

射频消融辅助开放手术姑息性治疗脊柱转移癌的近期临床疗效

张然昕, 汤小东, 郭 卫, 杨荣利, 李大森

(北京大学人民医院骨与软组织肿瘤治疗中心 100044 北京市)

【摘要】目的:探讨射频消融辅助开放手术姑息性治疗脊柱转移癌的近期临床效果。**方法:**回顾性总结 2012 年 4 月~2015 年 1 月接受射频消融辅助开放手术姑息性治疗的 30 例脊柱转移癌患者, 其中男性 17 例, 女性 13 例; 年龄 56 ± 14 岁(17~80 岁); 单纯胸椎 17 例, 单纯腰椎 9 例, 胸腰椎均受累 4 例; 原发肿瘤包括肺癌 6 例, 肾癌 5 例, 肝癌、乳腺癌、多形性未分化肉瘤、前列腺癌、甲状腺癌各 2 例, 其他脏器来源转移癌 9 例; 患者均在后路开放手术过程中接受病灶射频消融。观测患者术中出血量、术后并发症、术后疼痛和神经功能恢复情况及肿瘤局部控制情况。**结果:**患者平均术中出血量 $1083\pm 1193\text{ml}$ (250~5400ml), 并发症包括脑脊液漏 3 例、无症状骨水泥渗漏 2 例、术后血肿形成 1 例、伤口感染 1 例, 其中脑脊液漏患者经保守治疗后好转, 硬膜外血肿行急诊血肿清除后神经功能恢复, 伤口感染经清创后痊愈。患者术前平均疼痛 VAS 评分 4.3 分, 术后 1 个月时平均 1.3 分, 差异有统计学意义($P=0.0254$), 共计 26 例(86.7%)患者术后获得疼痛缓解。所有患者术后神经功能获得改善或保持稳定; 平均随访 10 ± 8 个月, 随访期内 3 例患者脊柱原病灶部位出现进展。**结论:**射频消融辅助开放手术方式姑息性治疗脊柱转移癌, 可以在手术创伤较小的前提下获得较低的并发症发生率、良好的疼痛和神经功能改善及满意的肿瘤局部控制效果。

【关键词】 脊柱转移癌; 姑息性治疗; 后路手术; 射频消融

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2016.09.11

中图分类号: R738.1, R454 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2016)-09-0839-06

Radiofrequency ablation during open surgery: a palliative treatment for spinal metastases/ZHANG Ranxin, TANG Xiaodong, GUO Wei, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2016, 26(9): 839-844

【Abstract】 Objectives: To investigate the outcome of radiofrequency ablation in surgery for spinal metastases. **Methods:** The study was a retrospective review of 30 cases of spinal neoplastic metastases treated in our center between April 2012 and January 2015, including 17 males and 13 females, with an average age of 56 ± 14 years(range, 17-80 years). The affected vertebrae were located in thoracic spine(17 patients), lumbar spine(9 patients), both thoracic and lumbar spine(4 patients). The sites of primary cancer were: lung(6 cases), kidney(5 cases), each 2 cases at liver, mammary gland, soft tissue, prostate and thyroid, and 9 cases with various histological type. All patients underwent posterior open surgery assisted with radiofrequency ablation. **Results:** The mean blood loss was $1083\pm 1193\text{ml}$ (range, 250-5400ml), complications included 3 cases of CSF leak, 2 cases of asymptomatic bone cement leakage, 1 case of epidural hematoma and 1 case of wound infection. All were healed after surgical or non-surgical treatment. The mean visual analog score(VAS) before surgery was 4.3, which dropped to 1.3 at one month after surgery ($P<0.05$), 26 out of 30 patients (86.7%) received pain relief, and an improved or a stable neural function was presented in all 30 patients. The mean follow-up time was 10 ± 8 months, during which all patients except three were free of local tumor recurrence. **Conclusions:** With less surgical trauma, RFA assisted open surgery is able to serve as a palliative approach to achieve low complication rate, relieved pain, improved neural functions and satisfying local tumor control.

第一作者简介: 女(1991-), 医学硕士, 研究方向: 骨与软组织肿瘤外科治疗及相关基础研究

电话: (010)88326150 E-mail: zhang_ranxin@sina.com

通讯作者: 汤小东 E-mail: tang15877@126.com

[Key words] Spinal metastases; Palliative treatment; Posterior surgery; Radiofrequency ablation

[Author's address] Musculoskeletal Tumor Center, Peking University People's Hospital, Beijing, China

骨转移瘤好发于脊柱,可造成脊髓受压引起相应神经症状甚至截瘫^[1,2],严重影响患者生活质量。前瞻性随机对照研究结果显示,手术治疗脊柱转移瘤较单纯放疗在术后缓解疼痛及恢复神经功能方面更为有效^[3],多篇 Meta 分析也肯定了其在缓解症状、改善患者生活质量方面的优越性^[4,5]。根据患者情况,脊柱转移瘤可以选择不同的手术方式,如经皮微创手术^[6]及全椎体切除术^[7],但对于广泛多发椎体破坏伴神经压迫的患者,应用较多的是椎板切除减压联合部分椎体切除的开放姑息性手术^[8]。这种姑息性手术虽然可以对脊髓进行减压,但存在创伤大、出血多、对椎体肿瘤切除不充分导致肿瘤再次进展等问题^[9],影响了其治疗的效果。

射频消融是一种已广泛应用于临床的肿瘤热疗方法,通过射频电流使细胞内分子互相摩擦产生高热,从而使组织热凝固性坏死和变性来达到减灭肿瘤的目的^[10]。在骨肿瘤领域,CT 引导下射频消融结合骨水泥强化椎体成形已作为一种较成熟的方法用于治疗脊柱转移瘤,具有缓解疼痛、微创、出血少等优点^[11-14],但其局限性在于需要完整的椎体后缘或椎弓根皮质来阻挡热量传播损伤脊髓、神经根等重要组织^[15],因此难以用于椎体严重破坏的病例,且难以改善肿瘤组织压迫脊髓引起的神经症状,适用范围有限。

如果将射频消融与开放姑息性手术结合,则有可能叠加双方优势且改善两种方法的不足。既往鲜有研究将以上两种方法结合并研究其临床效果,而本中心近 4 年来采用椎管减压、内固定联合椎体射频消融、骨水泥成形治疗 30 例伴有神经压迫的脊椎转移瘤患者,取得较好效果,报告如下。

1 资料和方法

1.1 一般资料

回顾性收集 2012 年 4 月~2015 年 1 月之间我中心诊治的 251 例脊柱转移瘤患者资料,纳入标准包括:(1)肿瘤累及胸椎或腰椎;(2)行开放姑息性手术;(3)术中辅助性应用射频消融。非胸腰椎病例、接受经皮穿刺微创治疗或术后接受局部放疗的患者被排除。

最终入组 30 例患者,其中男性 17 例,女性 13 例;年龄 17~80 岁,平均 56 ± 14 岁。原发肿瘤类型包括肺癌 6 例,肾癌 5 例,肝癌、乳腺癌、多形性未分化肉瘤、前列腺癌、甲状腺癌各 2 例,食管癌、胰腺癌、脊索瘤、软骨肉瘤、恶性外周神经鞘瘤、白血病、淋巴瘤、子宫内膜癌、生殖道性上皮肿瘤各 1 例。部位包括单纯胸椎 17 例,单纯腰椎 9 例,胸腰椎均受累 4 例。病变累及 1 个节段 9 例,2 个节段、3 个节段各 7 例,3 个以上节段者 7 例(其中 1 例累及 6 个节段)。

所有患者均符合开放姑息手术指征, Tokunashi 评分^[16]平均 9.5 分(4~13 分),预期生存期均 ≥ 3 个月。7 例患者为脊柱转移瘤术后复发,5 例患者术前曾接受放疗。30 例患者术前或术后均进行原发肿瘤正规诊治。患者术前均存在不同程度的疼痛、感觉肌力障碍,用 VAS 评分评估疼痛程度,术后较术前疼痛主观变化情况记录为 5 个等级:加重、无变化、部分缓解、明显缓解、完全缓解^[9]。根据运动、感觉及自主神经功能行 Frankel 分级,将行走能力分为 6 种等级:Ⅰ完全卧床、Ⅱ轮椅、Ⅲ双拐或习步器辅助、Ⅳ单拐或拐杖辅助、Ⅴ尚可、Ⅵ自如,其中前两者定义为不能行走,余属可行走^[17,18]。

1.2 手术方法

麻醉满意后患者俯卧位,于双侧大腿后侧或其他皮下组织丰富位置贴射频消融专用负极板。取后正中入路,首先按常规方法对病变节段进行椎板切除、椎管减压、内固定。需要切除椎管内导致脊髓神经根压迫的全部肿瘤组织,对硬膜囊充分环形减压。而后根据椎体肿瘤侵犯范围,在透视下,经椎弓根将伞形可伸缩射频针(Starburst XL electrode, RITA Medical System Inc., Mountain View, CA)穿刺入病变椎体,伸入至病变中心打开,用生理盐水冲洗或隔离等方式保护脊髓及神经根,设置发生器靶温度 $95 \sim 105^{\circ}\text{C}$,功率 120W,维持靶温度后 5~10min,根据术前影像及术中透视调整进针角度、增加消融次数。若肿瘤体积较大或位置居中则增加对侧椎弓根穿刺消融,直至叠加覆盖全部肿瘤病灶^[19]。最后对消融后椎体强度较差的节段沿原针道在透视下行椎体骨水泥成形

术,加强病椎强度。其中 1 例脊索瘤腰椎转移患者在射频消融前将活检针穿刺入病椎取得病理标本,射频消融后再次原位穿刺取得标本,均送病理检查。

1.3 观察及随访指标

术后 1 个月及第 1 年内每 3 个月随访,之后每 6 个月随访,随访方式为门诊复查或电话询问。术后 1 个月随访时记录患者疼痛变化、Frankel 分级及行走能力评定,每次随访均行局部 X 线检查,症状加重或必要时加做 MRI 检查。

1.4 统计学处理

应用 SPSS 13.0 进行统计学处理,采用均数 $\pm$ 标准差将手术前后 VAS 评分行配对 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。通过 Kaplan-Meier 生存曲线分析患者生存情况。

2 结果

30 例患者中,除围手术期死亡 1 例以外,其余患者均获随访(3~36 个月),无失访发生,平均随访时间 10 ± 8 个月。

术中失血量 1083 ± 1193 ml (250~5400 ml),每节段失血量平均 635 ± 495 ml。术后共有 8 例患者(26.7%)发生并发症,包括:脑脊液漏 3 例,经保守治疗后好转;1 例患者术后第 1 天因硬膜外血肿出现急性截瘫,行急诊血肿清除后神经功能恢复;1 例术后伤口感染,清创后痊愈;1 例术后因肺转移继发肺部感染治疗无效后死亡;另有 2 例无症状骨水泥渗漏。

30 例患者中,术前 VAS 评分平均 4.3 ± 1.8 分,术后平均 1.3 ± 1.1 分,有统计学差异($P = 0.0254$)。术后疼痛得到缓解者 26 例(86.7%),其中完全缓解 10 例(33.3%)、明显缓解 7 例(23.3%)、部分缓解 9 例(30%),不变化者 4 例(13.3%)。术后 Frankel 分级较术前保持不变者 17 例,提高 3 个、2 个、1 个等级者分别为 1 例、4 例、8 例,无神经功能出现恶化者(表 1)。16 例术前行走患者术后均保持可行走状态,术前 14 例不能下地行走术后有 6 例重获行走能力(表 2),其中有 3 例术前卧床或轮椅患者术后恢复自如行走能力(图 1)。

1 例应用射频消融前、后标本病理学检查对比可见射频消融后标本视野内大片出血、凝固状坏死,部分区域仅残存个别肿瘤细胞影像(图 2)。随访患者中,中位生存时间为 9 个月,3 个月生存

率为 100%,6 个月生存率为 46.7%,1 年生存率为 30%(图 3)。3 例患者术后再次出现局部疼痛或神经症状,行 CT 或核磁检查考虑局部病变未得到有效控制,进展时间分别为术后 3、9、28 个月,局部肿瘤控制率为 90%。

表 1 30 例患者术前术后 Frankel 分级情况

Table 1 Preoperative and postoperative Frankel grade of 30 patients

术前 Frankel 分级 Preoperative Frankel grade	例数 Cases	术后 Frankel 分级(例数) Postoperative Frankel grade(Cases)				
		A	B	C	D	E
A	1				1	
B	2		1		1	
C	11			6	2	3
D	13				7	6
E	3					3

表 2 30 例患者术前术后行走能力变化情况

Table 2 Preoperative and postoperative stepping ability of 30 patients

术前行走能力 Preoperative stepping ability	例数 Cases	术后行走能力(例数) Postoperative stepping ability(Cases)					
		I	II	III	IV	V	VI
I	8	3	5				
II	6		1	1	1	0	3
III	3			1	0	1	1
IV	7				2	2	3
V	5					1	4
VI	1						1

3 讨论

开放手术治疗脊柱转移瘤可以对脊髓进行充分减压,较好地缓解症状,但存在创伤大、出血多、并发症发生率高、肿瘤再次进展等问题^[9],影响治疗效果。射频消融被应用于脊柱转移瘤的经皮微创治疗,具有创伤小、肿瘤控制满意的优点^[11],但仅限于不存在脊髓压迫、椎体后壁完整的病例,使用范围有限^[15]。如果将射频消融与开放姑息性手术结合,则有可能结合以上两种方法的优点并扩大适用范围。既往仅有 1 篇个案报道 4 例将射频消融应用于开放姑息手术治疗脊柱转移瘤病例,说服能力有限^[20]。本研究将射频消融辅助用于脊柱转移瘤开放姑息性手术,探讨其是否能够降低出血量和并发症发生率,获得疼痛及神经功能改善,以及满意的肿瘤控制。

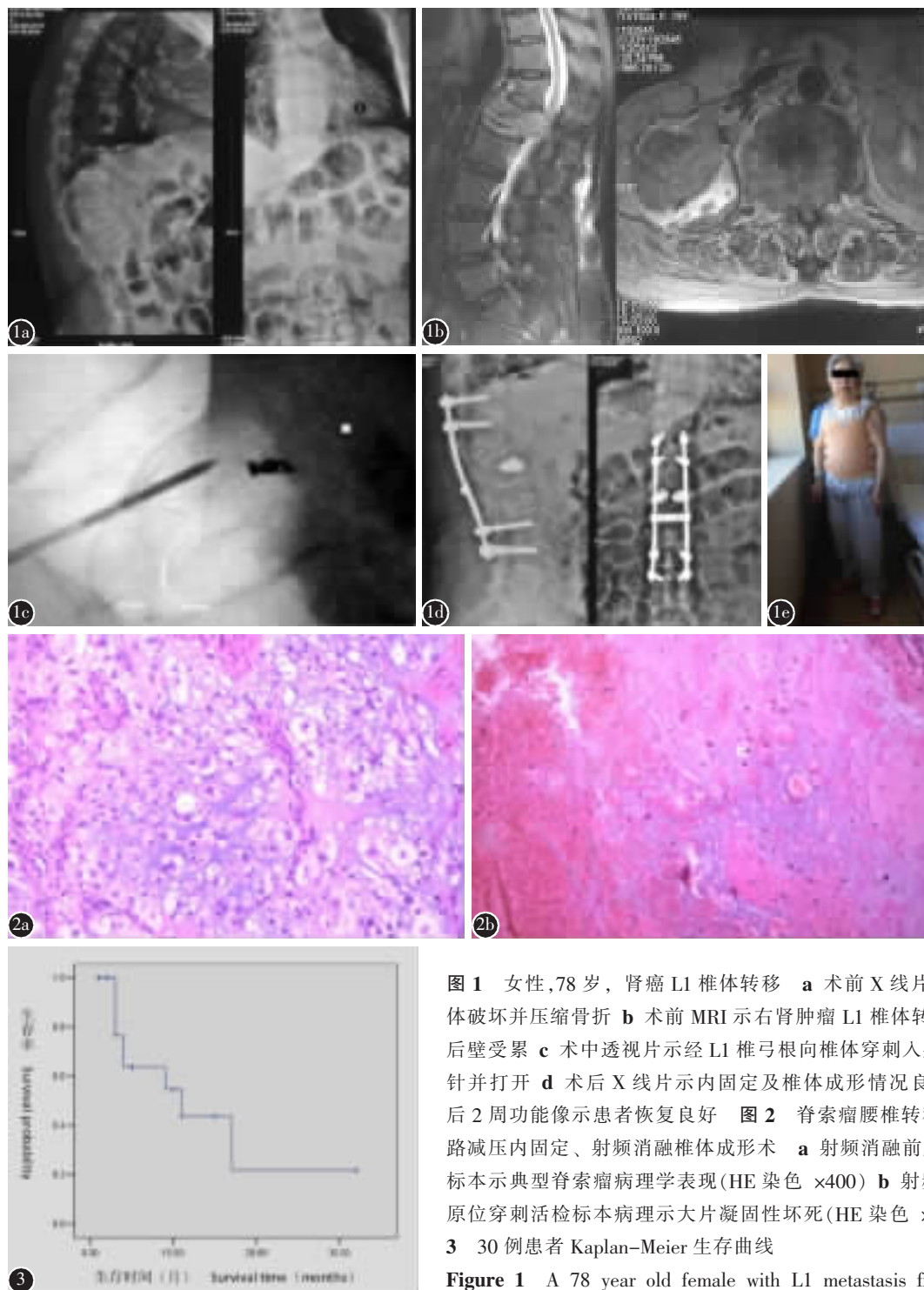


图 1 女性, 78 岁, 肾癌 L1 椎体转移 **a** 术前 X 线片示 L1 椎体破坏并压缩骨折 **b** 术前 MRI 示右肾肿瘤 L1 椎体转移, 椎体后壁受累 **c** 术中透视片示经 L1 椎弓根向椎体穿刺入射频消融针并打开 **d** 术后 X 线片示内固定及椎体成形情况良好 **e** 术后 2 周功能像示患者恢复良好 **图 2** 脊索瘤腰椎转移瘤行后路减压内固定、射频消融椎体成形术 **a** 射频消融前肿瘤穿刺标本示典型脊索瘤病理学表现 (HE 染色 $\times 400$) **b** 射频消融后原位穿刺活检标本病理示大片凝固性坏死 (HE 染色 $\times 80$) **图 3** 30 例患者 Kaplan-Meier 生存曲线

Figure 1 A 78 year old female with L1 metastasis from renal carcinoma **a** X-ray showed L1 vertebral body destruction and compressed fracture **b** MRI suggested right renal carcinoma and L1 metastasis **c** Intra-operative X-ray revealed radiofrequency ablation probe spreading inside the vertebral body **d** X-ray after surgery showed good location of internal fixation and vertebroplasty **e** The patient was able to mobile two weeks after surgery **Figure 2** Pathology films before and after radiofrequency ablation of chordoma metastasized to lumbar vertebral body **a** Before radiofrequency ablation: typical pathological readings of chordoma (HE $\times 400$) **b** After radiofrequency ablation: massive coagulative necrosis of cells (HE $\times 80$) **Figure 3** Kaplan-Meier survival curve of 30 patients

射频消融辅助开放手术姑息性治疗脊柱转移癌能够降低出血量,且并发症发生率较低。射频消融使肿瘤组织内产生摩擦热,达到 95~105℃高温使组织局部产生凝固性坏死,杀灭肿瘤细胞、破坏肿瘤组织血供^[21],减少手术操作出血。既往文献报道后路减压内固定手术治疗脊柱转移癌的术中出血量平均为 1500~2486ml^[8,22,23]。本研究术中出血量平均为 1083ml,均少于上述文献报道的开放后路手术出血量。且对于肾转移癌等血供极其丰富的肿瘤或术后复发、放疗后病例,术中应用射频消融后可见肿瘤出血明显减少,使手术视野保持清晰。Dupuy 等^[13]通过动物试验证实了完整的骨皮质可阻隔椎体内射频消融产生的热量播散至后方神经组织,不建议对椎体后缘皮质不完整的个体使用射频消融,且 Nakatsuka 等^[24]报道经皮射频消融术中 4 例患者出现下肢放射痛,患者的椎体后壁或椎弓根皮质完整性均被肿瘤破坏,导致不可逆的神经损害。本研究在开放手术中直视下使用射频消融,加用生理盐水降温或物理隔离的方法保护脊髓和神经根,无术后神经功能受损并发症发生,对于椎体后缘或椎弓跟皮质被肿瘤破坏的患者来说较经皮射频消融安全性更高。

射频消融辅助开放手术姑息性治疗脊柱转移癌术后能够获得疼痛及神经功能改善。开放手术通过充分减压达到缓解症状的目的。既往文献报道开放手术疼痛缓解率为 77%~94%^[8,9,18,22,23,25~27]。Akeyson 等报道 25 例后路减压内固定术后 6 位患者术后 Frankel 分级提高 1 个等级^[18]。Chong 等报道 105 例胸椎后路术后有 64% 患者 VAS 评分超过 3 分改善,20% 行走能力较前有好转,6 例术后功能较术前恶化^[25]。开放术中射频消融的应用减少术中出血使术野保持清晰,更有利于减压的进行,且射频消融也可通过缩小肿瘤体积、减少神经刺激因子(肿瘤坏死因子、白介素等)及抑制破骨细胞活性等机制来减轻疼痛、改善神经功能^[28]。本研究中 86.7% 患者疼痛获得不同程度的缓解,14 例不能行走的患者术后有 6 例重获行走能力, Frankel 分级有 43.3% 患者获得提高,余患者神经功能均同术前,无神经功能恶化事件发生,获得满意症状缓解效果。

射频消融辅助开放手术姑息性治疗脊柱转移癌可以获得满意的肿瘤控制。Nakatsuka 等对 1 例射频消融、骨水泥成型术后死亡腰椎转移瘤患者

进行尸检,病理学检查示射频消融后肿瘤凝固性坏死表现^[24]。本研究对 1 例患者于射频消融前后分别穿刺取得肿瘤病理标本,对比验证射频消融对肿瘤的凝固性坏死及变性作用,证实其局部减灭肿瘤的能力。Hosono 等报道前路术式的术后复发率为 24.4%^[29]。Hirabayashi 等报道以后方入路为主治疗的 81 例脊柱转移癌患者,术后有 17 例(21%) 局部肿瘤出现复发^[27]。本研究中局部肿瘤控制率为 90%,有 3 例(10%) 患者分别于术后 3、9、28 月局部症状再次出现,且行影像学检查(CT 或 MRI)考虑局部复发。其中 1 例为肝癌患者,局部肿瘤进展同时发现全身新发多发转移,说明为恶性程度高、进展快的肿瘤;其余 2 例均为肾癌生存期较长的患者,我们认为随着生存期的延长,肿瘤局部进展的风险随之增加,姑息手术无法根治肿瘤,其目的是在不增加新风险的基础上缓解症状、提高患者生活质量。射频消融通过高温使细胞坏死达到局部控制肿瘤的目的,且椎体成形过程中骨水泥产生的高温进一步杀灭肿瘤细胞,减少局部复发几率^[13]。

本研究存在一些不足。入组患者数量较少,为回顾性研究,且脊柱转移瘤患者因原发肿瘤类型、脊柱转移节段数目及病变范围等多因素异质性,难以进行严谨的有效对照,需要一个前瞻性、随机性、对照性、更大样本量的研究来进一步证实手术效果。但本文通过回顾性分析 30 例病例,并与文献比较可初步说明射频消融有减少术中出血量、较低并发症发生率、有效改善症状及获得满意肿瘤控制率等优点,可更广泛地用于有姑息性手术指征的脊柱转移癌患者。

4 参考文献

1. Berrettoni BA, Carter JR. Mechanisms of cancer metastasis to bone[J]. J Bone Joint Surg Am, 1986, 68(2): 308-312.
2. Perrin RG, McBroom RJ. Anterior versus posterior decompression for symptomatic spinal metastasis [J]. Can J Neurol Sci, 1987, 14(1): 75-80.
3. Patchell RA, Tibbs PA, Regine WF, et al. Direct decompressive surgical resection in the treatment of spinal cord compression caused by metastatic cancer: a randomised trial [J]. Lancet, 2005, 366(9486): 643-648.
4. Klimo PJ, Thompson CJ, Kestle JR, et al. A meta-analysis of surgery versus conventional radiotherapy for the treatment of metastatic spinal epidural disease[J]. Neuro Oncol, 2005, 7(1): 64-76.

5. Ibrahim A, Crockard A, Antonietti P, et al. Does spinal surgery improve the quality of life for those with extradural (spinal) osseous metastases? An international multicenter prospective observational study of 223 patients [J]. *J Neurosurg Spine*, 2008, 8(3): 271–278.
6. Gazis AN, Beuing O, Franke J, et al. Bipolar radiofrequency ablation of spinal tumors: predictability, safety and outcome[J]. *Spine J*, 2014, 14(4): 604–608.
7. Luzzati AD, Shah S, Gagliano F, et al. Multilevel en bloc spondylectomy for tumors of the thoracic and lumbar spine is challenging but rewarding [J]. *Clin Orthop Relat Res*, 2015, 473: 858–867.
8. Krikler SJ. Posterior decompression and stabilization for spinal metastases. Analysis of sixty-seven consecutive patients[J]. *J Bone Joint Surg Am*, 1998, 80(9): 1396.
9. Gokaslan ZL, York JE, Walsh GL, et al. Transthoracic vertebrectomy for metastatic spinal tumors[J]. *J Neurosurg*, 1998, 89(4): 599–609.
10. Goetz SF, Birnbaum K, Meyer C, et al. Thermometry during coblation and radiofrequency ablation of vertebral metastases: a cadaver study[J]. *Eur Spine J*, 2013, 22(6): 1389–1393.
11. Goetz MP, Callstrom MR, Charboneau JW, et al. Percutaneous image-guided radiofrequency ablation of painful metastases involving bone: a multicenter study[J]. *J Clin Oncol*, 2004, 22(2): 300–306.
12. Gronemeyer DH, Schirp S, Gevarguez A. Image-guided radiofrequency ablation of spinal tumors: preliminary experience with an expandable array electrode[J]. *Cancer J*, 2002, 8(1): 33–39.
13. Proschek D, Kurth A, Proschek P, et al. Prospective pilot-study of combined bipolar radiofrequency ablation and application of bone cement in bone metastases[J]. *Anticancer Res*, 2009, 29(7): 2787–2792.
14. Anchala PR, Irving WD, Hillen TJ, et al. Treatment of metastatic spinal lesions with a navigational bipolar radiofrequency ablation device: a multicenter retrospective study[J]. *Pain Physician*, 2014, 17(4): 317–327.
15. Dupuy DE, Hong R, Oliver B, et al. Radiofrequency ablation of spinal tumors: temperature distribution in the spinal canal [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2000, 175(5): 1263–1266.
16. Tokuhashi Y, Matsuzaki H, Oda H, et al. A revised scoring system for preoperative evaluation of metastatic spine tumor prognosis[J]. *Spine*, 2005, 30(19): 2186–2191.
17. Frankel HL, Hancock DO, Hyslop G, et al. The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia [J]. *I. Paraplegia*, 1969, 7(3): 179–192.
18. Akeyson EW, McCutcheon IE. Single-stage posterior vertebrectomy and replacement combined with posterior instrumentation for spinal metastasis[J]. *J Neurosurg*, 1996, 85(2): 211–220.
19. Dodd G R, Frank M S, Aribandi M, et al. Radiofrequency thermal ablation: computer analysis of the size of the thermal injury created by overlapping ablations[J]. *AJR Am J Roentgenol*. 2001. 177(4): 777–82.
20. Ha KY, Kim YH, Yoo TW. Intraoperative radiofrequency ablation for metastatic spine disease: report of 4 cases and review[J]. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2013, 11(23 Suppl 2): S129–134.
21. Rosenthal DI. Radiofrequency treatment[J]. *Orthop Clin North Am*, 2006, 37(3): 475–484.
22. Rompe JD, Hopf CG, Eysel P. Outcome after palliative posterior surgery for metastatic disease of the spine—evaluation of 106 consecutive patients after decompression and stabilization with the Cotrel–Dubousset instrumentation [J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 1999, 119(7–8): 394–400.
23. Xu R, Garces–Ambrossi GL, McGirt MJ, et al. Thoracic vertebrectomy and spinal reconstruction via anterior, posterior, or combined approaches: clinical outcomes in 91 consecutive patients with metastatic spinal tumors [J]. *J Neurosurg Spine*, 2009, 11(3): 272–284.
24. Nakatsuka A, Yamakado K, Maeda M, et al. Radiofrequency ablation combined with bone cement injection for the treatment of bone malignancies [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2004, 15(7): 707–712.
25. Chong S, Shin SH, Yoo H, et al. Single-stage posterior decompression and stabilization for metastasis of the thoracic spine: prognostic factors for functional outcome and patients' survival[J]. *Spine J*, 2012, 12(12): 1083–1092.
26. Siegal T, Siegal T. Surgical decompression of anterior and posterior malignant epidural tumors compressing the spinal cord: a prospective study[J]. *Neurosurgery*. 1985.17(3): 424–32.
27. Hirabayashi H, Ebara S, Kinoshita T, et al. Clinical outcome and survival after palliative surgery for spinal metastases: palliative surgery in spinal metastases[J]. *Cancer–Am Cancer Soc*, 2003, 97(2): 476–484.
28. Kashima M, Yamakado K, Takaki H, et al. Radiofrequency ablation for the treatment of bone metastases from hepatocellular carcinoma [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2010, 194(2): 536–541.
29. Hosono N, Yonenobu K, Fuji T, et al. Orthopaedic management of spinal metastases[J]. *Clin Orthop Relat Res*, 1995, 312: 148–159.

(收稿日期:2016-05-18 修回日期:2016-08-21)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)