

· 综 述 General review ·

微创介入技术治疗脊柱转移瘤的现状和展望

冯丽帅, 马 旭, 田庆华, 王建波, 吴春根

【摘要】 脊柱转移瘤是恶性肿瘤晚期常见并发症之一。因肿瘤生长引起椎体骨质破坏,间接导致的脊柱病理性骨折是使晚期肿瘤患者产生剧烈疼痛、生存质量下降的重要因素之一。临床上,对脊柱转移瘤进行有效的治疗,提高椎体稳定性,减少病理性骨折及肿瘤压迫导致的神经症状发生,现已成为研究热点。介入治疗技术因手术创伤小、并发症少等优点逐渐成为治疗脊柱转移肿瘤的重要手段。本文对目前临床上针对脊柱转移瘤常用的介入治疗方法进行综述,并进一步展望多种微创治疗手段联合使用对缓解肿瘤脊髓压迫,减少骨性疼痛,延长患者生存时间及提高患者生存质量等方面的临床应用价值。

【关键词】 转移瘤, 脊柱; 经皮椎体成形术; 经导管动脉化疗栓塞术; 碘放射性核素; 介入治疗; 联合治疗

中图分类号: R681.53 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2016)-08-0738-05

Minimally-invasive interventional technique for the treatment of spinal metastases: current situation and prospect FENG Li-shuai, MA Xu, TIAN Qing-hua, WANG Jian-bo, WU Chun-gen. Department of

Interventional Radiology, Affiliated Sixth People's Hospital, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200233, China

Corresponding author: WANG Jian-bo, E-mail: fenglishuai1991@163.com

【Abstract】 Spinal metastasis is one of the most common complications of malignant tumors. Bone destruction caused by tumor growth is an important factor that causes severe pain and decreases the quality of life in patients with advanced cancer. Recently, the metastasis-related topics, such as the effective treatment for spinal metastatic tumors, the improvement of vertebral stability, the prevention and reduction of pathological fracture, the treatment of nerve symptoms caused by tumor compression, etc. have become the hot spots in clinical research field. Because of the advantages of less surgical trauma, less complications and so forth, the interventional therapy has gradually become an important means for the treatment of spinal metastatic tumors. This paper aims to make a comprehensive review about the various interventional treatment methods commonly used nowadays in clinical practice, and to discuss the clinical application of the combination use of various minimally-invasive treatments in relieving the spinal cord compression due to tumor, in reducing bone pain, in prolonging the survival time of patients, in improving the quality of life of patients, and the like. (J Intervent Radiol, 2016, 25: 738-742)

【Key words】 metastatic tumor, spinal; percutaneous vertebral angioplasty; transcatheter arterial chemoembolization; iodine radionuclide; interventional therapy; combination therapy

脊柱是恶性肿瘤常见的转移部位之一, 5% ~ 10% 的癌症患者在疾病进展过程中出现了肿瘤的椎体转移^[1]。在我国, 尸检发现恶性肿瘤死亡患者中 30% ~ 90% 有脊椎转移, 且生前多伴有局部剧痛, 严重影响患者生活质量^[2]。脊柱转移瘤生长过程中

造成的周围椎体的骨质破坏及病理性骨折的发生是引起患者剧烈疼痛的主要原因; 且在不对转移瘤采取积极治疗措施的前提下, 体积过大及位置较内的瘤体极易导致神经压迫症状甚至截瘫的发生, 对患者影响极大^[3-4]。控制肿瘤生长, 增加骨稳定性, 增加止痛效果, 预防神经症状的发生发展成为治疗脊柱转移瘤的重点。目前应用于临床的治疗脊柱转移瘤的方法有放射或化学治疗、药物及开放性手术等。放、化疗作为姑息治疗手段, 可以获得一定的止痛效

果和对全身肿瘤新发转移灶的控制,但是对存在椎体骨折、脊柱不稳定的患者疗效欠佳;另外,有部分学者认为放疗并不适合应用在对其敏感性低的转移性骨肿瘤的治疗^[5]。骨吸收抑制剂如二磷酸盐和降钙素的使用可对抗骨转移瘤引起的高钙血症且在抑制新转移灶形成上有一定作用,但以上两种药物均不具备直接抗癌作用,不能改善骨转移的预后,难以达到长期有效止痛及稳定脊柱的效果^[6]。开放性外科手术由于创伤大且并发症多等缺点常需要一段较长术后恢复期从而拖延了对原发疾病的治疗反而造成病死率的增加而不适用于多发性脊柱转移瘤的治疗^[7]。微创手术以其手术创伤小、禁忌证少、疼痛缓解率高等优势被越来越多应用于骨转移瘤的治疗。此外,最新研究发现,与传统开放手术相比,微创技术应用于特殊类型椎体转移瘤(如累及椎体后缘)的治疗时,并发症更少,疗效更佳^[8]。以下简单介绍几种近年常用的治疗骨转移瘤的介入方法。

1 经皮椎体成形术(PVP)

PVP 是在影像增强装置监视下,经皮穿刺向椎体内注射骨水泥来达到抑制肿瘤生长,增加椎体稳定性,缓解由于椎体压缩性骨折所导致的疼痛等目的的一种技术^[9]。PVP 以手术创伤小、手术时间短、对老年及恶性肿瘤患者全身干扰小等特点现已广泛应用于手术治疗失败及保守治疗无效的椎体转移瘤患者^[10-11]。虽然 PVP 已在控制局部肿瘤进展方面取得较为满意的疗效并得到越来越广泛的临床应用,但研究指出,对于肿瘤已侵犯、压迫脊髓或椎体外软组织包块压迫神经根者,单纯 PVP 对疼痛缓解不明显,具有单独应用的局限性^[11-12]。此外,与肿瘤局部微创靶向治疗系统(如放射性¹²⁵I粒子、射频消融、氩氦刀、高强度聚焦超声)相比,PVP 在限制肿瘤生长、缩小瘤体体积方面效果亦存在不足^[13]。再则,骨水泥的渗漏是目前 PVP 治疗椎体转移瘤时常见的并发症,其最严重的后果是造成对重要脏器的栓塞,危及患者生命。故预防骨水泥渗漏及新型骨水泥的研制是目前 PVP 的研究热点。

2 放射性¹²⁵I粒子植入

放射性粒子¹²⁵I近距离治疗肿瘤是近 20 年发展起来的肿瘤局部微创治疗新技术^[14]。在放射性粒子置入导向设备(如 B 超、CT、MRI 等)及三维治疗计划系统(TPS)的支持下,用特殊器械,把放射性粒

子直接放置到肿瘤内部,利用放射源持续发出低能量 γ 射线,直接和间接作用于肿瘤组织细胞的 DNA 分子链,抑制肿瘤细胞增殖、缩小肿瘤体积而达到治疗肿瘤的目的^[14,15]。肿瘤组织间植入放射粒子所产生的 γ 射线能量虽不大,但能持续不断地杀死肿瘤干细胞,经过相应的放射性粒子源植入 TPS 软件制定粒子剂量和半衰期时间,能使肿瘤细胞全部失去增殖能力,从而达到较彻底的治疗效果^[14]。放射性¹²⁵I粒子凭借其半衰期较长,能量较低,可持续累积剂量杀灭肿瘤细胞且植入后不易产生过热点而损伤椎体旁重要神经及血管等优点,在目前骨转移瘤的肿瘤局部治疗技术中,应用最为广泛。临床研究显示,应用放射性¹²⁵I粒子植入技术治疗的椎体转移瘤病例,影像学提示瘤体体积明显缩小,转移瘤所致癌性疼痛得到迅速缓解且病理性骨折发生率较对照组有所减少^[16]。但 Yang 等^[1]在对版纳微型猪实施放射性¹²⁵I粒子植入的研究中发现,在未联合其他治疗及保护措施的前提下,近距离放射治疗可导致脊髓炎的发生,造成实验动物的活动困难。另外,单独应用放射性¹²⁵I粒子在增强椎体稳定性方面有其局限性^[17]。再则,近年来临床研究发现,单独植入放射性粒子的椎体转移瘤病例粒子移位概率较高,影响治疗效果^[18]。

3 射频消融术(RFA)在治疗椎体转移瘤上的应用

利用 RFA 治疗椎体转移瘤是在影像设备(如 DSA、CT 等)引导下,利用骨穿刺针等介入器材,将射频电极针伸入肿瘤内部,通过高温造成肿瘤的凝固性坏死^[19]。RFA 能迅速杀死良、恶性肿瘤细胞,缓解疼痛,改善患者的生活质量,目前已广泛应用于良、恶性骨肿瘤的治疗^[20-21]。但在对某些造成椎体力学改变的椎体转移瘤治疗中,RFA 虽能迅速杀灭肿瘤,但无法从根本上解决转移瘤患者的脊柱稳定性差的问题^[13]。另外,Pezeshki 等^[22]发现单独使用 RFA 治疗椎体转移瘤可造成椎体后壁稳定性的降低,增加椎体后壁膨出及椎体病理性骨折的风险。再者,由于骨组织的热传导特性,在不附加保护措施单独使用 RFA 治疗椎体转移瘤时,其产生的热效应亦可增加邻近重要神经、血管受累风险。

4 高强度超声聚焦刀(HIFU)在治疗椎体转移瘤上的应用

HIFU 通过体外低能量超声波聚焦于体内靶区,在肿瘤内产生瞬态高温(60℃以上)、空化、机械作

用等生物学效应,达到杀死靶区内的肿瘤细胞的目的。Joo 等^[23]通过使用 MR 引导下的超声聚焦刀治疗骨转移瘤,结果显示患者因转移瘤所致的疼痛均在 2 周内得到有效缓解,且疼痛缓解时间可长达 1 年以上。陈雪峰等^[24]认为由于 HIFU 治疗是由点及线及面再及体积的过程,故在治疗过程中可以很容易避开重要的血管和神经,减少并发症的发生。但由于超声波自身特性的限制,其应用于椎体转移瘤治疗中的临床报道尚较少。

5 氩氦刀冷冻消融术在治疗椎体转移瘤上的应用

氩氦超冷刀微创靶向治疗系统是继射频、微波、超声聚焦刀、中子刀之后又一新的肿瘤局部治疗手段。其依赖氩气的快速致冷技术,可在极短时间内将病变组织冷冻至 -100°C 以下,而后快速加热处于结冰状态的病变组织,促使其爆裂和快速升温施以二次打击,达到彻底杀灭肿瘤的目的。值得注意的是,与其他消融治疗方法相比,氩氦刀冷冻消融术中可通过计算机对靶组织内冰球分布范围及冷冻区温度进行实时监测、调节,进一步提高了手术疗效并降低了手术并发症^[25]。但 Tomasian 等^[6]指出,尽管在对椎体硬化转移灶的治疗上,冷冻消融与 RFA 相比具有绝对优势,但冷冻消融更易造成周围正常组织的损伤。因此在采用冷冻消融治疗椎体转移瘤时,应充分做好保护措施,并尽量远离重要血管及神经,以免造成无法控制的出血及神经永久性损害。

6 经动脉化疗栓塞术(TACE)治疗椎体转移瘤的特点与不足

TACE 通过向动脉内注射栓塞及化疗药物而被广泛应用于富血供及存在切除禁忌的肿瘤治疗中^[26-27]。近年,TACE 也被鼓励应用于富血供骨骼恶性肿瘤的治疗中^[28]。Chen 等^[29]发现在治疗某些富血供且体积过大的脊柱转移瘤时,TACE 在减小瘤体体积,缓解局部神经压迫所致疼痛等方面疗效超过了其他微创治疗手段。Koike 等^[30]在应用 TACE/TAE 治疗椎体转移瘤时发现,疼痛可在 48 h 内得到有效缓解,其止痛效果明显优于放射治疗;此外,TACE 还具有减轻病变组织水肿对椎体周围神经压迫及降低癌细胞或瘤栓经周围静脉血管网发生远处转移等独特优势。但单独使用 TACE 在维持椎体力学稳定性方面效果欠佳。另外,由于栓塞材料流入脊髓前动脉和肌皮支而引起的脊髓及正常组织受损是应用 TACE 治疗椎体转移瘤时最主要的局部

并发症,为避免这一严重并发症对患者生命的威胁,部分于术前造影时出现脊髓动脉显影的患者,不宜行 TACE 治疗^[12]。

7 微创治疗方法联合应用在治疗椎体转移瘤上的进展

基于 PVP 在稳定椎体结构方面的优势,临床上在治疗椎体转移瘤时通常以 PVP 为基础再针对患者病情的个体性辅以其他治疗方法来达到减少骨水泥外漏,最大程度缓解疼痛,改善患者生存质量的治疗效果。以下综述现在临床上常用椎体转移瘤的微创联合治疗手段及相应临床进展。

7.1 PVP 联合放射性 ^{125}I 粒子植入在治疗椎体转移瘤中的应用

国内外不少学者通过采用 PVP 与放射性 ^{125}I 粒子植入相联合的方法治疗脊椎转移性肿瘤,并均取得了较理想的临床疗效^[31]。Yang 等^[32]在前期研究的基础上,通过进一步实验设计证实了 PVP 与 ^{125}I 放射性粒子植入联用可达到避免手术并发症的效果。实验过程中,研究人员于 8 个月后随访经 PVP 联合 ^{125}I 粒子植入的版纳微型猪,发现无一头实验动物出现放射性脊髓病变症状,且病理分析结果均未发现明显的细胞损伤,这与之之前单独使用放射性 ^{125}I 粒子所导致的并发症脊髓炎形成鲜明对比,提示两者联合应用在减少并发症方面的重要价值。伍星星等^[3]也通过综合不同学者观点得出:联合应用 ^{125}I 放射性粒子置入和 PVP 术治疗脊柱肿瘤可最大程度地缓解患者疼痛,提高患者质量及生存率,且无明显并发症发生。但目前关于治疗过程中骨水泥注射及 ^{125}I 粒子植入先后顺序尚无定论。肖全平等^[33]认为, ^{125}I 粒子先植入后注入骨水泥,易导致粒子发生移位,不易控制粒子分布;且因 PVP 联合 ^{125}I 粒子植入具有操作可重复性,在治疗效果相同的前提下,为尽可能减少 ^{125}I 粒子的植入数量,减轻患者的经济负担,手术过程中一般采用先注入骨水泥,然后用专用粒子针保护骨穿针针道,通过专用粒子针植入粒子;对于有侵犯硬膜囊趋势或已有椎体后缘骨质破坏的脊椎转移瘤病灶,通常先从椎体前中部注入骨水泥,于椎体后部植入 ^{125}I 粒子;为避免放射性脊髓病,粒子距离脊髓应 $>1\text{ cm}$ 。而对于椎体溶骨性转移瘤,如果椎体壁相对完整,亦可先植入粒子,后注入骨水泥。

7.2 PVP 联合 RFA 在治疗椎体转移瘤中的应用

使用 PVP 或 RFA 治疗椎体转移瘤的过程中,

基于单独使用 RFA 可导致椎体不稳定性增加及单独使用 PVP 在稳定椎体及缓解疼痛效果有限的特点, Pezeshki 等^[22]认为 PVP 与 RFA 的联合使用可产生互补效应而显著增加治疗效果。在此理论基础上, Song 等^[34]进一步采用 PVP、RFA 及介入肿瘤切除术 (ITR) 三者联用的方法治疗椎体转移瘤及恶性肿瘤导致的压缩性骨折, 疗效显著。王卫国等^[19]也通过采用 RFA 联合 PVP 方法对 105 例椎体转移瘤进行治疗, 均得到了满意疗效。

7.3 PVP 联合 TACE 在治疗椎体转移瘤中的应用

基于 PVP 可即时稳定椎体且 TACE 可抑制肿瘤生长, 使骨病灶缩小、边缘硬化, 成骨增加, 抑制肿瘤椎间及远处转移的特点, 李永亮等^[12]认为两者联用在治疗脊柱转移瘤 (尤其是骨破坏严重或合并软组织肿块的患者) 时止痛效果显著, 疗效明显优于单纯使用 PVP 或 TACE, 更有利于脊柱整体稳定型的长期维持。对于可能影响脊柱稳定的溶骨病灶, 早期行 PVP 联合 TACE 治疗方案, 有助于改善患者生活质量, 延缓骨转移瘤最严重并发症——截瘫的发生。王福安等^[35]将两者联用付诸实践后, 进一步分析并得出: TACE 可通过局部化疗和栓塞肿瘤血管达到止痛目的, 且可以减少后续治疗出血风险, 在椎体转移瘤的治疗中发挥了越来越重要的作用。而 TACE 对于椎体本身没有加固作用的不足之处, 则刚好可以被 PVP 所弥补。邵泽锋等^[36]在对 42 个椎体转移病灶进行 PVP 联合 TACE 治疗疗效分析后显示, 患者术后疼痛缓解率较高且持续时间较长; 术后患者日常生活能力相比较于术前改善较为明显; 肿瘤未发生进一步骨浸润及远处转移, 且软组织肿块均有不同程度的缩小。最后得出结论: PVP 联合 TACE 治疗椎体转移瘤止痛效果良好, 可在一定程度上保持脊柱的稳定性, 控制肿瘤生长, 提高患者的生活质量, 是治疗脊柱转移瘤的安全、可行和有效的方法。

8 椎体转移瘤治疗前景的展望

对椎体转移瘤进行治疗的原则是缓解患者疼痛、延缓或避免严重危害患者生存率及生存质量的并发症 (如截瘫) 发生、改善及恢复患者日常活动能力。基于此, 微创且禁忌证少的介入治疗应被考虑成为临床上治疗椎体转移瘤的首选方法。但具体术式的选择应有针对性地对每例患者的个体情况进行评估后谨慎决定。灵活而有针对性地选用 2 种甚至 3 种治疗手段的联合手段力求最大程度提高椎体转

移瘤患者的生活质量是具体术式选择的衡量标准。除此之外, 治疗过程中, 药物、材料和器材也应针对患者个体情况进行有针对性的选择, 力求最大程度避免治疗所带来各种并发症的发生。

[参考文献]

- [1] Yang Z, Xu Y, Yang D, et al. Pathological impairments induced by interstitial implantation of ¹²⁵I seeds in spinal canal of banna mini-pigs[J]. World J Surg Oncol, 2012, 10: 48.
- [2] 李高文, 刘素云, 李毅刚, 等. 脊椎转移瘤经皮椎体成形术与放射治疗对比观察[J]. 中国介入影像与治疗学, 2009, 6: 76-78.
- [3] Georgy BA. Metastatic spinal lesions: state-of-the-art treatment options and future trends[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2008, 29: 1605-1611.
- [4] Bartels RH, van der Linden YM, van der Graaf WT. Spinal extradural metastasis: review of current treatment options[J]. CA Cancer J Clin, 2008, 58: 245-259.
- [5] Tomasian A, Wallace A, Northrup B, et al. Spine cryoablation: pain palliation and local tumor control for vertebral metastases[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2015; 37: 189-195.
- [6] 荀建军, 高社军, 张金艳. 降钙素治疗骨转移瘤性疼痛及高钙血症 (附 40 例报告)[J]. 山东医药, 2007, 47: 95-96.
- [7] 杨祚璋, 许建波, 袁涛, 等. 经皮穿刺椎体成形术治疗 28 例脊柱转移瘤[J]. 癌症, 2005, 24: 194-198.
- [8] Donnelly DJ, Abd-El-Barr MM, Lu Y. Minimally invasive muscle sparing posterior-only approach for lumbar circumferential decompression and stabilization to treat spine metastasis: technical report[J]. World Neurosurg, 2015, 84: 1484-1490.
- [9] Wang H, Sribastav SS, Ye F, et al. Comparison of percutaneous vertebroplasty and balloon kyphoplasty for the treatment of single level vertebral compression fractures: a meta-analysis of the literature[J]. Pain Physician, 2015, 18: 209-222.
- [10] 何清义, 吴雪晖, 许建中. 经皮椎体成形术 (PVP) 治疗椎体压缩性骨折[J]. 重庆医学, 2007, 36: 1031-1032.
- [11] 燕太强, 郭卫, 杨荣利, 等. 骨水泥椎体成形在治疗脊柱转移瘤中的临床应用[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2012, 22: 318-323.
- [12] 李永亮, 颜志平. 脊柱转移瘤的双介入治疗[J]. 介入放射学杂志, 2006, 15: 434-436.
- [13] 伍星星, 王文军. ¹²⁵I 放射性粒子在脊柱肿瘤中的应用研究现状[J]. 中国矫形外科杂志, 2015, 23: 1396-1399.
- [14] 陆晓涛, 罗开元, 侯开宇, 等. ¹²⁵I 粒子永久组织间植入治疗脊柱转移性骨肿瘤的初探[J]. 心血管防治知识·学术版, 2013, 5: 86-87.
- [15] 张进明, 郑丽华, 王峰, 等. 放射性粒子植入治疗骨与软组织肿瘤的临床进展[J]. 河北医药, 2012, 34: 2190-2191.
- [16] Shi F, Li W, Zhang X, et al. ¹²⁵I seed implant brachytherapy for painful bone metastases after failure of external beam radiation therapy[J]. Medicine (Baltimore), 2015, 94: e1253.
- [17] Wang SX, Shi GH, Meng XQ. Clinical curative effect of percuta-

- neous vertebroplasty combined with ^{125}I seed implantation in treating spinal metastatic tumor[J]. Pak J Pharm Sci, 2015, 28: 1039-1042.
- [18] Gao F, Li C, Gu Y, et al. CT-guided ^{125}I brachytherapy for mediastinal metastatic lymph nodes recurrence from esophageal carcinoma; effectiveness and safety in 16 patients[J]. Eur J Radiol, 2013, 82: e70-e75.
- [19] 王卫国, 吴春根, 程永德, 等. 射频消融术联合经皮椎体成形术治疗脊柱转移性肿瘤[J]. 介入放射学杂志, 2009, 18: 362-366.
- [20] Knudsen M, Riishede A, Lucke A, et al. Computed tomography-guided radiofrequency ablation is a safe and effective treatment of osteoid osteoma located outside the spine[J]. Dan Med J, 2015, 62: pii: A5059.
- [21] Greenwood TJ, Wallace A, Friedman MV, et al. Combined ablation and radiation therapy of spinal metastases; a novel multimodality treatment approach[J]. Pain Physician, 2015, 18: 573-581.
- [22] Pezeshki PS, Davidson S, Murphy K, et al. Comparison of the effect of two different bone-targeted radiofrequency ablation(RFA) systems alone and in combination with percutaneous vertebroplasty (PVP) on the biomechanical stability of the metastatic spine[J]. Eur Spine J, 2015 [Epub ahead of print].
- [23] Joo B, Park MS, Lee SH, et al. Pain palliation in patients with bone metastases using magnetic resonance-guided focused ultrasound with conformal bone system; a preliminary report[J]. Yonsei Med J, 2015, 56: 503-509.
- [24] 陈雪峰, 高海波. 高强度超声聚焦刀治疗盆腔转移瘤 48 例分析[J]. 实用医技杂志, 2008, 15: 4176-4177.
- [25] 王会, 胡继红, 赵卫. 骨肿瘤的消融治疗[J]. 介入放射学杂志, 2012, 21: 879-883.
- [26] Ray CE Jr, Haskal ZJ, Geschwind JF, et al. The use of transarterial chemoembolization in the treatment of unresectable hepatocellular carcinoma; a response to the cochrane collaboration review of 2011[J]. J Vasc Interv Radiol, 2011, 22: 1693-1696.
- [27] Vogl TJ, Nagueib NN, Nour-Eldin NE, et al. Transarterial chemoembolization in the treatment of patients with unresectable cholangiocarcinoma; results and prognostic factors governing treatment success[J]. Int J Cancer, 2012, 131: 733-740.
- [28] Cullen JW, Jamroz BA, Stevens SL, et al. The value of serial arteriography in osteosarcoma; delivery of chemotherapy, determination of therapy duration, and prediction of necrosis[J]. J Vasc Interv Radiol, 2005, 16: 1107-1119.
- [29] Chen Y, Yan Z, Wang J, et al. Transarterial chemoembolization for pain relief in patients with hypervascular painful metastatic spinal tumors refractory to percutaneous vertebroplasty[J]. J Cancer Res Clin Oncol, 2013, 139: 1343-1348.
- [30] Koike Y, Takizawa K, Ogawa Y, et al. Transcatheter arterial chemoembolization (TACE) or embolization (TAE) for symptomatic bone metastases as a palliative treatment[J]. Cardiovasc Intervent Radiol, 2011, 34: 793-801.
- [31] Yang Z, Yang D, Xie L, et al. Treatment of metastatic spinal tumors by percutaneous vertebroplasty versus percutaneous vertebroplasty combined with interstitial implantation of ^{125}I seeds[J]. Acta Radiol, 2009, 50: 1142-1148.
- [32] Yang Z, Zhang Y, Xu D, et al. Percutaneous vertebroplasty combined with interstitial implantation of ^{125}I seeds in banna mini-pigs[J]. World J Surg Oncol, 2013, 11: 46.
- [33] 肖全平, 吴春根, 王涛, 等. 经皮骨成形术联合 ^{125}I 粒子植入治疗骨转移瘤临床应用[J]. 临床放射学杂志, 2015, 34: 624-629.
- [34] 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.
- [35] 王福安, 王立富, 王书祥, 等. 血管内化疗栓塞术联合椎体成形术治疗椎体转移性肿瘤的临床应用分析[J]. 介入放射学杂志, 2011, 20: 1003-1006.
- [36] 邵泽锋, 邓钢, 何仕诚, 等. 观察采用联合介入技术治疗椎体转移瘤的疗效[J]. 中国介入影像与治疗学, 2012, 9: 575-578.

(收稿日期:2015-12-23)

(本文编辑:俞瑞纲)