.665±1.372	16.032±2.584
检验统计量	$\chi^2=0.020$	$t=0.790$	$t=1.689$	$t=0.678$	$t=0.644$	$t=0.796$
P	0.887	0.433	0.097	0.501	0.522	0.429

两组患者术后3 d后的VAS评分及JOA评分均较术前明显改善,差异有统计学意义(见表2,  $P < 0.05$ );VAS评分及JOA评分的改善程度A组优于B组,差异有统计学意义(见表3,  $P < 0.05$ );两组患者末次随访时的VAS评分及JOA评分差异无统计学意义(见表3,  $P > 0.05$ )。两组患者术后3 d后的后凸

Cobb角较术前明显纠正,差异有统计学意义(见表2,  $P < 0.05$ );末次随访时A组后凸cobb角纠正丢失量显著小于B组,差异有统计学意义(见表3,  $P < 0.05$ );A组术椎再塌陷率为7.4%(2/27),B组术椎再塌陷率为36.7%(11/30),差异有统计学意义(见表3,  $P < 0.05$ )。

表2 两组患者术前与术后3 d组内比较( $\bar{x} \pm s$ )

项目	组别	术前	术后3 d	t	P
VAS评分	A组	5.932±1.272	1.0±0.391	19.274	<0.001
	B组	5.727±1.372	3.0±0.645	9.781	<0.001
JOA评分	A组	15.482±2.655	21.527±1.410	10.468	<0.001
	B组	16.032±2.582	19.875±1.682	6.825	<0.001
Cobb角(°)	A组	16.030±9.742	8.920±10.744	2.547	0.014
	B组	16.234±7.653	10.860±8.761	2.525	0.011

表 3 两组患者术后 3 d 的 VAS 及 JOA 评分改善程度、末次随访组间比较(  $\bar{x} \pm s$  )

组别	VAS 评分	JOA 评分	末次随访		末次随访		Cobb 角纠正 丢失量(°)
	改善程度	改善程度	VAS 评分	JOA 评分	椎体塌陷(例)	是 否	
A 组	4.926±1.263	6.044±2.487	1.0±0.883	20.932±2.131	2	25	0.358±1.211
B 组	2.724±1.112	3.832±2.185	1.267±0.692	21.0±1.513	11	19	4.713±4.227
检验统计量	$t=7.093$	$t=3.539$	$t=1.281$	$t=0.153$	$\chi^2=6.910$		$t=4.438$
P	<0.001	0.001	0.206	0.879	0.009		<0.001

3 讨论

1984 年法国医生 Galibert 等<sup>[9]</sup>首次报道运用 PVP 治疗颈椎血管瘤,此后其适应证逐渐扩展至骨质疏松性椎体压缩骨折、脊柱转移瘤及骨髓瘤等方面<sup>[10]</sup>。目前 PVP 作为治疗 OVCF 常用的微创手术方式之一,已被证实具有良好的临床疗效,能取得即时的止痛效果,达到快速康复和改善中老年患者生活质量的目的<sup>[11]</sup>。而关于 PVP 的止痛机制尚未完全明确,目前公认的主要与以下因素相关<sup>[1,4]</sup>:1)热学因素:骨水泥聚合反应时的放热作用能破坏椎体内的感觉神经末梢,阻止痛觉冲动的传导。2)化学因素:骨水泥单体的细胞毒性能引起周围神经纤维的坏死而缓解疼痛。3)机械性因素:骨水泥在椎体内弥散,固定微骨折,增加伤椎的强度、刚度及稳定性,减少椎体的轴向应力及骨折处的微动对周围骨膜及骨间感觉神经末梢的刺激,从而减轻疼痛。然而部分患者术后仍会存在止痛效果欠佳、后凸畸形进行性加重等严重并发症,目前对于 PVP 临床疗效的影响因素尚不完全明确。李楠等<sup>[5]</sup>报道骨水泥分布状态是影响 PVP 手术疗效的关键因素,而与骨水泥用量无关。Liang 等<sup>[12,13]</sup>研究发现,骨水泥分布不均会增加周围未填充区域松质骨的应力,导致手术椎体再次塌陷。韦武等<sup>[14]</sup>也报道,骨水泥填充不佳会影响椎体成形术后疼痛的缓解。然而目前关于骨水泥在椎体骨折线内弥散情况对疗效的影响相关研究较少,且缺乏长期随访的研究。既往的研究已证实,骨水泥注入椎体内能迅速增加椎体的刚度和硬度,对椎体内微骨折起着固定作用,减少骨小梁间的微动及位移。根据骨折内固定的原则,骨水泥只有在椎体骨折线内充分弥散,才能充分发挥其内固定的作用,因此笔者认为骨水泥在骨折线内的弥散情况很可能是影响 PVP 疗效的重要因素。

本研究根据术前 CT 或 MRI 评估椎体骨折线的位置,参考术后 X 线或 CT 判断骨水泥在椎体骨折线内的弥散情况,将患者分成 2 组:A 组,骨水泥在骨折线内充分弥散;B 组,骨水泥在骨折线内弥散不佳。A 组术后 3 d 后 VAS 评分及 JOA 评分的改善程度要优于 B 组,而末次随访时两者的组间差异无统计学意义( $P>0.05$ ),其原因可能在于骨水泥充分在骨折线内弥散,对伤椎骨小梁的微骨折起着粘合、铆定的作用,

减少了骨折的微动,减少了对感觉神经末梢的刺激,从而减轻疼痛。而对于骨水泥在椎体骨折内线弥散不佳的患者,骨折间仍存在微动,刺激周围的感觉神经末梢,这可能是导致术后近期疗效相对较差的因素。随着椎体内骨小梁的微骨折达到骨性愈合,对周围神经末梢的刺激减少,故两组间末次随访时的 VAS 评分及 JOA 评分差异无统计学意义( $P>0.05$ )。由此可以推断,骨水泥在椎体骨折线内的弥散情况可能是影响 PVP 早期临床疗效的主要因素之一。

同时,笔者发现末次随访时 B 组手术椎体再塌陷率及后凸 cobb 角纠正丢失量均显著大于 A 组,差异有统计学意义( $P<0.05$ )。由此可见,虽然 PVP 可以通过术中骨水泥注射时向外的压力及术中采用过伸体位复位的联合作用,一定程度上恢复椎体的高度、纠正局部后凸畸形<sup>[15]</sup>,但如果骨水泥在骨折线内弥散欠佳,不能有效的耦合微骨折块,达不到良好的固定作用,术后微骨折块间仍存在位移,从而导致后凸 Cobb 角纠正渐进性丢失,甚至出现椎体再塌陷。

本研究中也发现,骨水泥弥散不佳组骨折线多为分布于椎体上方,靠近椎体上终板,而 PVP 术中穿刺针常规到达的位置为椎体的前下 1/3,导致骨水泥注射部位远离骨折线区域,这可能也是骨水泥在骨折线内弥散欠佳的影响因素之一。因此,为了使骨水泥能在椎体骨折线内充分弥散,改善手术的疗效,结合笔者的经验提出以下几点建议:1)术前规划穿刺角度:根据术前 CT 重建及 MRI 准确判断椎体骨折线的位置、具体走向,测量穿刺针与矢状面及水平面的夹角。2)靶向穿刺:根据术前测量的理想穿刺角度,术中尽量将穿刺针精准置入到椎体骨折线分布区域。3)穿刺方式:建议手术均选择经双侧椎弓根穿刺,以利于术中灵活调整穿刺的角度,使骨水泥能在椎体及骨折线内充分弥散。4)选择合适的骨水泥推注器:当穿刺针位置欠佳时,为方便调整骨水泥的充盈方向,可使用侧开口的骨水泥推注器,或搭配使用可弯曲椎体成形器,使骨水泥在骨折线内得以充分弥散。

综上所述,骨水泥在椎体骨折线内弥散不佳会影响 PVP 的近期疗效,也可能是导致术后出现术椎再塌陷的危险因素。但本研究仅为回顾性病例分析,存在一定的局限性:PVP 的临床疗效及术后椎体再塌陷是

多因素影响的结果,故此结论仍需通过多因素分析及前瞻性的临床研究来进一步验证。

# 参考文献

- [1] Teyssedou S,Saget M,Pries P. Kyphoplasty and vertebroplasty[J]. Orthop Traumatol Surg Res, 2014, 100(1): S169-S179.
- [2] 杨丰建,朱炯,林伟龙,等. 经皮椎体成形术和经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2011, 21(1): 50-54.
- [3] 李国洪,原超. 经皮椎体成形术并发症概述[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2013, 21(5): 69-72.
- [4] 江晓兵,莫凌,梁德,等. 骨水泥在椎体骨折线内弥散情况对椎体成形术治疗效果的影响[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2014, 24(2): 144-149.
- [5] 李楠,张贵林,何达,等. 骨水泥的分布与剂量对椎体成形术疗效影响的研究[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2015, 30(1): 66-68.
- [6] Chen LH, Hsieh MK, Liao JC, et al. Repeated percutaneous vertebroplasty for refracture of cemented vertebrae[J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2011, 131(7): 927-933.
- [7] Heo DH, Chin DK, Yoon YS, et al. Recollapse of previous vertebral compression fracture after percutaneous vertebroplasty[J]. Osteoporosis International, 2009, 20(3): 473-480.
- [8] 邱贵兴,裴福兴,胡侦明,等. 中国骨质疏松性骨折诊疗指南(全文)(骨质疏松性骨折诊断及治疗原则)[J]. 中华关

节外科杂志:电子版, 2015, 9(6): 795-798.

- [9] Galibert P, Deramond H, Rosat P, et al. Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty[J]. Neurochirurgie, 1987, 33(2): 166-168.
- [10] 杨惠林. 科学认识椎体成形术与椎体后凸成形术的临床价值[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2010, 20(6): 441-443.
- [11] 郭丹青,陈林威,于森,等. 椎体强化术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折临床疗效的 meta 分析[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2014, 22(5): 21-25.
- [12] 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]. Journal of Surgical Research, 2015, 195(1): 246-256.
- [13] Li D, Wu Y, Huang Y, et al. Risk factors of recompression of cemented vertebrae after kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures[J]. Int Orthop, 2016, 40(6): 1285-1290.
- [14] 韦武,宁金沛,李泉,等. 椎体成形术后疼痛缓解不佳的原因分析及对策[J]. 实用骨科杂志, 2013, 19(7): 639-641.
- [15] 王均动,王培民,梁斌. 椎体成形术结合术前复位治疗骨质疏松性椎体压缩楔形骨折[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2010, 18(2): 32-33.

(收稿日期: 2017-10-07)

(上接第 50 页)

- [2] 孙红,田文,廖伟华,等. 社区居民膝关节骨性关节炎流行病学调查分析[J]. 海南医学, 2013, 24(7): 1064-1066.
- [3] Cross M, Smith E, Hoy D, et al. The global burden of hip and knee osteoarthritis: estimates from the Global Burden of Disease 2010 study[J]. Ann Rheum Dis, 2014, 73(7): 1323-1330.
- [4] 李尚娥,范海涛,张斌. 膝关节腔内注射医用几丁糖治疗膝关节骨性关节炎的效果观察[J]. 中国医学前沿, 2016, 8(11): 84-87.
- [5] 蒋云霞,莫文,王国权,等. 三色膏联合几丁糖治疗膝关节炎临床观察[J]. 上海中医药杂志, 2015, 49(5): 73-74.
- [6] 陈新宇. 臭氧冲洗结合注射医用几丁糖治疗膝关节骨性关节炎的疗效观察[J]. 微创医学, 2015, 10(2): 231-235.
- [7] Baschmann MD, Hoemann CD, Hurtig M, et al. Cartilage repair with chitosan-glycerol-phosphate stabilized blood clots, In: williams RJ, editor Cartilage repair strategies [M]. Totowa: Humana Press, 2007: 85-104.
- [8] Cherter A, Hoemann CD, San J, et al. Temporal and partial modulation of chondrogenic in subchondral microdrill holes by chitosan-glycerol phosphate/blood implants[J]. Osteoarthritis Cartilage, 2011, 19: 136-144.
- [9] Wahid F, Wang HS, Lu YS, et al. Preparation, characterization and antibacterial application of carboxymethyl chi-

tosan nanocomposite hydrogels[J]. Bio Macromol, 2017, 101: 290.

- [10] Brown GA. AAOS clinical practice guideline: treatment of osteoarthritis of the knee: evidence-based guideline, 2nd edition[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2013, 21(9): 577-579.
- [11] 杨婉好,田伟. 几丁质及其衍生物在医学应用中的研究进展[J]. 沈阳医学院学报, 2013, 15(4): 240-241.
- [12] 王强,宋益民. 几丁糖在骨折手术后膝关节粘连预防中的应用价值研究[J]. 中国医学创新, 2013, 10(33): 44-45.
- [13] 王刚. 人发角蛋白与几丁糖材料及产品在运动损伤领域的应用[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2010, 14(38): 7169-7172.
- [14] Chen WH, Liu XX, Tong PJ, et al. Diagnosis and management of knee osteoarthritis: Chinese medicine expert consensus(2015)[J]. Chin J Integr Med, 2016, 22(2): 150-153.
- [15] 夏志宏,邵建康. 海桐皮汤熏洗配合几丁糖关节腔注射治疗膝骨性关节炎 120 例[J]. 中国保健营养, 2017, 27(5): 385-386.
- [16] 张桂兰. 膝关节注射几丁糖治疗骨关节炎 150 例临床观察及护理[J]. 实用临床医药杂志, 2011, 15(14): 99-100.

(收稿日期: 2018-01-02)