

·椎体强化术·
论 著

射频消融联合经皮椎体后凸成形术 治疗脊柱转移瘤的临床初步研究

任大伟 何胤 贾涛 余利民 施建党

【摘要】 目的 初步探讨射频消融(radiofrequency ablation, RFA)联合经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)治疗脊柱转移瘤的临床疗效。方法 对2013年9月至2015年9月于广元市中心医院骨科行RFA联合PKP治疗脊柱转移瘤的18例(24椎)病人的临床资料进行回顾性分析,比较其术前、术后1 d、1周及1、2、3、6个月的疼痛视觉模拟量表(visual analogue scales, VAS)评分、日本骨科协会(Japanese Orthopaedic Association, JOA)评估治疗分数、罗兰-莫里斯生活障碍问卷(Rolando-Morris disability questionnaire, RMDQ)评分,同时通过术后随访复查的X线片,测量椎体前缘高度,记录骨水泥渗漏情况。结果 全部病人术后24 h内疼痛明显缓解,技术成功率为100%,均得到3个月以上随访,平均随访时间为5.2个月。术后3个月,9例(50.0%)疼痛完全缓解,7例(38.9%)止痛药用量减少或止痛药级别降低,2例(11.1%)止痛药维持原量。治疗后(术后1 d、1周及1、2、3、6个月)的VAS、JOA、RMDQ评分及椎体前缘高度均较治疗前显著改善,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。结论 RFA联合PKP可明显提高病人生活质量,手术方式安全,对脊柱转移瘤病人微创、有效。

【关键词】 脊柱;肿瘤转移;射频消融;椎体后凸成形术

The preliminary study on image - guided radiofrequency ablation combined with percutaneous kyphoplasty to spinal metastases. REN Dawei, HE Yin, JIA Tao, YU Liming, SHI Jiandang. *Department of Orthopaedics, Guangyuan Central Hospital, Guangyuan 628000, China

Corresponding author: HE Yin, E-mail: heyin126@126.com

【Abstract】 Objective To explore the clinical curative effect and safety of radiofrequency ablation (RFA) combined with percutaneous kyphoplasty (PKP) to the spinal metastases. **Methods** The clinical data of 18 patients (24 vertebral bodies) with RFA combined with PKP in the treatment of spinal metastases from September 2013 to September 2015 were analyzed retrospectively. The visual analogue scales (VAS) scores, Japanese Orthopaedic Association (JOA) scores, Rolando - Morris disability questionnaire (RMDQ) and the anteriorvertebral body height changes were evaluated at the 1st day, 1st week and the 1st, 2nd, 3rd and 6th month postoperatively. **Results** All patients were significantly relieved within 24 h after operation. The technical success rate was 100%. All patients were followed up for more than 3 months, with an average follow-up time of 5.2 months. Nine cases (50.0%) got the pain relief completely at the 3rd month postoperation. Medication requirements decreased or dosage of analgesic was reduced in 7 cases (38.9%), and the dosage of analgesic maintained unchanged in 2 cases (11.1%). The VAS, JOA, RMDQ scores and the anterior height of vertebral body were significantly improved at 1st day, 1st week and 1st, 2nd, 3rd and 6th month after treatment, and the differences were statistically significant ($P < 0.05$ for all). **Conclusion** RFA combined with PKP with minimal injury could improve the quality of patients' life significantly, and safe and feasible for patients with spinal metastases.

【Key words】 Spine; Neoplasm metastasis; Radiofrequency ablation; Kyphoplasty

骨骼是恶性肿瘤常见的转移部位,骨转移瘤中

约40%发生于脊柱,原发肿瘤以肺癌、乳腺癌、前列腺癌最为常见^[1]。

DOI: 10.3969/j.issn.1674-8573.2017.03.003

作者单位:628000 四川广元,广元市中心医院骨二科(任大伟、何胤、贾涛、余利民);750004 银川,宁夏医科大学总医院脊柱骨科(施建党)

通信作者:何胤, E-mail: heyin126@126.com

传统的治疗方案中,保守治疗很难达到止痛及重建脊柱稳定性的目标,开放性手术创伤大,癌症晚期病人大多无法耐受,而微创治疗可以获得较好的

疗效^[2]。

目前,实时影像引导下的射频消融术(radiofrequency ablation, RFA)和经皮椎体后凸成形术(percutaneous kyphoplasty, PKP)两种技术均已成功应用于治疗脊柱转移癌^[2,3],鉴于二者在脊柱转移癌的治疗上具有优势集合,我们将两种术式联合应用于脊柱转移癌病人的微创治疗,并回顾性分析了2013年9月至2015年9月于广元市中心医院骨科采用上述方法治疗的18例病人的临床资料,通过比较其手术前后的疼痛情况、功能障碍情况以及影像学参数,探讨RFA联合PKP临床治疗脊柱转移癌的安全性及有效性。

资料与方法

一、纳入排除标准

纳入标准:①脊柱转移癌诊断明确;②椎体后缘骨皮质结构完整,无明显神经根性症状;③胸、腰段椎体病灶为溶骨性破坏或溶骨性破坏为主的病变;④采用RFA联合PKP治疗;⑤随访时间 ≥ 3 个月,且随访资料完整。

排除标准:①椎体后缘瘤体浸润到硬膜伴神经根症状者;②成骨性病变;③临末期病人;④严重心肺疾病或凝血功能障碍者;⑤随访时间 < 3 个月或资料不全者。

二、一般资料

共收集18例(24椎)椎体转移癌病人,其中男11例,女7例;年龄为41~78岁,平均为(57.7 \pm 13.2)岁。原发肿瘤:肺癌5例,乳腺癌3例,甲状腺癌3例,前列腺癌2例,肾癌2例,其他部位肿瘤3例。转移病变椎体分布:胸椎16个,腰椎8个;均为溶骨性病变,有腰背部疼痛,无脊髓压迫症状。术前均行X线、CT、MRI、ECT、穿刺活检及常规术前检查,充分掌握受累椎体部位、溶骨破坏程度、椎弓根受侵犯情况、脊髓受压程度及手术耐受能力等。

三、术前准备

术前与病人签订手术知情同意书;完善术前常规检查,尤其是全身核素骨扫描或PET-CT检查;加强围手术期护理、肺功能锻炼及营养支持;术前常规备血。

明确病人对麻醉药物或抗生素是否过敏,明确肿瘤部位、大小及与周围组织器官的毗邻关系,对椎弓根进行解剖学评估。行经椎弓根病灶穿刺活检明确肿瘤性质,指导下一步的综合治疗。

根据肿瘤的浸润范围制定置针方案,为了最大

程度地杀灭肿瘤细胞,应针对每例病人的实际情况选择不同规格的电极,进而设计进针点及进针方向。

本研究采用ET-20S多功能射频热波治疗系统(Smith & Nephew公司,美国)。

四、手术方法

1. 建立工作通道 病人取俯卧位,局部麻醉监护,常规消毒、铺巾,“G”型臂X线机透视下定位椎体弓根并进行标记,2%利多卡因局部麻醉后,在X线透视下经皮椎弓根入路,与身体矢状面成15°~20°角穿刺建立工作通道,采用骨活检针经通道刺入病灶,取部分病灶组织编号a。

2. RFA治疗 在“G”型臂X线机透视下将RFA电极针经椎弓根通道置入椎体病灶内,设置消融参数:消融功率为150 W,温度由80℃开始,最高温度为(95 \pm 5)℃,累计消融时间为8~10 min。电极针尖到达病灶中央后开始消融。治疗后缓慢取出射频电极,热凝穿刺针道预防出血。对于形状不规则的肿瘤,术中调整电极针的角度和方向进行多次消融,相邻进针位点射频治疗有效径可叠加。在无重要的神经、血管及重要脏器损伤的前提下,射频消融的范围应超过癌灶边界0.5~1.0 cm。消融结束后,经通道取部分癌组织编号b。

将标本a和标本b一并送病理检查。

3. 球囊扩张 经工作通道置入可扩张球囊,球囊置于椎体塌陷的明显部位,加压器缓慢加压,直至球囊扩张至终板或预计的椎体扩张效果时停止加压,在病变椎体内形成待骨水泥填充的空腔。

4. 注入骨水泥 球囊扩张完成后,调制骨水泥成团状,取出球囊,“G”型臂X线机透视监测下经原工作通道向病椎椎体内注入团状期的骨水泥,使空腔填充满意或骨水泥已达椎体边缘为止,同时观察病人的下肢感觉和运动功能是否变化。注射完成后取出器械,压迫止血,无菌辅料覆盖。注射速度及注射的量由病变椎体的部位及塌陷程度的不同决定,一旦发现骨水泥向硬膜外或椎间孔渗漏,应立即停止注射。

整个术程中,严密观察病人生命体征,重视术程中病人的不适主诉。术后适当应用抗感染及消肿药物,6 h内平卧位,可给予消炎止痛药以减轻因组织热消融在麻醉消退后出现的局部疼痛。

五、疗效评估

本研究采用疼痛视觉模拟量表(visual analogue scales, VAS)评分对病人治疗前后的疼痛状况进行评估、分级,满分为10分。

采用日本骨科协会(Japanese Orthopaedic Association, JOA)评估治疗分数评定治疗效果,治疗后的改善率 $=[(治疗前评分 - 治疗前评分)/(29 - 治疗前评分)] \times 100\%$,改善率达到100%时提示为治愈,大于60%为治疗显效,25%~60%为治疗有效,小于25%为治疗无效^[4]。

采用罗兰-莫里斯生活障碍问卷表^[5](Rolando-Morris disability questionnaire, RMDQ)评价病人术后的生活活动情况,满分为24分,得分越高表明其功能障碍越严重。

本组病人分别在术后1 d,术后1周,术后1、2、3个月以电话问答和门诊复查相结合的方式完成随访,收集病人的VAS、JOA、RMDQ评分;通过其术后1 d及术后1、3个月复查的X线片,测量椎体前后缘高度,记录骨水泥渗漏情况。

六、统计学分析

采用SPSS 21.0统计学软件处理、分析数据,计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用配对 t 检验比较本组病人术前与术后各时间点的VAS评分、JOA评分、RMDQ评分等计量资料。检验水准 α 值取双侧0.05。

结 果

一、手术相关资料

所有病人均成功实施手术,在治疗过程中出现皮肤灼伤1例(5.6%),治疗后无脊髓、神经根损伤及压迫症状出现,术中未见骨水泥渗漏发生,技术成功率为100%。

所有病例术后均得到了3个月以上随访,平均随访时间为5.2个月。

二、功能恢复情况

全部病人的疼痛于术后24 h内得到明显缓解,术后3个月时疼痛完全缓解者9例(50.0%),7例(38.9%)止痛药用量减少或止痛药级别降低,2例

(11.1%)维持原量,无止痛药级别升级病人。

治疗后各时间点(术后1 d,术后1周,术后1、2、3个月)的VAS评分、JOA评分、RMDQ评分与治疗前进行比较,差异均有统计学意义(P 均 < 0.05),见表1。术后1 d、术后1周、术后1、2、3个月的JOA评分改善率分别为80.6%、79.6%、78.6%、76.5%、74.5%,均大于60%,提示疗效明显。

三、影像学表现

术后1 d、术后1个月及术后3个月的椎体前缘高度分别为 (2.7 ± 0.1) cm、 (2.7 ± 0.1) cm、 (2.6 ± 0.1) cm,与术前的 (2.3 ± 0.2) cm相比,差异均有统计学意义(P 均 < 0.05)(表1)。

四、典型病例

病人,女,55岁,主因“腰背部疼痛不适4个月”入院,胸部CT提示左肺上叶中央型肺癌并左肺阻塞性炎症。腰背部痛剧烈,夜间明显。术前VAS评分为8.9分,RMDQ评分为22分,椎体前缘高度为2.1 cm。诊断: L_1 椎体转移癌(肺癌骨转移)。

行“ L_1 经皮椎体RFA联合PKP术”治疗。射频消融前病灶病理学检查:骨组织、骨小梁间纤维组织增生并可见上皮源性肿瘤细胞;肿瘤细胞的免疫组织化学检查结果:CK-pan(+)、Ki-67(+)、PSA(-)、CD56(-)、P63(-)、TIF-1(+)、CEA(+)。结合免疫组织化学检查结果,符合转移性癌。射频消融后所取癌组织已碳化。

术后24 h的VAS评分为3.4分,术后1周及术后1、2、3个月的VAS评分分别为3.2、3.4、3.5、3.3分。治疗后的JOA评分改善率为81.2%。术后6个月时的RMDQ评分为12分,椎体前缘高度为2.4 cm(图1)。

讨 论

一、RFA及PKP治疗脊柱转移癌的现状

脊柱转移癌病人疼痛的机制主要包括机械性压

表1 18例病人治疗前后的疼痛、功能障碍情况及其椎体高度的比较($\bar{x} \pm s$)

随访时间	VAS评分(分)	JOA评分(分)	RMDQ评分(分)	椎体前缘高度(cm)
术前	8.2 \pm 1.2	19.2 \pm 3.1	21.3 \pm 2.1	2.3 \pm 0.2
术后1 d	1.3 \pm 0.7*	27.1 \pm 1.6*	13.2 \pm 1.6*	2.7 \pm 0.1*
术后1周	0.8 \pm 0.4*	27.0 \pm 1.4*	14.4 \pm 1.3*	-
术后1个月	1.0 \pm 0.4*	26.9 \pm 1.6*	14.8 \pm 1.6*	2.7 \pm 0.1*
术后2个月	1.1 \pm 0.5*	26.7 \pm 2.1*	15.2 \pm 1.5*	-
术后3个月	1.9 \pm 0.7*	26.5 \pm 2.2*	15.5 \pm 1.7*	2.6 \pm 0.1*

注:与术前相比,* $P < 0.05$

迫刺激以及肿瘤浸润、细胞因子刺激周围神经末梢引起的炎性和化学性疼痛,针对该类因素进行微创手术治疗可获得较好的疗效^[6]。PKP和RFA均属于微创手术,PKP联合RFA治疗骨转移癌也有相关的报道。Masala等^[7]认为RFA和PKP二者疗效的相互协同与叠加是该联合治疗方案临床疗效优良的主要原因。RFA通过热损毁杀灭癌细胞,同时RFA的热量引起病灶处组织发生凝固性变性坏死,局部形成反应带,阻断了癌灶的血供,同时也降低了骨水泥渗漏的发生率^[8]。Zheng等^[9]研究认为RFA可最大限

度地杀灭癌细胞,扩大病变椎体的内部空腔,骨水泥注入RFA治疗及球囊扩张后的病椎,能均匀地充填于病椎内,从而恢复脊柱的稳定性,减轻病人的顽固性腰背部疼痛,改善其生活质量。因此,对伴有顽固性腰背部疼痛的脊柱转移癌病人,如癌灶为溶骨性病变或以溶骨性病变为主,病椎椎体后壁骨皮质结构完整,癌灶与椎管之间有充分的脑脊液流动,RFA不会对椎管内神经组织造成热损伤。经皮穿刺RFA联合PKP对脊柱转移癌病人具有较高的安全性,临床疗效可靠。

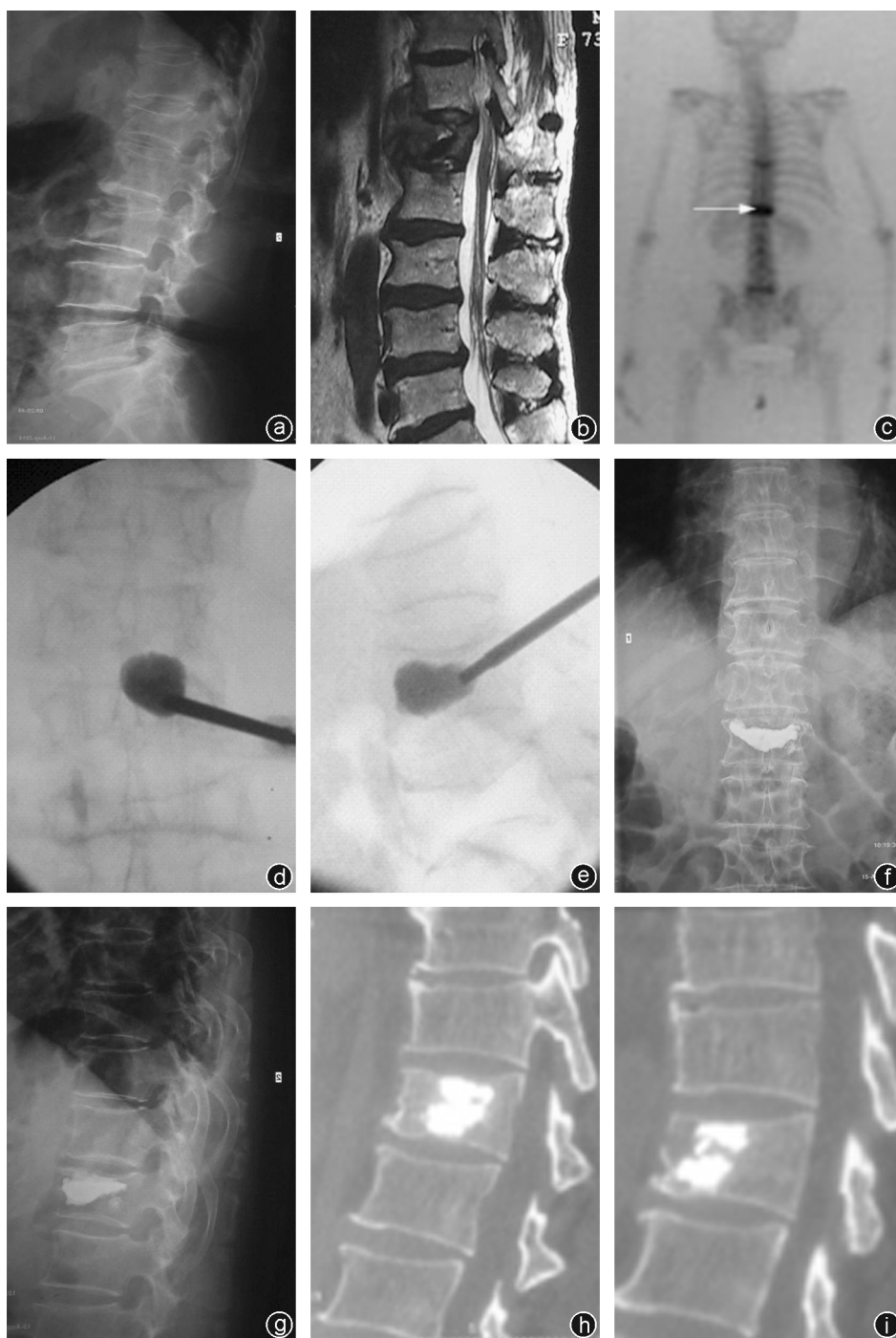


图1 病人,女,55岁,L₁椎体转移癌 a:术前腰椎X线片提示L₁椎体压缩性改变;b:术前腰椎MRI提示L₁椎体病变;c:术前全身骨扫描提示L₁椎体转移癌;d:术中X线透视下球囊扩张;e:术中X线透视下注入骨水泥;f,g:术后复查腰椎正侧位X线片示压缩椎体高度得到明显恢复;h,i:术后3个月时复查病变椎体CT扫描可见压缩椎体高度得到明显恢复

二、RFA 联合 PKP 治疗脊柱转移癌的本组疗效分析

任何一种治疗方案对病人的安全性和有效性是我们首要考虑的问题。将 RFA 和 PKP 二者联合治疗脊柱转移癌,理论上可达到强强联合、优势互补的效果:①RFA 物理性损毁直接杀伤癌细胞,使椎体内癌组织碳化,癌灶体容积缩小,为骨水泥填充提供合适的空腔;②RFA 可使给癌细胞供血的血管发生凝固性变性,阻断肿瘤细胞的血液供应,同时也降低了 PKP 术中骨水泥渗漏的发生率;③RFA 对癌灶中肿瘤细胞的热损毁降低了癌灶病理性骨折的发生风险^[10];④PKP 可对 RFA 治疗后的病变椎体进行稳固,防止 RFA 诱发椎体病理性骨折;⑤对已发生病理性骨折的椎体,PKP 能将病椎复位,避免病理性骨折引起神经根性疼痛和截瘫的发生^[11,12];⑥RFA 和 PKP 均属于微创手术,晚期肿瘤病人多呈现出恶病质表现,对手术耐受性差,二者联合仍属于微创手术,对脊柱转移癌病人安全有效,同时该联合治疗方案可取得肿瘤组织标本进行病理检查,为后续进一步治疗提供客观依据^[13]。

本研究利用 RFA 和 PKP 的优点,在影像引导下经皮穿刺 RFA 联合 PKP 治疗脊柱转移癌,通过评估术前和术后的 VAS、JOA 及 RMDQ 评分,病人疼痛症状缓解明显,术后无严重并发症发生,病人的生活质量得到显著改善。RFA 治疗后,癌灶标本已碳化,病理检查提示肿瘤细胞全部坏死,术中 RFA 能够达到使肿瘤细胞变性坏死的热损毁温度。本研究中术后 3、6 个月时未见脊柱不稳、椎体骨折及骨水泥渗漏发生,经皮穿刺 RFA 联合 PKP 对脊柱转移癌病人安全可靠。Steinmann 等^[14]应用体外力学实验证明了采用单侧或双侧入路 PKP 的效果及力学性能差异无统计学意义。本研究中均采用单侧经椎弓根穿刺。如术中发现手术对侧半椎体扩张或者填充不良,则须行双侧经椎弓根穿刺;如一侧椎弓和小关节突被癌灶所侵蚀,可以选择先对该病灶进行 RFA,然后经对侧椎弓进针行 PKP 治疗^[15]。

三、RFA 联合 PKP 治疗脊柱转移癌的并发症及其预防措施

本研究所有病例术中、术后均虽未见严重并发症,但此联合治疗方案可能存在 RFA 和 PKP 各自引起的并发症。

RFA 的主要并发症为 RFA 对神经根或周围组织的热损伤。本研究中无神经根损伤病人,仅有 1 例病人出现穿刺点局部皮肤热损伤。为避免 RFA 的

热损伤除了需严格把握手术适应证外,也对主刀医生的手术技能和熟练水平提出了更高要求。Nakatsuka 等^[16]对 17 例脊柱转移癌病人实施经皮穿刺 RFA 治疗,其中 4 例病人发生了神经损伤(4/17, 23.5%),而这 4 例病人中有 3 例椎体后壁骨皮质结构不完整,1 例术前已出现神经根受损症状。Dupuy 等^[17]在 RFA 温度分布研究中发现骨皮质对 RFA 的热传递有一定的阻止作用,椎体后缘完整的骨皮质结构形成了一道热绝缘体,保护病变椎体周围的组织结构免受 RFA 的热损伤。因此,完整的病椎椎体后缘骨皮质结构是有效防止 RFA 术中脊髓损伤的重要保障。同时,椎体后缘完整的骨皮质结构能够有效防止骨水泥渗漏。术中电极针的位置是预防 RFA 热损伤并发症的关键,RFA 的热能随着与电极针工作点距离的增大逐渐衰减,距离越远越安全。因此术中电极针与重要神经、血管的间距需保持 1 cm 以上^[18]。

PKP 主要的并发症为骨水泥渗漏,文献报道 PKP 骨水泥渗漏率为 1.2%~8.4%,与骨水泥的注射量呈正相关,与骨水泥注射的时机、注射的速度密切相关^[19]。骨水泥的凝固时间一般为 5~10 min,有较为明显的团状期,注射骨水泥应严格把握在团状期进行。注射太早因骨水泥流动性大易渗漏,注射太迟因骨水泥凝固注射困难。然而也并不是所有的骨水泥渗漏都会引起严重的后果,大多数病人无明显的临床症状^[20,21]。充分的球囊扩张在椎体内建立了低压空隙,使骨水泥易于注射,同时病变椎体后缘完整的骨皮质均可降低骨水泥渗漏风险。因此 PKP 治疗的过程中需把握球囊内压力,防止因球囊撑开过度造成椎体后壁的裂开骨折,同时在注射骨水泥时要合理把握注射的压力和时机,从而掌控骨水泥注射的速度和量,既要使骨水泥充分填充于病变椎体内空腔,又要避免因骨水泥注射速度过快、过稀或过多而导致渗漏。

利用 RFA 联合 PKP 治疗脊柱椎体转移癌,能够明显缓解病人的疼痛、重建脊柱的稳定性、恢复椎体高度、避免病理性骨折和神经损伤的发生,尤其对于最大限度地消灭肿瘤细胞和稳定病椎作用显著。此联合治疗方案微创,并发症较少,操作较为简单,可为病人后续的放射治疗和化学治疗提供治疗依据,为肿瘤晚期及难以耐受较大手术创伤的脊柱转移癌病人提供了一个切实安全、有效的治疗方案。但国内目前尚无较大的临床病例数据库及随机对照实验设计来证明此联合治疗方案较单纯 RFA 或单纯

PKP 治疗脊柱转移癌更有优势。同时,因病人原发癌灶的性质、肿瘤的部位以及大小的不同,导致研究者很难找到完全同质的病例对照组。经皮穿刺 RFA 联合 PKP 治疗脊柱转移癌仍需在基础研究和临床长期随访过程中不断验证和总结。

参 考 文 献

- [1] Aebi M. Spinal metastasis in the elderly[J]. *Eur Spine J*, 2003, 12 (Suppl 2): S202-S213.
- [2] 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.
- [3] Anselmetti GC, Muto M, Guglielmi G, et al. Percutaneous vertebroplasty or kyphoplasty[J]. *Radiol Clin North Am*, 2010, 48(3): 641-649.
- [4] Fukui M, Chiba K, Kawakami M, et al. Japanese Orthopaedic Association back pain evaluation questionnaire. Part 3. Validity study and establishment of the measurement scale: subcommittee on low back pain and cervical myelopathy evaluation of the clinical outcome Committee of the Japanese Orthopaedic Association, Japan[J]. *J Orthop Sci*, 2008, 13(3): 173-179.
- [5] Roland M, Morris R. A study of the natural history of back pain. Part I: development of a reliable and sensitive measure of disability in low-back pain[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 1983, 8(2): 141-144.
- [6] 田庆华, 吴春根, 顾一峰, 等. 射频消融术联合经皮骨成形术治疗椎外转移性骨肿瘤的临床应用[J]. *临床放射学杂志*, 2012, 31(12): 1777-1781.
- [7] Masala S, Roselli M, Massari F, et al. Radiofrequency heat ablation and vertebroplasty in the treatment of neoplastic vertebral body fractures[J]. *Anticancer Res*, 2004, 24(5B): 3129-3133.
- [8] Vanderschueren GM, Obermann WR, Dijkstra SP, et al. Radiofrequency ablation of spinal osteoid osteoma: clinical outcome [J]. *Spine*, 2009, 34(9): 901-904.
- [9] Zheng L, Chen Z, Sun M, et al. A preliminary study of the safety and efficacy of radiofrequency ablation with percutaneous kyphoplasty for thoracolumbar vertebral metastatic tumor treatment [J]. *Med Sci Monit*, 2014, 20: 556-563.
- [10] 韦激, 刘洋, 杨星华, 等. 射频消融联合人工椎体成形治疗脊柱转移瘤的疗效分析[J]. *局解手术学杂志*, 2015, 24(1): 55-57.
- [11] 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.
- [12] Ratliff JK, Cooper PR. Metastatic spine tumors [J]. *South Med J*, 2004, 97(3): 246-253.
- [13] Dave BR, Nanda A, Anandjiwala JV. Transpedicular percutaneous biopsy of vertebral body lesions: a series of 71 cases [J]. *Spinal Cord*, 2009, 47(5): 384-389.
- [14] Steinmann J, Tingey CT, Cruz G, et al. Biomechanical comparison of unipedicular versus bipedicular kyphoplasty [J]. *Spine*, 2005, 30(2): 201-205.
- [15] Wallace AN, Greenwood TJ, Jennings JW. Radiofrequency ablation and vertebral augmentation for palliation of painful spinal metastases[J]. *J Neurooncol*, 2015, 124(1): 111-118.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] Rosenthal DI, Hornicek FJ, Torriani M, et al. Osteoid osteoma: percutaneous treatment with radiofrequency energy [J]. *Radiology*, 2003, 229(1): 171-175.
- [19] Hadjipavlou AG, Tzermiadianos MN, Katonis PG, et al. Percutaneous vertebroplasty and balloon kyphoplasty for the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures and osteolytic tumours[J]. *J Bone Joint Surg Br*, 2005, 87(12): 1595-1604.
- [20] Klass D, Marshall T, Toms A. CT-guided radiofrequency ablation of spinal osteoid osteomas with concomitant perineural and epidural irrigation for neuroprotection [J]. *Eur Radiol*, 2009, 19(9): 2238-2243.
- [21] Kalra J, Laderoute K, Renouf D, et al. Developing circRNA signatures as a biomarker for the early diagnosis of pancreatic carcinoma[J]. *Cancer Res*, 2016, 76(6): B36.

(收稿日期: 2016-11-16)