

·非血管介入 Non-vascular intervention·

开放式 MR 引导下经皮椎体成形术在椎体转移瘤治疗中的应用研究

金光鑫, 代孟君, 仇晓霞, 丁敏, 潘磊, 张学彬

【摘要】目的 初步评价开放式磁共振(MR)引导下经皮椎体成形术(PVP)的可行性、安全性和有效性。**方法** 回顾性分析 2014 年 1 月至 2018 年 6 月收治的溶骨性椎体转移瘤 17 例(29 节椎体)。采用 0.4 T 开放式 MR 成像系统结合光学导航仪系统行 PVP, 观察术前、术后视觉模拟评分(VAS)、美国东部肿瘤协作组(ECOG)评分、椎体前缘高度及术后相关并发症。**结果** 17 例患者(29 节椎体)均准确穿刺至拟定靶点, 顺利完成 PVP。术后 VAS、ECOG 评分均低于术前($P<0.05$), 椎体前缘高度与术前相比差异无统计学意义($P>0.05$)。术后 5 节段椎体发生骨水泥外渗, 2 例出现穿刺点皮下血肿, 无严重并发症发生。**结论** MR 导航引导下 PVP 成像清晰、导引准确, 是一种安全有效的椎体转移瘤治疗方法。

【关键词】 开放式磁共振成像; 光学导航; 经皮椎体成形术; 椎体转移瘤

中图分类号: R738.1 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2019)-011-1071-05

Full-open MR-navigated percutaneous vertebroplasty in the treatment of vertebral metastases JIN Guangxin, DAI Mengjun, QIU Xiaoxia, DING Min, PAN Lei, ZHANG Xuebin. Department of Interventional Oncology, Affiliated Renji Hospital, School of Medicine, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200127, China

Corresponding author: ZHANG Xuebin, E-mail: zhangxuebinwqy@163.com

【Abstract】Objective To evaluate the feasibility, safety and effectiveness of performing percutaneous vertebroplasty(PVP) for vertebral metastases under open magnetic resonance(MR) guidance. **Methods** The clinical data of 17 patients with osteolytic vertebral metastases (29 diseased vertebrae in total), who were admitted to authors' hospital during the period from January 2014 to June 2018, were retrospectively analyzed. By using a 0.4T MR system combined with optical navigation system, PVP was performed in all patients. The preoperative and postoperative visual analogue scale(VAS) scores, the eastern United States cooperative oncology group(ECOG) scores, the anterior height of the vertebra, and complications were recorded. **Results** Accurate puncturing to the target point was achieved in treating all 29 diseased vertebrae of the 17 patients, and PVP procedure was successfully accomplished. Both postoperative VAS and ECOG scores were remarkably lower than preoperative ones($P<0.05$). The postoperative mean anterior height of the vertebrae showed no statistically significant changes when compared with preoperative value($P>0.05$). After PVP, bone cement leakage occurred in 5 vertebrae and subcutaneous hematoma at puncture point occurred in 2 patients. **Conclusion** In performing PVP, MR navigation can obtain clear imaging, which is very helpful for precise guidance and perform of PVP. This technique is a safe and effective treatment for metastatic vertebral metastases. (J Intervent Radiol, 2019, 28; 1071-1075)

【Key words】 open magnetic resonance imaging; optical navigation; percutaneous vertebroplasty; vertebral metastasis

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2019.011.014

基金项目: 上海市科委科技支撑项目(19441907000)、上海交通大学医学院附属仁济医院创新培育基金(PYXJS16010)

作者单位: 200127 上海交通大学医学院附属仁济医院肿瘤介入科(金光鑫、代孟君、丁敏、潘磊、张学彬)、肿瘤科(仇晓霞)

通信作者: 张学彬 E-mail: zhangxuebinwqy@163.com

椎体是多种恶性肿瘤如肺癌、乳腺癌、肝癌等发生骨转移的主要部位。椎体转移瘤多以溶骨性破坏为主,导致剧烈疼痛,甚至侵犯神经根和脊髓并引起截瘫、大小便失禁,给患者生理和心理带来巨大痛苦,严重影响生存时间和生活质量^[1]。传统治疗方法如口服止痛药、放化疗等无法解决脊柱不稳定问题;外科手术创伤大,晚期肿瘤患者多难以接受。经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)是在 X 线、CT 等影像引导下经皮穿刺将骨水泥等填充物注入病变椎体内的介入技术^[2],自 1984 年 Galibert 等首次用于颈椎血管瘤患者以来,目前已成为治疗椎体骨转移瘤重要方法^[3]。近年 MR 引导下介入诊疗技术已成功应用于椎体肿瘤活检和消融治疗^[4]。本研究通过系统性回顾分析上海仁济医院 2014 年 1 月以来采用开放式 MR 引导下 PVP 治疗的 17 例溶骨性椎体转移瘤,探讨该技术应用和疗效。

1 材料与方法

1.1 临床资料

回顾性分析 2014 年 1 月至 2018 年 6 月收治的椎体转移瘤 17 例(29 节椎体)。其中男 12 例,女 5 例;年龄 42~68 岁,平均(59.8±8.8)岁;原发灶:肺癌 5 例,肝癌 10 例,肾癌 1 例,直肠癌 1 例;病灶分布:颈椎 3 节,胸椎 8 节,腰椎 16 节,骶骨 2 节,见表 1。入组患者均满足以下标准:①诊断经病理证实,且有椎体转移所致疼痛症状;②椎体转移瘤经 CT、MRI 证实为溶骨性破坏,并排除其它引起疼痛的脊柱疾病;③经口服止痛药物疗效不佳或因止痛药物不良反应不愿继续服药。排除标准:①严重凝血功能障碍[国际标准化比值(INR)>1.5];②血小板计数异常(<50×10⁹/L);③有安装心脏起搏器等 MR 检查禁忌。

1.2 设备与器械

0.4 T 开放式 MR 扫描成像系统(包括 MR 扫描仪和成像屏幕)和光学导航仪系统(包括光学跟踪仪、移动和固定坐标标定装置、光学持针器),13 G 磁兼容穿刺针及手术套件,由上海爱立峰医疗科技公司生产;MendecSpine 聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)骨水泥购于意大利 Tecres SPA 公司。

1.3 手术方法

患者俯卧位,根据脊柱不同部位选择合适长度体线圈、扫描定位像,初步判定病变椎体节段和范围;采用自旋回波(SE)-T1 加权成像(WI)序列、快

表1 临床资料

参数	数值
性别/n(%)	
女	5(21.1)
男	12(78.9)
平均年龄/岁	59.8±8.8
进针方式/节段(%)	
单侧	8(27.6)
双侧	21(72.4)
手术时间/min	
单侧	14.2±2.2
双侧	25.6±3.1
并发症/n(%)	
局部血肿	2(6.9)
骨水泥渗漏	5(17.2)
原发肿瘤/n(%)	
肺癌	5(29.4)
肝癌	10(58.8)
肾癌	1(5.9)
直肠癌	1(5.9)

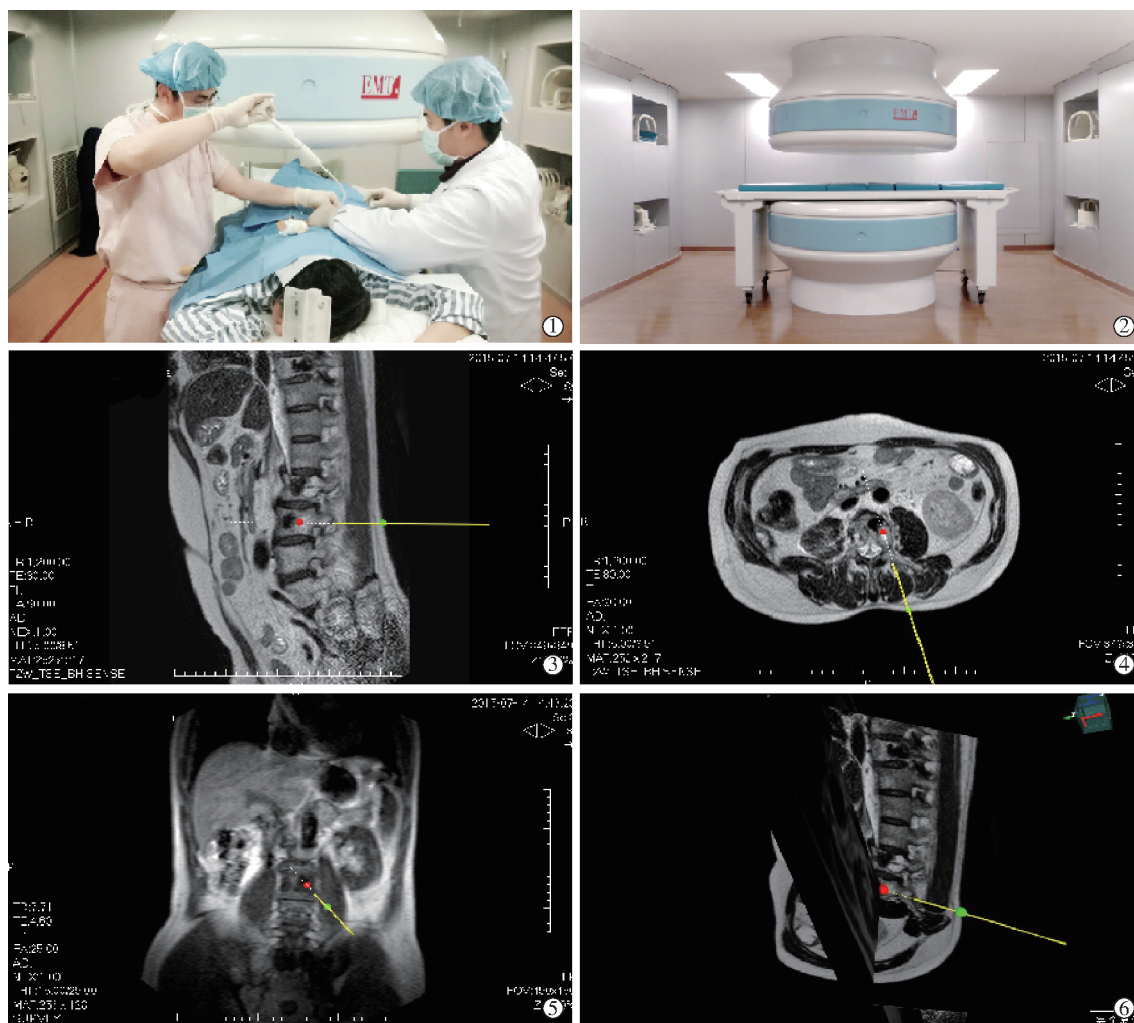
速自旋回波(FSE)-T2WI 序列作横轴位扫描(表 2),进一步明确病灶位置、大小,椎弓根及神经根解剖关系,根据进针方向扫描横轴位和矢状位图像;结合导航系统行三维立体解剖定位,在图像上确定进针点和靶点;将患者从磁体中移出,用光学持针器夹持 13 G 磁兼容穿刺针,光学导航系统引导下穿刺;穿刺针穿过椎弓根骨皮质后,以快速低角度射发(fast low angle shot, FLASH)序列(表 2)边进针边扫描,到达靶点后重复扫描 FSE-T2WI 序列,确定穿刺针位置;室温(22±0.5)℃下将 PMMA 骨水泥粉剂和液体调配混匀后迅速搅拌,约 8 min 后呈“牙膏状”,用高压注射泵将骨水泥经穿刺针注入病灶(注射量根据不同病椎和病变范围而定,另根据椎体后缘是否有破坏适当增减骨水泥注入量),一般注入 2~5 mL,注射完毕插入针芯,旋转拔针,见图 1。术后采用 FSE-T2WI 序列扫描,观察骨水泥在病变区分布情况及穿刺路径出血情况。记录手术时间(自扫描确定穿刺点和靶点起至术毕拔针)。术后患者平卧 4 h,监测血压、心率、血氧等生命体征,术后当天常规给予止血和抗生素治疗。

表2 MR 扫描序列参数

序列	重复时间 / ms	回波时间 / ms	扫描矩阵	层厚 / mm	层间隔 / mm	扫描时间 / min
SE-T1WI	350	17	256×256	5/8	1/1.6	02:59
FSE-T2WI	3 000	115	256×256	5/8	1/1.6	02:48
FLASH	20	8	256×256	5/8	1/1.6	00:05

1.4 疗效评价

疼痛评价:采用视觉模拟评分(VAS)^[5]评价患



①全开放式介入 MR 设备和手术室概貌；②高压注射泵经穿刺针注入 PMMA 骨水泥手术场景；③④⑤分别为预先扫描矢状位、水平位、冠状位成像；⑥三维空间位置成像，影像中红点为预先设定的穿刺靶点，绿点为预先设定的穿刺入针点，黄线为光学导引过程中穿刺针在成像中的实时投影，虚线为穿刺针延长线

图 1 MR 引导下 PVP 手术场景及实时导引穿刺界面影像

者治疗前,治疗后 1 d、1 个月、3 个月疼痛变化。活动能力评价:采用美国东部肿瘤协作组(ECOG)评分系统(0~4 分,0 分为活动能力完全正常,4 分为卧床不起、生活不能自理,分值越高,活动能力越低)。病椎评价:以 CT 影像检查为标准,观察骨水泥填充和渗漏情况;对有压缩性骨折的胸、腰椎体,比较手术前和术后 1、3 个月病灶所在椎体前缘高度。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 19.0 软件作统计学分析。计量资料用 t 检验,计数资料用 χ^2 检验;手术前后 VAS 评分比较用方差分析,手术前后 ECOG 评分和椎体前缘高度比较用 Wilcoxon 秩和检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

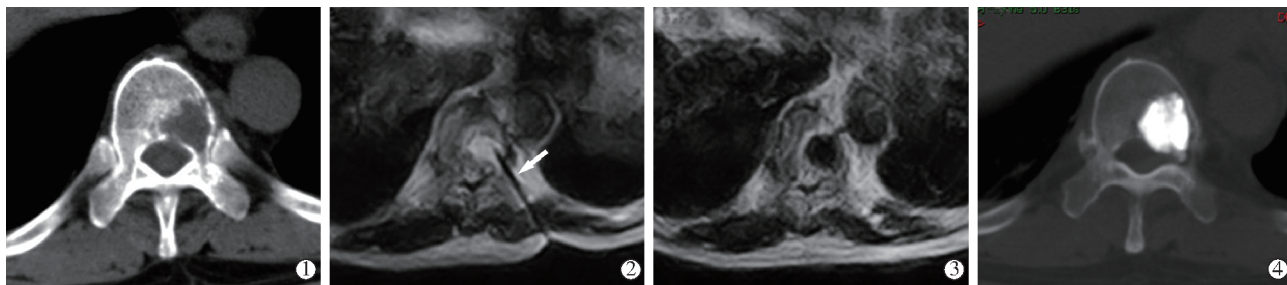
2 结果

2.1 手术时间

17 例患者(29 节椎体)均准确穿刺至拟定靶点,顺利完成 PVP(图 2),手术时长根据病灶节段和单双侧进针有所不同。单侧、双侧进针手术时间分别为 (14.2 ± 2.2) min、 (25.6 ± 3.1) min。

2.2 手术前后 VAS 评分比较

术前比较,术后患者疼痛明显减轻或消失。患者术前、术后 1 d、术后 1 周、术后 1 个月、术后 3 个月平均 VAS 评分分别为 8.00 ± 1.06 、 3.29 ± 1.31 、 3.76 ± 1.48 、 4.35 ± 1.58 、 5.18 ± 1.51 , 术后 1 d、术后 1 周、术后 1 个月与术前相比均有显著统计学意义($P < 0.01$), 术后 3 个月与术前相比有统计学意义($P < 0.05$),见表 3。



①术前 CT 水平位影像;②MR 13 G 磁兼容针单侧椎弓根途径穿刺到位后 SE-T1WI 扫描成像,箭头示穿刺针;③术后即刻 SE-T1WI 水平位成像,见骨水泥填充部位呈低信号;④术后 1 个月 CT 扫描水平位见骨水泥填充良好,无异常渗漏

图 2 MR 引导下 PVP 治疗肝癌患者胸椎转移瘤影像

表 3 患者综合疗效评价

指标	术前	术后 1 d	术后 1 周	术后 1 个月	术后 3 个月
VAS 评分	8.00±1.06	3.29±1.31**	3.76±1.48**	4.35±1.58**	5.18±1.51*
ECOG 评分	2.82±0.72	1.82±0.72*	1.76±0.75*	1.41±0.71*	1.82±0.88*
椎体前缘高度/mm	21.43±2.12	—	—	22.35±1.78	22.14±1.45

与术前相比,** $P<0.01$,* $P<0.05$

2.3 手术前后椎体前缘高度比较

术后所有椎体 PMMA 充填位置佳,无移位。术后 3 个月测量病变椎体前缘高度,排除部分影像资料不完整患者,胸椎 6 节段、腰椎 12 节段纳入统计,术前、术后 1 个月、3 个月测量椎体前缘高度值分别为(21.43±2.12) mm、(22.35±1.78) mm、(22.14±1.45) mm,差异均无统计学意义($P>0.05$),见表 3。

2.4 术后并发症

术后未发生椎弓根破坏、神经损伤及肺栓塞等严重并发症。采用单侧椎弓根入路有 8 节段,双侧入路 21 节段。29 节段经治椎体中 5 节段发生骨水泥渗漏(2 节段穿刺针道渗漏,2 节段椎旁软组织渗漏,1 节段椎旁静脉渗漏),渗漏率为 17.2%,患者均无明显临床症状;未见骨水泥渗漏至椎管、椎间孔或椎间盘。2 例出现穿刺点皮下血肿,无需特殊治疗。

3 讨论

椎体骨转移继发于多种原发肿瘤,如肺癌、肝癌、肾癌、乳腺癌、前列腺癌等,临床上很多患者原发肿瘤得到较好控制,但因肿瘤椎体转移出现剧烈疼痛,止痛药物不能缓解,继续进展出现神经根、脊髓压迫症状,引起活动障碍、截瘫甚至死亡,严重影响生存质量和生存时间^[6]。

PVP 手术最早于 1989 年由 Galibert 等报道,用于治疗颈椎血管瘤患者,迄今仍然为椎体海绵状血管瘤、椎体骨髓瘤、骨质疏松性椎体压缩骨折的有效治疗手段。随着介入技术发展和微创理念推广,PVP 已成为治疗椎体骨转移瘤主要手段和重要方

法。PVP 与外科手术相比,治疗椎体骨转移瘤的优势在于手术创伤小、术后并发症发生率低;与放疗、化疗相比,不仅止痛效果确切,还能维持和加强椎体稳固性^[7-8]。本组患者治疗结果显示患者术后 VAS 评分明显低于术前,术后 24 h 疼痛症状即可得到缓解,疗效可巩固维持至术后 3 个月;术前术后椎体前缘高度差异无统计学意义,表明治疗后椎体维持稳定,未进一步发生压缩骨折;根据单侧或双侧穿刺进针不同,单节椎体手术时间为 15~25 min,一次治疗不超过 3 节段椎体,总手术时间为 1 h 内,因此 MR 引导下 PVP 手术时间在临床可接受范围。

PVP 可在多种影像引导下实施,X 线(C 形臂或 DSA)导引应用最为广泛^[9-10]。X 线下操作的优点是可直接观察骨水泥在椎体内流动和走行,最大程度避免和预防骨水泥渗漏,但对穿刺技术要求较高,穿刺过程需在 X 线照射下根据骨性标识穿刺,对软组织尤其是神经根存有盲点。CT 导引下 PVP 报道近年来逐渐增多,与 X 线下操作相比,可提高对椎体和周围软组织分辨力,但扫描角度、层面及监测骨水泥在椎体内走行的实时性不及 X 线^[11-12]。与 X 线和 CT 导引相比,MR 导引下介入治疗的独特优势是整个手术过程中患者和术者不接受射线辐射,可完全避免放射性损害,此外 MRI 具有软组织、神经系统高清晰显像和多平面、多参数成像对照优势,可为治疗提供更大范围、更多角度、更清晰图像信息,有助于提高治疗安全性和有效性^[13]。本研究采用的光学导航系统除了具备高度精确性,还有一优势是通过导航工作站实时计算穿刺针、磁体和治

疗床空间位置关系,使穿刺操作可在磁体外进行,给术者提供了充分的操作空间,提高了手术便捷性;采用的 FSE-T2WI 序列和 FLASH 序列扫描成像能清晰显示神经根、脊髓与椎体关系,有助于术者制定安全进针路径,避免神经根和脊髓损伤;光学导航引导下边进针边行 FLASH 序列快扫(5 s/片),直至针尖送达设定靶点位置,FLASH 序列优势在于能在清楚显示针尖的同时最大程度减少扫描时间。

本组术后常见并发症统计结果显示有 5 例出现骨水泥渗漏,其中 2 例为穿刺针道渗漏,2 例椎旁软组织渗漏,1 例椎旁静脉渗漏,均未引起临床症状,未予特殊处置;另有 2 例发生穿刺点局部血肿,术后给予局部加压包扎,止血药物和抗生素预防感染,未增加住院天数。

MR 导引下 PVP 也存在不足,术中涉及设备和器械均需磁兼容材料,增加了治疗成本,一定程度上使 MR 导引下介入治疗发展受到制约;MR 导引仍达不到实时成像,不能实时观测到骨水泥分布和走行,复合手术室发展是解决上述问题的方案之一,可在 MR 导引下完成椎体穿刺,随后将患者移至 C 形臂或 DSA 机下注射骨水泥。本研究为回顾性分析,相比前瞻性随机对照研究存在一定局限性,研究结果出现不同程度偏差。

总之,开放式 MR 结合光学导航导引下 PVP 治疗椎体转移瘤操作简便、成像清晰、导航引导准确,患者和术者均不接受放射辐射。该治疗方法安全有效,止痛效果明确,明显提高患者生活质量。

[参考文献]

- [1] Qi L, Li C, Wang N, et al. Efficacy of percutaneous vertebroplasty treatment of spinal tumors: a meta-analysis[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97: e9575.
- [2] Bhattacharji P, Moore W. Application of real-time 3D navigation system in CT-guided percutaneous interventional procedures: a feasibility study[J]. *Radiol Res Pract*, 2017, 2017: 3151694.

- [3] 邓 钢,何仕诚,滕皋军,等. 经皮椎体成形术治疗脊椎恶性肿瘤[J]. *介入放射学杂志*, 2005, 14: 261-265.
- [4] Himes NC, Chansakul T, Lee TC. Magnetic resonance imaging-guided spine interventions[J]. *Magn Reson Imaging Clin N Am*, 2015, 23: 523-532.
- [5] Gu YF, Li YD, Wu CG, et al. Safety and efficacy of percutaneous vertebroplasty and interventional tumor removal for metastatic spinal tumors and malignant vertebral compression fractures[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2014, 202: W298-W305.
- [6] Song HM, Gu YF, Li YD, et al. Interventional tumor removal: a new technique for malignant spinal tumor and malignant vertebral compression fractures without epidural involvement[J]. *Acta Radiol*, 2014, 55: 976-984.
- [7] Sun G, Li L, Jin P, et al. Percutaneous vertebroplasty for painful spinal metastasis with epidural encroachment[J]. *J Surg Oncol*, 2014, 110: 123-128.
- [8] Yang Z, Yang D, Xie L, et al. Treatment of metastatic spinal tumors by percutaneous vertebroplasty versus percutaneous vertebroplasty combined with interstitial implantation of ¹²⁵I seeds[J]. *Acta Radiol*, 2009, 50: 1142-1148.
- [9] Xu JC, Wu GH, Zhou LL, et al. Two unilateral puncturation comparative analyses of multiple-level fresh osteoporotic vertebral body compression fractures treated with percutaneous vertebroplasty guided by C-arm fluoroscopy or in senile patients[J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2017, 21: 1456-1461.
- [10] 李岳勇,陆建勋,张倬彬,等. DSA 导向经皮椎体成形术治疗椎体转移瘤 87 例疗效分析[J]. *中华肿瘤防治杂志*, 2015, 22: 143-147.
- [11] Wang GY, Zhang CC, Ren K, et al. Treatment of vertebral body compression fractures using percutaneous kyphoplasty guided by a combination of computed tomography and C-arm fluoroscopy with finger-touch guidance to determine the needle entry point[J]. *Genet Mol Res*, 2015, 14: 1546-1556.
- [12] Chen L, Xiao J, Su IC, et al. Establishing a rabbit spinal tumor model for nonvascular interventional therapy through CT-guided percutaneous puncture inoculation[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2015, 36: 153-159.
- [13] Su Z, Wang X, Zheng L, et al. MRI-guided interventional natural killer cell delivery for liver tumor treatment[J]. *Cancer Med*, 2018, 7: 1860-1869.

(收稿日期:2019-05-13)

(本文编辑:边 佶)