

## ·综述 General review·

## 微波消融联合椎体成形术治疗脊柱转移瘤研究进展

王志龙, 林文俐, 梁逸宁, 左太阳

【摘要】 脊柱转移瘤通常发生于晚期恶性肿瘤患者,随着病情进展会出现疼痛、活动障碍、病理性骨折、脊髓压迫、高钙血症乃至全身衰竭等临床症状,严重影响患者生活质量,降低生存率。常规治疗方法,如化疗、放疗、镇痛、外科手术等的综合利用,在脊柱转移瘤的治疗中取得了一定疗效,但由于其各自技术的局限性和脊柱转移瘤患者病情的复杂性,仍有部分患者疗效不佳。近年来,影像引导下微波消融术在各种实体瘤治疗中得到了广泛的应用,也有学者将其应用到脊柱转移瘤的治疗中,联合椎体成形术可以增强脊柱稳定性,预防和治疗病理性骨折,这为脊柱转移瘤的治疗提供了新的方法及思路,发展前景可期。本文对微波消融、椎体成形术及两者联合应用于脊柱转移瘤的技术特点、适用范围、治疗效果、并发症情况及各种可能避免手术并发症的处理措施等方面的研究进展进行综述。

【关键词】 微波消融; 脊柱转移瘤; 椎体成形术

中图分类号:R738.1 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2023)-04-0404-06

**Research progress in microwave ablation combined with vertebroplasty for the treatment of spinal metastases** WANG Zhilong, LIN Wenli, LIANG Yining, ZUO Taiyang. Department of Oncology Intervention, Affiliated Central Hospital of Shandong First Medical University, Jinan, Shandong Province 250013, China

Corresponding author: ZUO Taiyang, E-mail: zuotaiyang001@163.com

【Abstract】 Spinal metastases usually occur in patients with advanced malignancies. With the progression of the disease, patients develop clinical symptoms such as pain, mobility disorders, pathological fractures, spinal cord compression, hypercalcemia and even systemic failure, which seriously affect the quality of life and reduce the survival rate. The comprehensive utilization of conventional treatment methods, such as chemotherapy, radiotherapy, analgesia, and surgery, has achieved certain efficacy in the treatment of spinal metastases, but due to the limitation of each therapeutic technique and the complexity of the clinical condition of each patient, the curative efficacy is still poor in some patients with spinal metastases. In recent years, image-guided microwave ablation has been widely used in the treatment of various solid tumors, and some scholars have applied this technique to the treatment of spinal metastases, and when combined with vertebroplasty this technique can enhance the stability of the spine, prevention and treatment of pathological fractures, which provides new methods and ideas for the treatment of spinal metastases. The development prospect of this combination therapy is promising. This paper aims to make a comprehensive review concerning the use of microwave ablation, vertebroplasty and the combination of both in the treatment of spinal metastases, focusing on the technical characteristics, application scope, curative effect, complications, and various management measures that may avoid surgical complications, etc. (J Intervent Radiol, 2023, 32: 404-409)

【Key words】 microwave ablation; spinal metastasis; vertebroplasty

研究表明,30%~90%的晚期恶性肿瘤患者会发生脊柱转移<sup>[1]</sup>。脊柱转移瘤患者随着病情进展会出现疼痛、活动障碍、病理性骨折、脊髓压迫、高钙

血症及全身衰竭等临床症状,严重影响患者生活质量。脊柱转移瘤的治疗目标是:缓解疼痛、恢复脊柱功能、提高生活质量;预防或延缓椎体压缩骨折、脊

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2023.04.021

基金项目:山东省医药卫生科技发展计划(2019WS077),泉城“5150”引才倍增计划创新人才(团队)

作者单位:250013 山东济南 山东第一医科大学附属中心医院肿瘤介入科

通信作者:左太阳 E-mail: zuotaiyang001@163.com

髓压迫、高钙血症等骨相关事件的发生;延缓椎体局部病灶进展、延长生存期<sup>[2]</sup>。目前常规治疗主要包括止痛、化疗、激素治疗、双膦酸盐治疗、放疗和手术治疗,但仍有部分患者症状不能缓解。快速缓解疼痛是患者的首要诉求,放疗是治疗疼痛性脊柱转移瘤的常用方法,但有其局限性,约 40% 的患者放疗后疼痛得不到有效缓解<sup>[1]</sup>。敏感器官(如脊髓等)存在辐射耐受量的限制,止痛起效慢,易复发,不能改善脊柱不稳定状态和椎体骨折<sup>[3-4]</sup>。激素治疗仅限于某些与激素有关反应性肿瘤,如乳腺癌和前列腺癌;化疗通常只用于复发性全身转移患者,而且激素疗法和化疗都不能充分缓解疼痛<sup>[5]</sup>。双膦酸盐在缓解转移性骨痛方面显示出一定作用,但其对胃肠道、肾脏和造血系统有不良影响<sup>[5]</sup>。开放性手术具有较高的并发症发生率和病死率,对患者身体承受状况要求高,且风险高<sup>[4]</sup>。为了更好缓解脊柱转移瘤患者的疼痛,恢复脊柱功能、提高生活质量、延长生存时间,寻求更为安全、有效的治疗方式势在必行。近年来,影像引导下微波消融技术在各种实体瘤治疗中得到了广泛的应用,也有学者将其应用到脊柱转移瘤的治疗中。联合椎体增强术可以预防和治疗病理性骨折,同时增强脊柱稳定性,这为脊柱转移瘤的治疗提供了新的方法及思路,发展前景可期。现对微波消融、椎体成形术及两者联合应用于脊柱转移瘤的技术特点、适用范围、治疗效果、并发症情况及各种可能避免手术并发症的处理措施等方面的研究进展综述如下。

## 1 技术优势与不足

### 1.1 微波消融技术

微波消融术(microwave ablation, MWA)是运用高频电磁波产生高温条件,诱导肿瘤细胞凝固性坏死以实现消灭肿瘤的目的<sup>[6-7]</sup>。MWA 与射频消融术(radiofrequency ablation, RFA)是现阶段两种常用的热消融方式,MWA 具有比 RFA 更快的升温速度,MWA 平均加热时间为 200 s,相比之下,在骨病变的 RFA 治疗过程中,加热持续时间为 10~15 min<sup>[8]</sup>。此外,MWA 消融范围大,能够多针联合协同消融,穿透力强,对有高阻抗的骨肿瘤的疗效更佳,尤其是成骨性骨肿瘤<sup>[7-10]</sup>,理论上应用于脊柱转移瘤的治疗效果更佳。但高功率(100 瓦)快速消融可能会导致神经损伤,且消融边界难以有效界定,这是 MWA 应用于脊柱转移瘤的不足之处<sup>[3, 11]</sup>。

### 1.2 椎体成形术

椎体成形术主要包括经皮穿刺椎体成形术

(percutaneous vertebro plasty, PVP) 和经皮穿刺椎体后凸成形术(percutaneous kypho plasty, PKP)。PVP 和 PKP 作用机制基本相同,都是在影像学引导下(一般经椎弓根插入特制套管针),将骨水泥(即聚甲基丙烯酸甲酯, polymethyl-methacrylate, PMMA) 注入到病变椎体中重建患者脊椎的生理弧度,以增强脊柱的稳定性。不同的是,PKP 先用球囊扩张病变的椎体,人工制造空隙后再行骨水泥注射。与 PVP 相比,PKP 的主要优点是由于形成了空腔,对骨水泥注入有更好的控制,降低了骨水泥渗漏发生率,但这也增加了手术成本和风险<sup>[12]</sup>。Zhang 等<sup>[13]</sup>报道,PKP 的费用大约是 PVP 的 2.5 倍。此外,PKP 在气囊扩张过程中肿瘤组织存在被推挤入椎管的风险,严重时会造成神经损伤。

### 1.3 联合应用

MWA 联合椎体成形术是先进行 MWA 杀灭肿瘤负荷,阻止肿瘤继续向周围进展,然后拔除 MWA 针后经相同路径在影像学引导下直接将骨水泥注射入椎体内,在杀灭肿瘤的同时重建椎体结构稳定性。两者对治疗具有良好叠加效果,MWA 后椎体内形成空腔,使骨水泥的分布更均匀,有利于重建椎体完整性,从而减少术后椎体病理性骨折的发生率<sup>[7, 14-15]</sup>。MWA 后形成的静脉丛血栓降低了骨水泥渗漏的发生率,此外消融对肿瘤细胞的杀灭更加彻底,消融后屏障形成,有利于控制肿瘤进展。但目前 MWA 与椎体成形术联合应用于脊柱转移瘤的时间较短,缺乏统一标准。

## 2 脊柱转移瘤患者治疗方案的制定

鉴于脊柱转移瘤治疗理念和手段的不断进步,多学科协作的综合治疗日益完善,国际脊柱肿瘤学术界从脊柱稳定性、神经功能、肿瘤学特征及患者一般状况等方面阐述了 LMNOP 和 NOMS 两个有关脊柱转移瘤的新型决策框架,为治疗选择提供参考<sup>[16]</sup>。决策框架并不是脊柱转移瘤治疗中需严格遵从的标准,但可通过多学科、全方位的讨论选择出对患者最优的治疗方案。现阶段对脊柱转移瘤的患者采取 MWA 联合/不联合椎体成形术,都应参照决策框架的模式,术前详尽地了解患者相关临床信息后经多学科讨论评估后决定<sup>[7, 11, 17]</sup>。

## 3 适用范围

### 3.1 MWA 的适应证与禁忌证

MWA 技术主要在微创通路下完成,相比于传

统外科手术,创伤较小。脊柱转移瘤外科治疗指南认为,MWA 仅适用于单纯局限于间室内的肿瘤(Tomita 分级中 1~3 区),对于间室外的肿瘤治疗应考虑联合手术或其他辅助治疗<sup>[18]</sup>。最新发布的 MWA 治疗脊柱转移瘤临床指南指出:经皮 MWA 适用于无神经压迫和轴向不稳定顽固疼痛的溶骨性或成骨性的脊柱转移瘤;对于脊髓受压或轴向不稳定的脊柱转移瘤可以采取开放减压合并 MWA 的方式<sup>[19]</sup>。当患者一般状况较好,特别是对于寡转移的脊柱转移瘤患者,可以采取根治性消融,即在安全范围内尽可能彻底杀灭肿瘤以控制肿瘤进展<sup>[7, 17, 20]</sup>。目前适合脊柱寡转移瘤经皮消融的标准尚未统一,但当转移灶较少或比较局限,无明显椎体后缘破坏和周围侵犯的情况下经皮消融技术对脊柱转移病灶 1 年内的完全控制率达 67%<sup>[7]</sup>。Khan 等<sup>[7]</sup>研究中包含 20 例脊柱寡转移瘤患者,经皮 MWA 联合经皮椎体成形术后,随访 20~24 周末发生局部肿瘤进展。

脊柱转移瘤经皮 MWA 绝对禁忌证包括:脊柱不稳、出现局灶性神经症状、局部或全身感染、以及危及生命的不可逆转凝血性疾病<sup>[17]</sup>。对于脊柱不稳定是否能进行消融治疗还存在争议,一些专家认为脊柱不稳只是经皮热消融的相对禁忌证,取决于严重程度<sup>[11]</sup>。相对禁忌证有:转移性硬膜外受累、预期寿命<3 个月、表现状态差、内脏转移性受累<sup>[17]</sup>。脊柱转移瘤开放 MWA 禁忌证包括:预计生存期不足 3 个月、术前 Tokuhashi 评分<7 分、急性或活动性的感染性病变未得到有效控制者、合并严重肝肾等器官功能不全、无法耐受手术者<sup>[19]</sup>。

### 3.2 椎体成形术适应证与禁忌证

自 1987 年 Galibert 等<sup>[21]</sup>首次将经皮穿刺椎体成形术应用于治疗椎体血管瘤以来,其适应证已逐渐扩大到治疗脊柱转移瘤<sup>[13]</sup>。椎体成形术主要用于治疗溶骨性转移性脊柱病变,也有一些证据表明其对成骨细胞病变也有效<sup>[4]</sup>。Tian 等<sup>[22]</sup>研究证实,椎体成形术可以缓解成骨细胞转移性脊柱病变的疼痛。椎体成形术的适应证为脊柱转移瘤造成椎体破坏,但椎体后缘相对完整,导致疼痛和轻、中度不稳定或潜在不稳定的脊柱转移瘤<sup>[13, 18]</sup>。相对禁忌证为椎体后缘广泛性溶骨性病理性骨折,硬膜囊受压,骨水泥过敏,一般状况差或预期生存期短等<sup>[13, 18]</sup>。但 Sun 等<sup>[23]</sup>研究认为,脊柱转移瘤硬膜外侵犯,甚至硬膜外压迫脊髓,都不影响 PVP 对脊柱转移瘤的治疗效果。PKP 与 PVP 适用范围与禁忌证大致相同,但一般来说,PVP 更适合于椎体塌陷较轻或椎体塌陷

后其高度不太可能恢复的情况;如果椎体后壁被转移瘤破坏,也应尽量选择 PVP,避免因球囊膨胀导致肿瘤扩散转移<sup>[13]</sup>。Cruz 等<sup>[24]</sup>报道 2 例患者 PKP 术后肿瘤外溢,导致病变椎体附近肿瘤多发转移。

### 3.3 MWA 联合椎体成形术或联合其他微创技术适应证

MWA 联合椎体成形术适用于椎体后缘破坏的脊柱转移瘤患者。椎体后缘破坏原本是单纯椎体成形术的禁忌证,但 Wu 等<sup>[1]</sup>在 MWA 联合椎体成形术治疗高位胸椎转移瘤的研究中,证明 MWA 联合椎体成形术用于椎体后缘破坏的脊柱转移瘤患者是安全、有效的,MWA 与椎体成形术的联合将单纯 PVP 的禁忌证转化为适应证,扩大了其适用范围。

经皮置钉开放 MWA 联合椎体成形术适用于脊髓及神经压迫伴脊柱不稳定的患者。不稳定的椎体骨折、硬膜外脊髓压迫是经皮 MWA 的禁忌证。对于出现脊髓压迫症状的脊柱转移瘤患者,MWA 联合微创开放减压可以消灭肿瘤同时缓解脊髓压迫症状,相比全椎体减压手术创伤小、风险低。此外,在没有高级别硬膜外脊髓压迫症的情况下,大多数机械不稳的脊柱转移都可以通过椎弓根螺钉等器械和椎体成形术联合治疗<sup>[2]</sup>。MWA 联合微创开放减压的同时用椎弓根螺钉加椎体成形术对机械不稳定伴脊髓压迫的患者有良好的疗效。Liu 等<sup>[10]</sup>对 23 例乳腺癌胸椎转移的患者(术前 Tokuhashi 评分>8,且合并病理压缩性骨折、机械不稳定、放射学和/或临床转移性脊髓压迫症状)进行了 MWA 和微创开放减压治疗,并用椎弓根螺钉加椎体成形术增强椎体,术后患者神经功能得到不同程度的改善。

## 4 疗效分析

### 4.1 单纯椎体成形微创技术对脊柱转移瘤疗效

研究已证明,椎体成形术能有效缓解脊柱转移瘤患者的疼痛,并一定程度上提高患者的生活质量。崔云鹏等<sup>[25]</sup>应用 PVP/PKP 治疗 321 例脊柱转移瘤患者,治疗后患者疼痛视觉模拟量表(VAS)评分下降(4.4±0.88)分,其中 86.3%的患者 VAS 评分下降>3 分,患者生活能力也得到了改善。与其他常规治疗方法相比,疼痛缓解明显且迅速。Berenson 等<sup>[26]</sup>报道了 134 例接受 PKP 治疗转移瘤引起的椎体压缩性骨折患者,与常规非手术措施比较术后 1 周 NRS 评分为 3.5 比 7.0( $P<0.01$ ),1 周内疼痛缓解。不能控制肿瘤进展是单纯椎体成形术治疗脊柱转移瘤的局限性。Roedel 等<sup>[27]</sup>报道,单纯 PVP 术后脊



柱转移瘤局部复发率或进展率为 14%, 而远处转移率则高达 86%。因此, 需与其他治疗相结合以实现长期局部控制<sup>[23]</sup>。

#### 4.2 MWA/MWA 联合椎体成形术对脊柱转移瘤疗效

研究表明, MWA 通过破坏骨膜和骨皮质内的疼痛神经感受器, 减少肿瘤相关致炎细胞因子分泌, 减轻肿瘤负荷等机制有效缓解骨转移瘤患者的疼痛<sup>[10, 15]</sup>。但单纯 MWA 会导致椎体内空洞形成和骨量减少, 病理性骨折的风险增加。文献报道, 高达 60% 的患者会在单纯脊柱热消融术后 1 年内发生椎体塌陷<sup>[7]</sup>。由于椎体成形术与 MWA 可以通过相同的经皮通路进行, 且不增加手术风险与术后恢复时间, 两者联合具有低风险和潜在益处<sup>[4, 28]</sup>。两个大样本系列研究证实, MWA 应用于脊柱病变消融安全有效, 可显著降低患者的疼痛强度, 且能在一定程度上控制肿瘤进展<sup>[7, 29]</sup>。Zhang 等<sup>[29]</sup>在一项多中心研究中对 147 例疼痛性骨转移患者进行了 MWA 联合骨水泥成形术, 其中 106 例脊柱转移瘤患者进行 MWA 联合 PVP 治疗, 93% 的患者术后疼痛明显减轻, 97% 的患者术后 ODI 评分显著下降, 与骨相关的不良事件减少, 患者的生活质量提高, 6 个月随访期间所有患者均未发生局部肿瘤进展。Khan 等<sup>[7]</sup>对 69 例来源于不同原发肿瘤患者的 102 个脊柱转移病灶进行 MWA 联合 PVP 术治疗, 仅 2 例患者分别发生神经热损伤和皮肤灼伤, 无其他不良反应发生; 治疗前、治疗后 2~4 周、治疗后 20~24 周 VAS 评分分别为 (7.0±1.8) 分、(2.0±1.8) 分和 (2.0±2.1) 分, 患者疼痛显著缓解, 59 例患者肿瘤无局部进展。

#### 4.3 MWA 联合椎体成形术与单纯椎体成形术的疗效对比

研究表明, MWA 联合 PVP 术治疗的效果优于单独 PVP 治疗<sup>[30-31]</sup>。袁振超等<sup>[30]</sup>对 26 例单纯行 PVP 与 24 例行 PVP 联合 MWA 治疗腰椎转移瘤患者进行了比较, PVP+MWA 组骨水泥外渗率为 12.5% (3/24), 低于 PVP 组的 38.5% (10/26), PVP+MWA 组肿瘤复发率为 8.3% (2/24), 低于 PVP 组的 30.8% (8/26), 差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ )。杨威等<sup>[31]</sup>比较了 MWA 联合 PVP 组和单用 PVP 组术前、术后 3 d、术后 1 周、术后 1 个月、术后 3 个月和术后 6 个月患者的 VAS 评分、镇痛药物使用评分 (AUS) 和肿瘤患者生活质量评分 (QLS), 结果术后 6 个月 VAS 评分、AUS 和 QLS 比较差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ ), 证实 MMA 联合 PVP 较单独应用 PVP 患者能够获得更好的远期疗效, 且术后疼痛缓解效果和

生活质量更佳。

## 5 并发症

### 5.1 MWA 并发症

与 MWA 相关的并发症有穿刺皮肤感染、皮肤热损伤、神经损伤等, 但发生率较低, 其中神经热损伤是 MWA 最严重的并发症<sup>[1, 7, 29]</sup>。Khan 等<sup>[7]</sup>报道了 1 例神经热损伤和 1 例皮肤灼伤。在 Wu 等<sup>[1]</sup>的研究中, 只有 1 例 (4.3%) 患者在穿刺部位出现轻度皮肤感染。但也有严重并发症的报道, Westbroek 等<sup>[32]</sup>报道了 1 例 MWA 联合 PVP 治疗乳腺癌脊柱转移患者, 发生了脊髓损伤严重并发症。

### 5.2 PVP/PKP 并发症

骨水泥渗漏是 PVP/PKP 最常见的并发症, 发生率为 20%~78%<sup>[4]</sup>。多数骨水泥渗漏无症状且无需特殊处理, 但渗漏引起的一些罕见并发症值得警惕。当骨水泥渗漏至椎管时会引起神经根和脊髓压迫症状, 渗漏的骨水泥经引流静脉进入肺血管, 可引起肺栓塞, 导致患者死亡。Barragan-Campos 等<sup>[33]</sup>报道了经皮穿刺椎体成形术治疗椎体转移肿瘤 117 例, 出现肺栓塞 2 例, 其中 1 例死亡。在目前 MWA 联合 PVP 治疗中, 与 PVP 相关的并发症只有无症状的骨水泥渗漏。Zhang<sup>[29]</sup>等报道, 在 33% 的患者中观察到轻微的、无症状的骨水泥渗漏。在 Wu 等<sup>[1]</sup>的研究中, 10 例 (30.30%) 出现轻微骨水泥渗漏。骨水泥渗漏与多种因素相关, 椎体骨皮质破坏、原发肿瘤部位、既往放疗史或局部消融等均是皮质性骨水泥渗漏的危险因素<sup>[34]</sup>。

## 6 减少并发症的技术应用

### 6.1 根据肿瘤大小选择消融针的数量

对于体积较大的肿瘤单针很难完成整个肿瘤的完全消融; 单针多次穿刺可使肿瘤细胞溢出, 增加针道转移风险。因此, 可以应用多根消融针从多个角度插入肿瘤体内, 避免消融的盲点。Khan 等<sup>[7]</sup>对肿瘤范围超过椎体 2/3 的大型脊柱转移瘤采用双椎弓根入路双针重叠消融的方法取得了良好的效果。林文俐<sup>[35]</sup>认为, 单针单点消融适用于直径  $\leq 3.0$  cm 的肿瘤, 单针多点消融适用于直径 3.1~4.9 cm 的肿瘤, 对于直径  $\geq 5.0$  cm 的肿瘤一般选择多针消融或多针多点消融。

### 6.2 消融功率与时间的选择

研究证实, MWA 可以通过安全、重复、短的消融周期来控制加热区的扩散, 在减少非靶结构的热

损伤的同时,不会降低 MWA 的有效性<sup>[9, 36]</sup>。Kastler 等<sup>[37]</sup>对 17 例脊柱转移瘤的患者采用消融功率 30~70 W、每个消融周期 30~90 s、消融总时间为 1~8 min 的经皮 MWA 治疗,术中术后均无并发症发生。Wu 等<sup>[1]</sup>对 23 例疼痛性高位胸椎转移瘤患者进行了 MWA 联合 PVP 治疗,为了预防脊髓和神经损伤,对靠近椎体后缘且椎体后缘不完整的病灶采取低功率、短周期与时间的消融方式,即消融功率为 20 W,消融时间为 3 min;而对距离后缘较远且椎体后缘完整的病灶,消融功率为 30 W,总消融时间为 5 min;两者都采用 30~60 s 短消融周期,在未采取热保护措施的情况下均无神经损伤与热消融并发症的发生。

### 6.3 安全距离的选择

由于脊柱结构复杂,并且毗邻大血管及重要脏器和神经,因此术中消融针与重要神经、血管的间距需保持在 1 cm 以上。在某些情况下为了控制 MWA 安全边界来保护脊髓神经而肿瘤组织没有完全消融,但患者仍然可以从治疗中受益<sup>[10]</sup>。

### 6.4 预防热损伤技术的应用

研究证明,高温下长时间(42.2℃下持续 50~60 min 或 70℃持续 5 min)消融会导致神经的不可逆损伤<sup>[20]</sup>。目前在热脊柱消融过程中防止热损伤的常用方法包括隔热、温度和神经生理监测<sup>[20]</sup>。可以通过注射液体或注入 CO<sub>2</sub> 气体进行隔热避免皮肤灼伤和神经损伤。Maiettini 等<sup>[38]</sup>采用直肠和骶骨转移灶之间注入少量 5%葡萄糖溶液(水分离法),成功保护 1 例 MWA 骶椎转移患者直肠近端。除了采用隔热技术之外,在脊柱部位 MWA 期间,可以通过将热电偶置入脊髓、神经旁等肿瘤周围的重要非靶组织进行连续、实时温度监测,以实现脊髓与神经的保护。Kastler 等<sup>[39]</sup>研究证实,在对椎体与其他部位的骨转移消融期间,使用热电偶检测温度,可预防脊髓等重要非靶点消融。但热电偶主要测量单个解剖点(热电偶尖端)附近的温度,其所提供的信息不能反映整个神经结构温度<sup>[20, 39]</sup>。监测躯体体感诱发电位(SEP)和运动诱发电位(MEP)是监测脊髓功能的首选方法,SEP 和 MEP 振幅的显著降低提示可能存在神经损伤<sup>[20]</sup>。Khan 等<sup>[7]</sup>建议对于肿瘤接近神经根或椎管患者,采用 SEP 和 MEP 监测预防神经损伤。

### 6.5 骨水泥注入

在单纯行 PVP/PKP 治疗中,较多的骨水泥注入量与疼痛的缓解程度无关,相反还会提高骨水泥的渗漏率<sup>[4, 40]</sup>。一般骨水泥的注入量为 3.0~5.0 mL,平均 3.5 mL 的注入量足以维持椎体的强度<sup>[41]</sup>。Shi 等<sup>[42]</sup>认

为,行 PKP 时一般每个胸椎只需要注入 PMMA 3~4 mL、腰椎为 4~5 mL,球囊压力保持在 20 atm 以下,不要通过球囊过度扩张椎体。当椎体骨皮质连续中断存在较高骨水泥渗漏风险时,先在骨皮质处注射 0.5 mL 黏性骨水泥,30 s 后待骨皮质中断部位被堵塞后继续注射骨水泥,可以降低渗漏的风险<sup>[1]</sup>。消融完成后不要立即注入骨水泥,待椎体冷却后再注射骨水泥<sup>[43]</sup>。

## 7 总结与展望

椎体增强术与 MWA 在治疗脊柱转移瘤时各有优缺点,两者联合治疗椎体转移瘤安全性高、创伤较小、可有效控制肿瘤进展并缓解患者疼痛,改善患者的生活质量。随着微创介入技术的发展,越来越多的新技术应用于椎体转移瘤的治疗中,但如何利用新的辅助技术和器械材料提高临床疗效,进一步减少并发症的发生,降低局部复发率和提高远期生存率还有待进一步的研究。

### [参考文献]

- [1] Wu L, Fan J, Yuan Q, et al. Computed tomography-guided microwave ablation combined with percutaneous vertebroplasty for treatment of painful high thoracic vertebral metastases[J]. *Int J Hyperthermia*, 2021, 38: 1069-1076.
- [2] Laufer I, Bilsky MH. Advances in the treatment of metastatic spine tumors: the future is not what it used to be[J]. *J Neurosurg Spine*, 2019, 30: 299-307.
- [3] Tomasian A, Jennings JW. Percutaneous minimally invasive thermal ablation for management of osseous metastases: recent advances [J]. *Int J Hyperthermia*, 2019, 36: 3-12.
- [4] Lee SK, Weiss B, Yanamadala V, et al. Percutaneous interventional management of spinal metastasis[J]. *Semin Intervent Radiol*, 2019, 36: 249-254.
- [5] Halpin RJ, Bendok BR, Sato KT, et al. Combination treatment of vertebral metastases using image-guided percutaneous radiofrequency ablation and vertebroplasty: a case report[J]. *Surg Neurol*, 2005, 63: 469-474.
- [6] Gala KB, Shetty NS, Patel P, et al. Microwave ablation: how we do it?[J]. *Indian J Radiol Imaging*, 2020, 30: 206-213.
- [7] Khan MA, Deib G, Deldar B, et al. Efficacy and safety of percutaneous microwave ablation and cementoplasty in the treatment of painful spinal metastases and myeloma[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2018, 39: 1376-1383.
- [8] Aubry S, Dubut J, Nueffer JP, et al. Prospective 1-year follow-up pilot study of CT-guided microwave ablation in the treatment of bone and soft-tissue malignant tumours[J]. *Eur Radiol*, 2017, 27: 1477-1485.
- [9] Liu B, Wu Z, Mo H, et al. Safety and efficacy of microwave

- ablation for breast cancer thoracic metastases[J]. *Cancer Manag Res*, 2018, 10: 5685-5689.
- [10] Liu B, Yuan Z, Wei CY. Combined microwave ablation and minimally invasive open decompression for the management of thoracic metastasis in breast cancer[J]. *Cancer Manag Res*, 2018, 10: 1397-1401.
- [11] Tomasian A, Jennings JW. Vertebral metastases: minimally invasive percutaneous thermal ablation[J]. *Tech Vasc Interv Radiol*, 2020, 23: 100699.
- [12] Benhabib H, Meirovich H, David E. Evolving role of minimally invasive techniques in the management of symptomatic bone metastases[J]. *Curr Opin Support Palliat Care*, 2021, 15: 91-98.
- [13] Zhang HR, Xu MY, Yang XG, et al. Percutaneous vertebral augmentation procedures in the management of spinal metastases[J]. *Cancer Lett*, 2020, 475: 136-142.
- [14] Sun Y, Zhang H, Xu HR, et al. Analgesia of percutaneous thermal ablation plus cementoplasty for cancer bone metastases[J]. *J Bone Oncol*, 2019, 19: 100266.
- [15] Qiu YY, Zhang KX, Ye X, et al. Combination of microwave ablation and percutaneous osteoplasty for treatment of painful extraspinal bone metastasis[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2019, 30: 1934-1940.
- [16] Gibbs WN, Nael K, Doshi AH, et al. Spine oncology: imaging and intervention[J]. *Radiol Clin North Am*, 2019, 57: 377-395.
- [17] Cazzato RL, Auloge P, De Marini P, et al. Spinal tumor ablation: indications, techniques, and clinical management[J]. *Tech Vasc Interv Radiol*, 2020, 23: 100677.
- [18] 中华医学会骨科学分会骨肿瘤血组. 脊柱转移瘤外科治疗指南[J]. *中华骨科杂志*, 2019, 39: 717-726.
- [19] 中国抗癌协会肿瘤微创治疗专业委员会骨与软组织肿瘤学组, 中华骨科杂志编辑部. 微波消融治疗脊柱转移瘤临床指南[J]. *中华骨科杂志*, 2022, 42: 6576.
- [20] Tsoumakidou G, Koch G, Caudrelier J, et al. Image-guided spinal ablation: a review[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2016, 39: 1229-1238.
- [21] Galibert P, Deramond H, Rosat P, et al. Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty[J]. *Neurochirurgie*, 1987, 33: 166-168.
- [22] Tian QH, Sun XQ, Lu YY, et al. Percutaneous vertebroplasty for palliative treatment of painful osteoblastic spinal metastases: a single center experience[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2016, 27: 1420-1424.
- [23] 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.
- [24] Cruz JP, Sahgal A, Whyne C, et al. Tumor extravasation following a cement augmentation procedure for vertebral compression fracture in metastatic spinal disease[J]. *J Neurosurg Spine*, 2014, 21: 372-377.
- [25] 崔云鹏, 施学东, 米川, 等. 椎体成形微创技术治疗脊椎转移瘤 321 例疗效分析[J]. *中华肿瘤防治杂志*, 2018, 25: 586-590.
- [26] Berenson J, Pflugmacher R, Jarzem P, et al. Balloon kyphoplasty versus non-surgical fracture management for treatment of painful vertebral body compression fractures in patients with cancer: a multicentre, randomised controlled trial[J]. *Lancet Oncol*, 2011, 12: 225-235.
- [27] Roedel B, Clarencon F, Touraine S, et al. Has the percutaneous vertebroplasty a role to prevent progression or local recurrence in spinal metastases of breast cancer? [J]. *J Neuroradiol*, 2015, 42: 222-228.
- [28] Wallace AN, Robinson CG, Meyer J, et al. The metastatic spine disease multidisciplinary working group algorithms[J]. *Oncologist*, 2015, 20: 1205-1215.
- [29] Zhang X, Ye X, Zhang K, et al. Computed tomography - guided microwave ablation combined with osteoplasty for the treatment of bone metastases: a multicenter clinical study [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2021, 32: 861-868.
- [30] 袁振超, 黄保华, 吴振杰. 经皮微波消融联合经皮穿刺椎体成形术治疗腰椎转移瘤的疗效[J]. *中国癌症防治杂志*, 2020, 12: 632-636.
- [31] 杨威, 胡婷业, 陆玉和, 等. 微波消融联合经皮椎体成形术治疗椎体转移性肿瘤的疗效观察[J]. *介入放射学杂志*, 2020, 29: 1146-1150.
- [32] Westbroek EM, Goodwin ML, Hui F, et al. Thermal injury to spinal cord, a rare complication of percutaneous microwave spine tumor ablation: case report[J]. *J Clin Neurosci*, 2019, 64: 50-54.
- [33] Barragan-Campos HM, Vallee JN, Lo D, et al. Percutaneous vertebroplasty for spinal metastases: complications[J]. *Radiology*, 2006, 238: 354-362.
- [34] Corcos G, Dbjay J, Mastier C, et al. Cement leakage in percutaneous vertebroplasty for spinal metastases: a retrospective evaluation of incidence and risk factors[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2014, 39: E332-E338.
- [35] 林文俐. 微波消融联合骨水泥成形术治疗溶骨性骨转移瘤安全性及疗效分析[D]. 济南: 山东大学, 2020.
- [36] Kastler A, Alnassan H, Pereira PL, et al. Analgesic effects of microwave ablation of bone and soft tissue tumors under local anesthesia[J]. *Pain Med*, 2013, 14: 1873-1881.
- [37] Kastler A, Alnassan H, Aubry S, et al. Microwave thermal ablation of spinal metastatic bone tumors[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2014, 25: 1470-1475.
- [38] Maiettini D, De Angelis V, Graziosi L, et al. Sacrum colon-rectal cancer metastasis: microwave ablation for palliative pain treatment[J]. *Recenti Prog Med*, 2016, 107: 673-676.
- [39] Kastler A, Krainik A, Sakhri L, et al. Feasibility of real - time intraprocedural temperature control during bone metastasis thermal microwave ablation: a bicentric retrospective study[J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2017, 28: 366-371.
- [40] 韦武, 杨渊, 黄巍峰, 等. 经皮椎体成形术中骨水泥量的应用研究进展[J]. *微创医学*, 2020, 15: 508-511.
- [41] Nas OF, Inecikli MF, Kacar E, et al. Effectiveness of percutaneous vertebroplasty in cases of vertebral metastases[J]. *Diagn Interv Imaging*, 2015, 96: 1161-1168.
- [42] Shi G, Feng F, Chen H, et al. Multilevel percutaneous kyphoplasty in painful osteolytic vertebral metastases: a study of the efficacy and safety[J]. *J Pain Res*, 2019, 12: 1053-1060.
- [43] 程实, 柯晋, 周洁龙, 等. 经皮置钉开放微波消融术治疗脊柱转移瘤[J]. *中华骨科杂志*, 2020, 40: 1054-1062.

(收稿日期: 2022-02-14)

(本文编辑: 新宇)