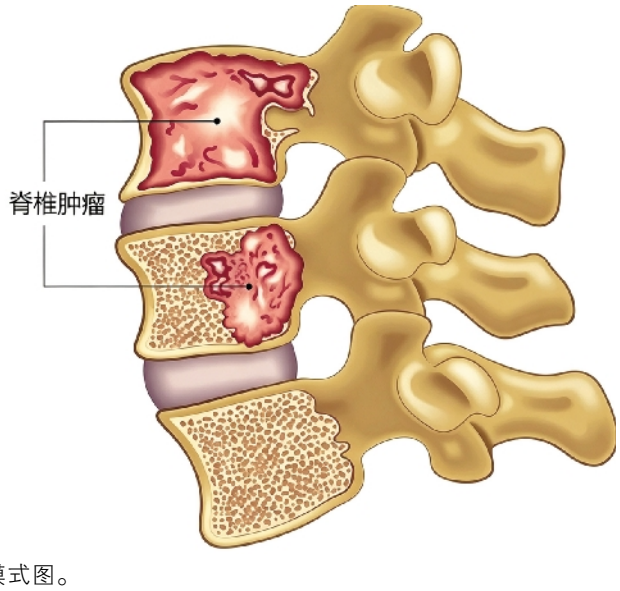
“冰与火”精准狙击脊柱转移瘤

孙振兴 邢丽

当癌症发生骨转移，脊柱往往是最容易受到侵犯的部位之一。

《脊柱转移瘤外科治疗指南 2025 版》指出，约 30%～70%的恶性肿瘤晚期的患者会发生脊柱转移，其中约 5%～10%的患者的肿瘤会压迫脊髓，引发四肢麻木、无力甚至瘫痪。

目前，脊柱转移瘤的治疗方式包括手术、放射治疗及药物治疗等。传统开刀手术虽能切除肿瘤并用螺钉重建脊柱稳定性，但创伤较大，部分身体虚弱的晚期患者难以承受。放疗是重要武器，但对某些“不怕射线”的肿瘤控制效果有限，且无法修复已被肿瘤破坏、变得不稳定的脊柱骨骼。如何在有效控制肿瘤、缓解疼痛的同时，最大限度地保护脊髓及神经功能，并兼顾脊柱稳定性？复合式冷热消融术这项被形象地称为“冰与火精准狙击”的微创技术，正为脊柱及椎旁转移瘤的局部治疗提供新的选择。



脊柱肿瘤模式图。 作者供图

冷热交替作用，实现肿瘤组织精准灭活

复合式冷热消融术是一种在 CT 或 MRI 等影像设备实时引导下的经皮微创治疗技术。经皮将消融针精准穿刺至肿瘤内部，利用极低温（−196℃）和高温（80℃）的交替作用，实现肿瘤组织的精准灭活，同时具备冰球可视化、单针消融范围大、冷热协同增效等特点，从而在控制肿瘤、缓解疼痛的同时，最大限度保障脊髓及神经功能，并兼顾脊柱稳定性。

该技术的核心是深低温冷冻与高强度热消融相结合的序贯治疗。

首先是极寒锁定阶段。消融针尖端温度可降至 −196℃，在肿瘤组织内形成冰球。低温作用使肿瘤细胞内水分结冰，造成细胞膜破裂。同时，冰球边界能够在 CT 上清晰显示，医生可以根据其范围判断冷冻区域，从而精确控制消融范围，避免误伤紧贴的脊髓或神经根。

随后进入高温灭活阶段。消融针迅速复温至 80℃以上，通过高温进一步破坏肿瘤细胞，同时促使肿瘤内部小血管凝固，减少治疗过程中的出血风险。

冷热交替形成的温度变化能够从不同机制损伤肿瘤组织。复合式冷热消融技术可用于多种实体肿瘤的治疗，包括肺癌、肝癌、胰腺癌、肾癌、前列腺癌、乳腺癌以及骨与软组织肉瘤等肿瘤。

可视化消融范围，兼顾肿瘤控制与神经保护

脊柱转移瘤是脊柱肿瘤中最常见的类型，约占脊柱肿瘤的 90%以上。据统计，在恶性肿瘤早期或中期患者中，大约有 20%~40%的患者可能面临脊椎转移的风险，这其中又有 20%的患者因脊髓和神经受压迫而产生症状。

脊柱解剖结构复杂，脊髓、神经根及重要血管毗邻肿瘤病灶，手术空间极小，常被称为“生命禁区”。治疗过程中既要尽可能清除肿瘤，又要避免损伤周围正常组织。因此，局部治疗的精准性和安全性尤为重要。

复合式冷热消融术在脊柱转移瘤治疗中具有以下特点：

1.消融范围可视化，提高治疗精准性

脊柱周围神经结构密集，消融范围控制是治疗中的重要环节。传统单一消融技术在靠近神经组织时，可能因需要控制热损伤或冷冻损伤范围而限制消融程度。

冷热消融过程中形成的冰球能够在影像上清晰显示，可以实时观察冰球的大小及边界，据此调整消融范围，降低对邻近脊髓和神经根的损伤风险。数据显示，这种技术能将邻近神经损伤的风险降低 60%以上。这一特点使其在椎体及椎旁转移瘤等邻近重要神经结构的病灶治疗中具有一定优势，患者不必担心增加术后瘫痪或大小便失禁的风险。

2.重塑免疫微环境，冷肿瘤向热肿瘤转化

有些肿瘤像“冷肿瘤”，善于躲避免疫系统追杀。而“热肿瘤”则具有较强的免疫识别和效应能力。复合式冷热消融术不仅能够直接灭活脊柱骨转移病灶，还能通过重塑肿瘤免疫微环境将“冷肿瘤”转化为“热肿瘤”，从而增强抗肿瘤免疫反应，并与 PD−1/PD−L1 等免疫治疗产生协同效应。

复合式冷热消融术集深低温冷冻消融和高强度热消融于一体，冷热交替导致细胞机械损伤、微血管破坏及免疫原性细胞死亡，从而更为彻底地破坏肿瘤组织并激发机体免疫反应。这相当于给身体打了一针“自体疫苗”，唤醒免疫细胞（如 T 细胞）识别并主动攻击残存癌细胞。

3.兼顾肿瘤灭活与快速镇痛

疼痛是脊柱转移瘤患者常见的临床症状之一。肿瘤侵犯骨组织及周围结构，可引起持续性疼痛，严重影响患者的日常活动和生活质量。

复合式冷热消融术通过破坏肿瘤组织实现局部肿瘤控制。同时，低温作用具有镇痛效果，可通过影响疼痛神经末梢的传导减轻疼痛。

4.创伤小，有利于衔接后续抗肿瘤治疗

与传统开放手术相比，经皮冷热消融具有创伤小、手术时间短、出血少等特点。对于部分无法耐受大型开放手术的患者，这种微创治疗方式能够降低手术负担，缩短术后恢复时间。

在临床应用中，冷热消融还可与椎体成形术联合实施。对于存在椎体骨质破坏的患者，在消融灭活肿瘤后，可通过注入骨水泥增强椎体稳定性。患者恢复后，能够根据病情需要继续接受全身及局部抗肿瘤治疗。

综合评估病情，明确适用人群

复合式冷热消融术并非适用于所有脊柱转移瘤患者。临床上，需要结合肿瘤类型、病灶位置、脊柱稳定性、神经受压情况及患者全身状况进行综合评估。以下几类患者可考虑接受该治疗：

一是放疗抵抗或不耐受的患者。对于肾癌、黑色素瘤、肉瘤等部分对常规放射治疗不敏感的肿瘤，或者因身体状况及其他原因无法耐受放疗的患者，可根据病情考虑采用冷热消融进行局部治疗。

二是药物治疗难以有效控制疼痛的患者。对于止痛药物效果不佳，或者因药物不良反应难以继续接受药物治疗的患者，冷热消融可通过局部肿瘤灭活及低温镇痛作用帮助缓解疼痛。

三是需要加强局部肿瘤控制的患者。对于孤立性或寡转移性脊柱病灶，冷热消融可作为有效的局部治疗手段，精准遏制肿瘤进展，从而减轻骨质破坏、降低病理性骨折及周围神经被入侵的风险。

四是无法耐受开放手术的患者。对于高龄、身体状况较差或合并其他疾病、难以耐受大型开放手术的患者，经皮穿刺消融对心肺功能要求低，且具有创伤较小的特点，可为其提供一种局部治疗选择。

复合式冷热消融术有其适用边界。如果肿瘤已经造成严重脊髓压迫，或者脊柱出现明显机械性不稳定，单纯消融通常难以解决全部临床问题，需要根据患者具体情况制定综合治疗方案。

面对脊柱转移瘤，临床治疗的目标不再是单纯“切除一切”，而是在肿瘤控制、疼痛缓解与器官功能保护之间寻求最佳平衡。未来，随着更多临床研究的开展和技术的不断进步，复合式冷热消融术有望在更多类型的肿瘤治疗中发挥重要作用，使患者拥有更好的生存质量和更长的生存期。

（作者单位：北京清华长庚医院）