

• 非血管介入 Non-vascular intervention •

经皮椎体成形术联合射频消融治疗脊柱转移瘤
效果和安全性 Meta 分析

刘仲源, 魏传付, 李念虎

【摘要】 目的 探讨经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)联合射频消融(radiofrequency ablation, RFA)治疗脊柱转移瘤效果和安全性。**方法** 检索 2009 年 5 月至 2022 年 7 月中国知网(CNKI)、万方、中国生物医学文献数据库(CBM)、PubMed、Cochrane Library、Web of science 等数据库中所有关于 PVP 联合 RFA 治疗脊柱转移瘤的病例对照试验和随机对照试验研究文献,设对照组(单纯 PVP 治疗)和试验组(PVP 联合 RFA 治疗)。采用 Newcastle-Ottawa 量表(NOS)评分评价病例对照试验研究文献,Cochrane 风险偏倚评估工具评价随机对照试验研究文献。**结果** 共纳入 12 篇文献(10 篇病例对照试验,2 篇随机对照试验)1 051 例患者。Meta 分析显示,试验组与对照组相比可显著减少脊柱转移瘤复发($OR = 0.17, 95\%CI = 0.08 \sim 0.34, P < 0.001$),减少并发症发生($OR = 0.29, 95\%CI = 0.21 \sim 0.41, P < 0.001$),降低疼痛视觉模拟评分(VAS) ($WMD = -1.21, 95\%CI = -1.64 \sim -0.78, P < 0.001$),改善 Karnofsky 功能状态(KPS)评分 ($WMD = 14.69, 95\%CI = -12.25 \sim 17.14, P < 0.001$),但提升远期疗效并不显著($OR = 1.55, 95\%CI = 0.90 \sim 2.68, P = 0.12$)。**结论** PVP 联合 RFA 治疗脊柱转移瘤具有显著的临床近期效果和安全性,但远期效果并不显著。受限于纳入文献数量和质量,以上结论还需更大规模、更高质量临床试验研究。

【关键词】 骨;脊柱;经皮椎体成形术;射频消融;肿瘤;骨转移;Meta 分析

中图分类号:R738.1 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2024)-10-1088-07

Percutaneous vertebroplasty combined with radiofrequency ablation for spinal metastases: a meta-analysis of clinical efficacy and safety LIU Zhongyuan, WEI Chuanfu, LI Nianhu. Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Jinan, Shandong Province 250355, China

Corresponding author: WEI Chuanfu, E-mail: weichuanfu060312@163.com

【Abstract】 Objective To investigate the clinical efficacy and safety of percutaneous vertebroplasty (PVP) combined with radiofrequency ablation (RFA) for spinal metastases. **Methods** A computerized retrieval of academic papers concerning the case-control studies (CCS) and randomized controlled trials (RCT) of PVP combined with RFA for spinal metastases from the databases of CNKI, Wanfang, Chinese Biomedical Literature Database (CBM), PubMed, Cochrane Library, Web of science and other databases was conducted. A control group (receiving PVP treatment alone) and a test group (receiving PVP combined with RFA treatment) were established. Newcastle-Ottawa scale (NOS) score was used to evaluate case-controlled trial literature, and the Cochrane risk bias assessment tool was used to evaluate the RCT literature. **Results** A total of 12 articles (10 CCS articles and 2 RCT articles) including 1 051 patients were included in this analysis. Meta-analysis showed that the recurrence rate of spinal metastases ($OR = 0.17, 95\%CI = 0.08-0.34, P < 0.001$), incidence of complications ($OR = 0.29, 95\%CI = 0.21-0.41, P < 0.001$) and pain visual analog scale (VAS) score ($WMD = -1.21, 95\%CI = -1.64 - -0.78, P < 0.001$) in the test group were significantly lower than those in the control group. The Karnofsky functional status (KPS) score ($WMD = 14.69, 95\%CI = -12.25-17.14, P < 0.001$) in the test group was

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2024.10.009

基金项目:山东省自然科学基金(ZR20203MH063)

作者单位:250355 山东济南 山东中医药大学(刘仲源);山东中医药大学附属医院脊柱脊髓科(魏传付、李念虎)

通信作者:魏传付 E-mail: weichuanfu060312@163.com

remarkably higher than that in the control group, but the long-term efficacy in the test group ($OR = 1.55$, $95\%CI = 0.90-2.68$, $P = 0.12$) was not obviously better than that in the control group. **Conclusion**

For the treatment of spinal metastases, PVP combined with RFA has significant clinical short-term efficacy and safety, although its long-term efficacy is not obvious. Due to the limited quantity and quality of the included literature, larger-scale and higher-quality clinical trial studies need to be done before the above conclusions can be further clarified.

【Key words】 bone; spine; percutaneous vertebroplasty; radiofrequency ablation; tumor; bone metastasis; meta-analysis

脊柱是晚期恶性肿瘤发生骨转移最常见部位^[1]。目前脊柱转移瘤临床治疗主要有外科手术、核素、放疗等,但疗效不尽人意^[2-3]。近年射频消融(radiofrequency ablation, RFA)已广泛应用于肿瘤局部治疗,具有创伤小,并发症少的特点,并在转移性肿瘤治疗中取得了较好疗效^[4]。RFA 技术有较高包容性,可与其他治疗方法如放疗等联合应用。经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)可加固病变椎体并快速缓解背部疼痛,已成为治疗脊柱转移瘤重要方式^[5]。但单纯 PVP 术有推移肿瘤组织使之进入椎管,加重脊髓压迫的风险^[6]。PVP 治疗前先行使用 RFA 可降低肿瘤组织推移和骨水泥渗漏风险,增加骨水泥填充量。目前已有较多关于 PVP 联合 RFA 治疗脊柱转移瘤随机对照和观察性研究,但鲜见关于联合治疗效果及其安全性的循证医学研究。本研究采用 Meta 分析评价 PVP 联合 RFA 治疗脊柱转移瘤效果和安全性,为肿瘤复发、疼痛减轻、功能恢复及并发症等方面提供循证依据。

1 材料与方法

1.1 文献检索策略

检索 2009 年 5 月至 2022 年 7 月中国知网(CNKI)、万方、中国生物医学文献数据库(CBM)、PubMed、Cochrane Library、Web of science 等数据库。中文检索词:脊柱转移瘤、椎体转移瘤、脊髓转移瘤、射频消融、病例研究、随机对照研究、经皮椎体成形术;英文检索词:RFA、PVP、radiofrequency ablation、percutaneous vertebroplasty、spine、spinal metastasis tumor、tumor、cancer、carcinoma。

1.2 文献纳入和排除标准

纳入标准:①研究类型为病例对照试验、随机对照试验;②研究对象有明确的恶性肿瘤,病史经病理学检查证实,年龄范围在 40~70 岁;③干预措施设对照组(PVP 治疗)和试验组(PVP 联合 RFA 治

疗);④有以下一项结局指标:肿瘤复发情况、并发症、疼痛视觉模拟评分(VAS)、Karnofsky 功能状态(KPS)评分、远期疗效。排除标准:①重复发表文献;②学位论文、会议论文等文献;③非 PVP 联合 RFA 研究;④综述类文献;⑤非中文或英文文献。

1.3 资料提取

由 2 名独立调查人员分别审阅文献文题、摘要和原文,提取符合纳入标准的文献和数据,出现分歧时由第 3 名调查人员参与讨论解决。建立资料提取表,用于提取相关数据。记录文献作者、发表时间、研究方法、样本数量、患者年龄和性别、手术方式、干预措施、肿瘤复发情况、VAS 评分、KPS 评分、远期疗效及并发症等。文献研究选择、资料提取和质量评价结果出现不一致时,通过深入剖析文献原文后进行商榷,最终确定结论。

1.4 数据处理

Meta 分析采用 RevMan 5.4 软件。正态分布连续变量资料数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,各效应量均给出其点估计值及 95% 置信区间(CI),二分类资料以比值比(OR)为效应指标。各研究异质性通过 I^2 和 χ^2 检验评估, $P > 0.05$ 或 $I^2 \leq 50\%$ 认为具有同质性,采用固定效应模型,否则采用随机效应模型并进行敏感性分析,确定异质性来源。

2 结果

2.1 文献检出情况

共检索出 PVP 联合 RFA 治疗脊柱转移瘤文献 218 篇,最终 12 篇符合纳入标准^[1-4,7-14]。文献筛选流程见图 1。

2.2 文献基本特征

纳入文献中共有 1 051 例患者,其中试验组 526 例,对照组 525 例。文献基本特征见表 1。两组间基线资料一致,具有可比性。

2.3 文献质量评价

12 篇纳入文献中 10 篇^[1-4,7-8,10-13]为病例对照试

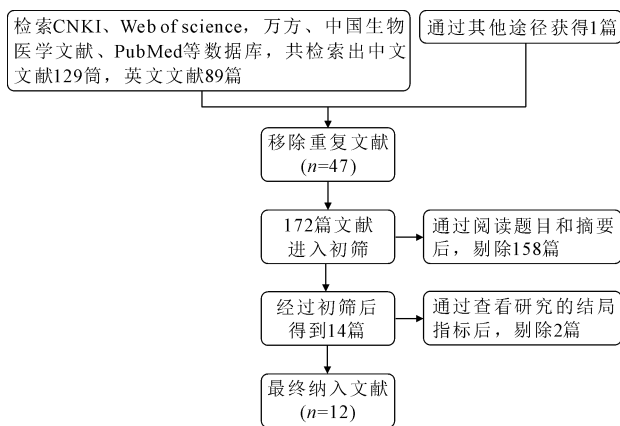


图1 文献筛选流程

验研究,且 Newcastle-Ottawa 量表(NOS)评分均在6分以上;2篇^[9,14]为随机对照试验研究。采用 NOS 评分评价纳入的病例对照试验研究,Cochrane 风险偏倚评估工具评价随机对照试验研究(图2)。

2.4 Meta 分析

6篇文献^[2-3,7-8,10,13]报道了肿瘤复发情况。异质性检验显示,各研究间异质性差异无统计学意义($P=0.98, I^2=0\%$),使用固定效应模型行 Meta 分析显示差异有统计学意义 $[OR=0.17, 95\%CI(0.08\sim 0.34), P<0.001]$,表明 PVP 联合 RFA 治疗脊柱

转移瘤能显著减少肿瘤复发发生(图3)。

5篇文献^[1,7,9-10,12]记录了术后1个月两组疼痛VAS评分。异质性检验显示各研究间异质性差异有统计学意义($P<0.001, I^2=94\%$),灵敏度分析逐一剔除单篇文献,未见异质性发生变化,使用随机效应模型行 Meta 分析结果显示差异有统计学意义($WMD=-1.21, 95\%CI=-1.64\sim -0.78, P<0.001$)(图4)。5篇文献^[1,3,7,9,14]记录了术后3个月两组VAS评分。异质性检验显示各研究间异质性差异有统计学意义($P<0.001, I^2=93\%$),灵敏度分析逐一剔除单篇文献,未见异质性发生变化,使用随机效应模型。对病例对照试验和随机对照试验进行亚组分析。Meta 分析结果显示差异有统计学意义($WMD=-1.27, 95\%CI=-1.78\sim -0.75, P<0.001$)(图5)。5篇文献^[1,3,7,9,14]记录了术后6个月两组VAS评分。异质性检验显示各研究间异质性差异有统计学意义($P<0.001, I^2=97\%$),灵敏度分析逐一剔除单篇文献,未见异质性发生变化,使用随机效应模型。对病例对照试验和随机对照试验进行亚组分析。Meta 分析结果显示差异无统计学意义($WMD=-0.72, 95\%CI=-1.28\sim -0.16, P=0.06$)(图6)。

表1 文献基本特征

文献	年龄(岁)		样本量[n(男/女)]		干预措施		结局指标
	试验组	对照组	试验组	对照组	试验组	对照组	
杨海濤等 ^[7] (2022)	55.1±6.1	55.8±8.0	39(25/14)	37(22/15)	PVP联合RFA	PVP	ABCDEG
姚珍松等 ^[8] (2022)	55.4±4.0	54.9±3.8	32(20/12)	28(17/11)	PVP联合RFA	PVP	ABEFG
李杰等 ^[1] (2021)	56.0±7.2	57.0±7.5	32(21/11)	30(20/10)	PVP联合RFA	PVP	BCDF
陈焕诗等 ^[9] (2020)	66.0±3.2	64.0±2.7	30(17/13)	30(15/15)	PVP联合RFA	PVP	BCDE
张凯等 ^[2] (2017)	54.8±4.6	53.6±3.8	42(23/19)	42(22/20)	PVP联合RFA	PVP	AF
陈水木等 ^[10] (2016)	49.0±7.6	47.0±8.5	27(20/7)	28(19/9)	PVP联合RFA	PVP	ABCE
王卫国等 ^[11] (2012)	63	63	105	121	PVP联合RFA	PVP	B
LI等 ^[4] (2020)	57.6±10.3	57.6±10.3	65	67	PVP联合RFA	PVP	BG
王震等 ^[3] (2020)	54.3±1.3	52.3±1.3	23(13/10)	23(15/8)	PVP联合RFA	PVP	ABDF
于森等 ^[12] (2021)	45.7±6.5	45.6±6.5	50(29/21)	50(26/24)	PVP联合RFA	PVP	BC
吴锐辉等 ^[13] (2014)	60.2±3.3	60.5±3.0	56(32/24)	54(30/24)	PVP联合RFA	PVP	AB
何克等 ^[14] (2019)	65.3±9.6	66.5±9.6	25(14/11)	25(15/10)	PVP联合RFA	PVP	DE

A:复发情况;B:并发症;C:术后1个月VAS评分;D:术后3个月VAS评分;E:术后6个月VAS评分;F:KPS评分;G:远期疗效

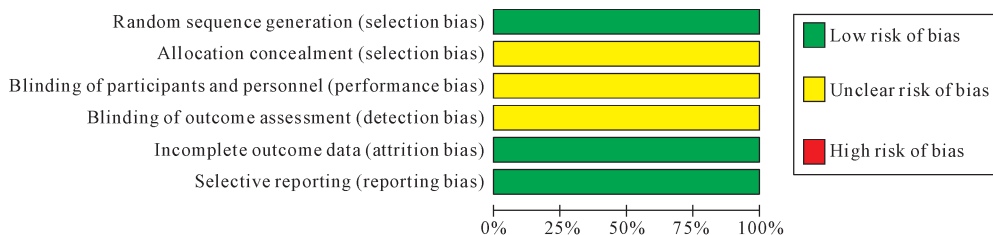


图2 Cochrane 风险图

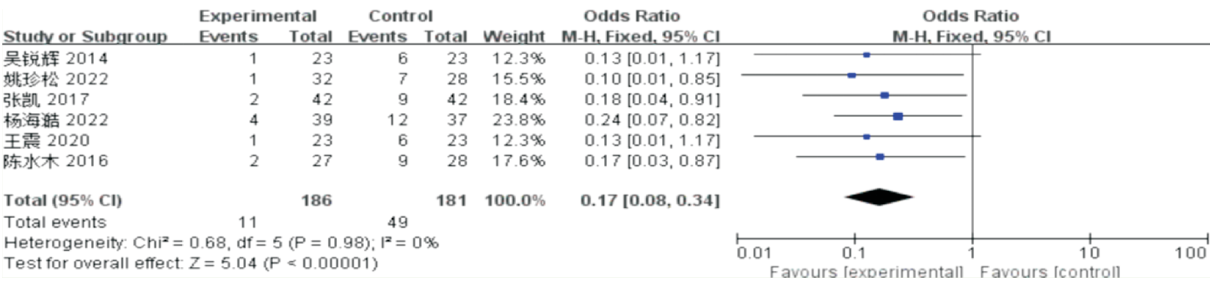


图 3 肿瘤复发 Meta 分析

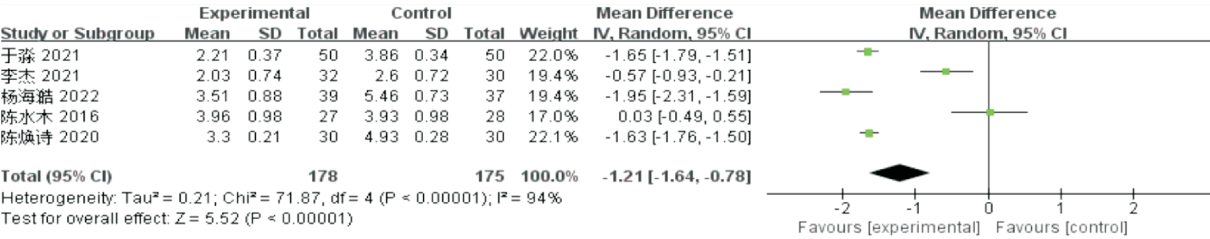


图 4 术后 1 个月 VAS 评分 Meta 分析

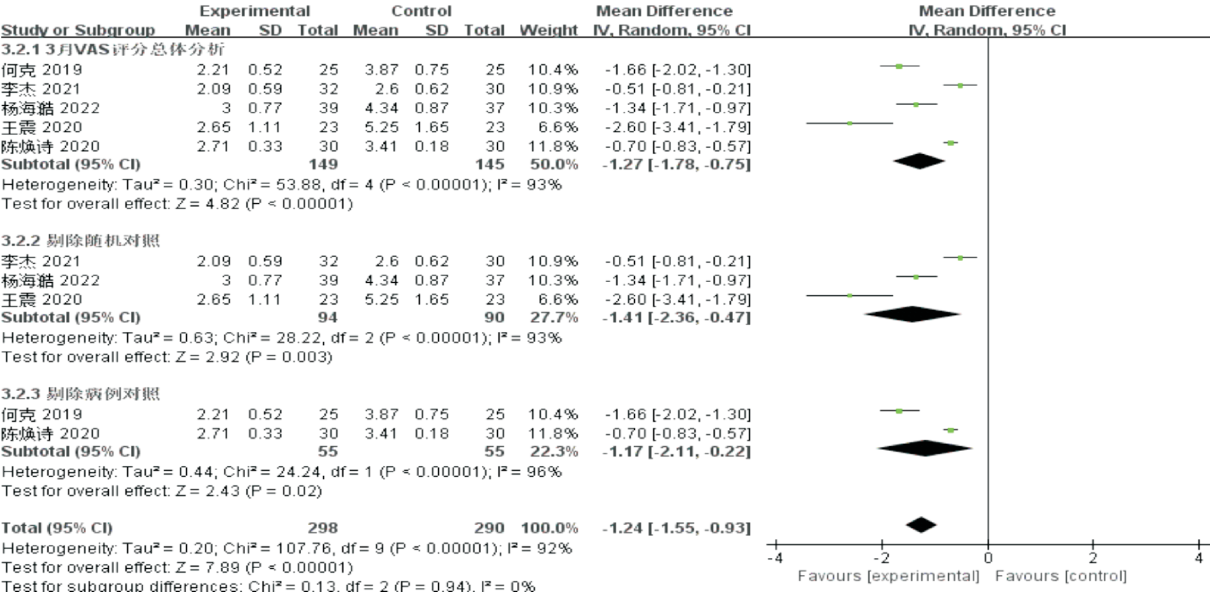


图 5 术后 3 个月 VAS 评分 Meta 分析

4 篇文献^[1-3,8]报道了 KPS 评分改善情况。异质性检验显示各研究间异质性差异有统计学意义 ($P < 0.001$, $I^2 = 86\%$), 灵敏度分析逐一剔除单篇文献, 发现李杰等^[1]研究异质性较大, 剔除该研究后异质性检验显示各研究异质性差异无统计学意义 ($P = 0.34$, $I^2 = 8\%$), 使用固定效应模型。Meta 分析结果显示差异有统计学意义 ($WMD = 14.69$, $95\%CI = -12.25 \sim 17.14$, $P < 0.001$) (图 7)。

3 篇文献^[4,7-8]报道了术后远期疗效。异质性检验显示各研究间异质性差异无统计学意义 ($P = 0.92$, $I^2 = 0\%$), 使用固定效应模型。Meta 分析结果显示差异无统计学意义 ($OR = 1.55$, $95\%CI =$

$0.90 \sim 2.68$, $P = 0.12$) (图 8)。

10 篇文献^[1,3,7-14]报道了并发症发生情况。其中 1 篇文献^[14]报道试验组与对照组均出现骨水泥渗漏、出血、下肢深静脉血栓形成、感染, 其余 9 篇文献^[1,3,7-13]统计骨水泥渗漏发生情况。异质性检验显示各研究间异质性差异无统计学意义 ($P = 0.78$, $I^2 = 0\%$), 使用固定效应模型。Meta 分析结果显示差异有统计学意义 ($OR = 0.29$, $95\%CI = 0.21 \sim 0.41$, $P < 0.001$) (图 9), 说明 PVP 联合 RFA 可减少并发症发生。

2.5 发表偏倚分析

对纳入并发症结局指标的 10 篇文献进行发表

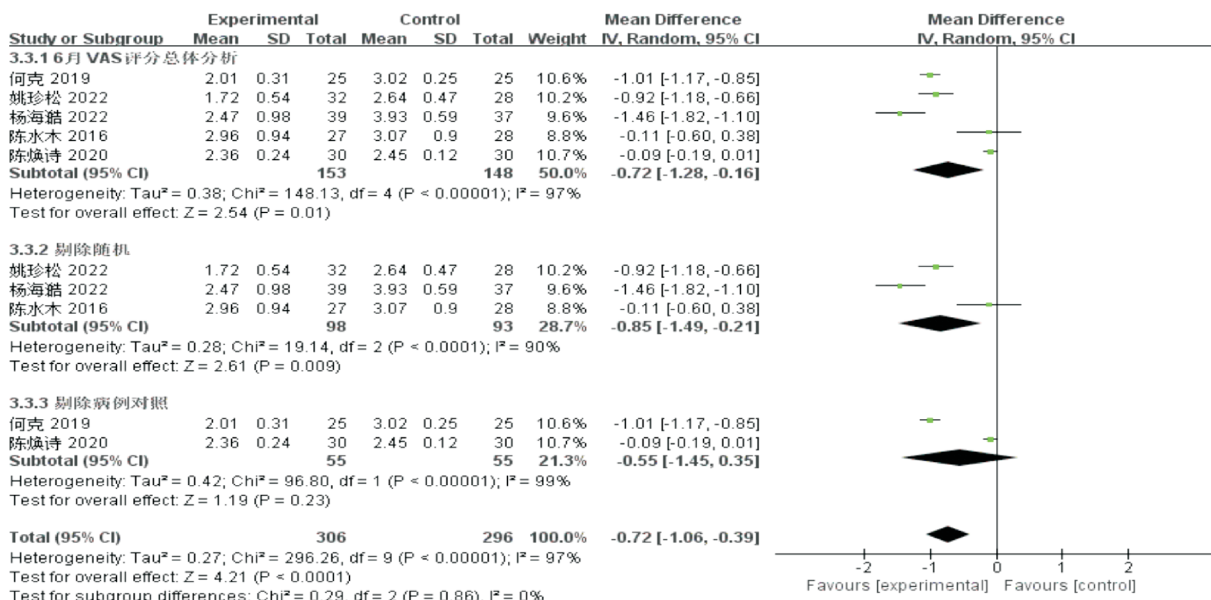


图6 术后6个月VAS评分Meta分析

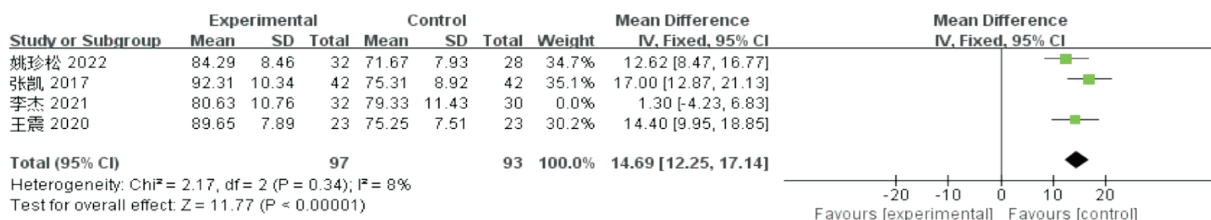


图7 KPS评分改善情况Meta分析

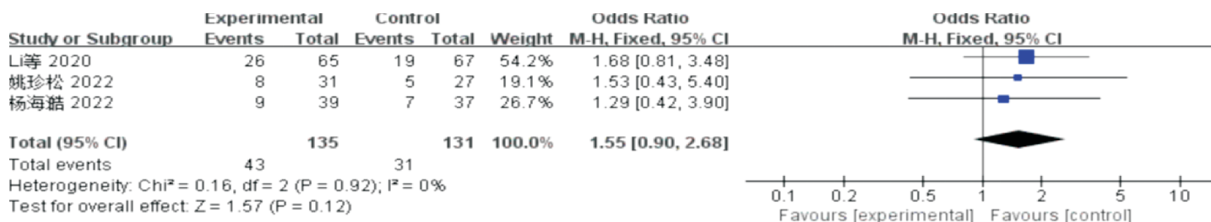


图8 术后远期疗效Meta分析

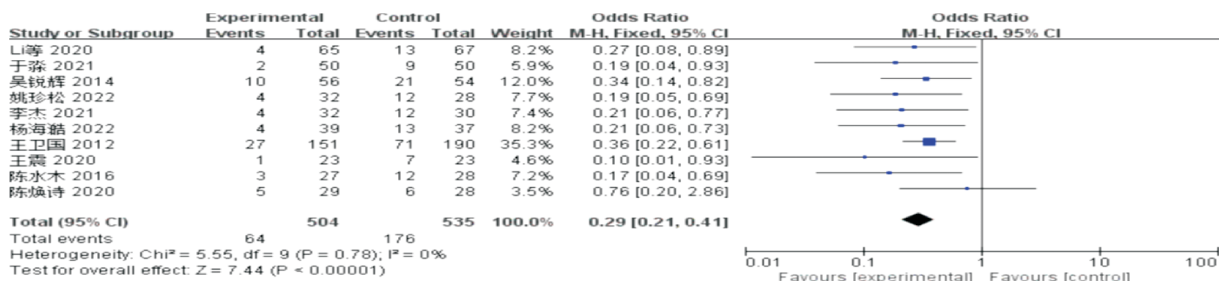


图9 并发症发生情况Meta分析

偏倚分析结果显示,漏斗图形为非对称,表明可能存在发表偏倚(图10)。

3 讨论

目前鲜见关于PVP联合RFA治疗脊柱转移瘤

的系统评价文献。本Meta分析纳入12项研究文献^[1-4,7-14],比较单纯PVP与PVP联合RFA治疗脊柱转移瘤的有效性和安全性,结果显示PVP联合RFA手术能显著减少脊柱转移瘤复发,减轻肿瘤疼痛,提高患者生活质量;远期疗效与单纯PVP相比

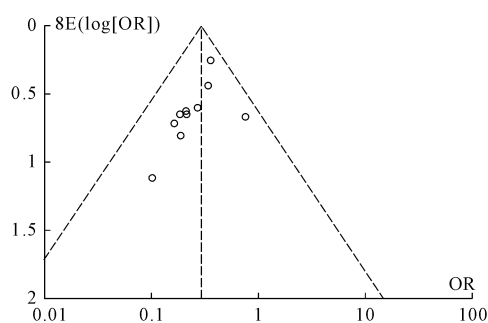


图 10 并发症结局指标漏斗图

无显著差别,但仍呈改善趋势;可减少并发症发生,具有较高的安全性。

亚组分析 VAS 评分指标异质性发现,试验类型并非该指标异质性大的主要因素,而是与患者年龄、肿瘤生长情况、自身体质等因素有关。采用逐一剔除法对临床各项指标进行灵敏度分析表明,逐一剔除单项研究后对肿瘤复发、并发症发生、VAS 评分、KPS 评分、远期疗效等指标效应量影响较小,Meta 分析显示灵敏度较低,结果较为可靠。

RFA 通过针尖交变电流产热灭活病灶,由于治疗时间短、消融范围精确、灭活效率高,现已广泛用于治疗肝、肺、甲状腺癌或子宫肌瘤,甚至心房颤动等疾病^[15-19]。作为一种微创技术,RFA 在脊柱转移瘤治疗中越来越受到临床认可。术后脊柱转移瘤有效改善,主要体现在其复发率降低、疼痛评分改善及患者生活质量提高方面。Ragheb 等^[20]在乳腺癌脊柱转移瘤研究中发现,RFA 技术可减少局部肿瘤复发,缓解疼痛。Wallace 等^[21]研究发现,PVP 联合 RFA 治疗脊柱转移瘤后 3、6、12 个月局部控制率分别为 89%、74%、70%。本 Meta 分析中 PVP 联合 RFA 治疗脊柱转移瘤后复发改善结果与之一致。Sayed 等^[22]报道前瞻性研究分析 30 例 RFA 联合 PVP 治疗脊柱转移瘤患者,结果发现术后 1 周、1 个月、3 个月疼痛数字评价量表(NRS)-11 评分显著降低($P < 0.01$),表明 RFA 对肿瘤疗效显著,大大减少了患者疼痛程度。RFA 通过中高频射频波产生的温度可达 60~100 °C,能降低肿瘤负荷,起到缓解疼痛的作用^[17]。黄昊等^[23]实验研究发现,聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)骨水泥仅 0.3 mL 便可对 10~15 cm 范围内肿瘤起到灭活作用,如此在 RFA 迅速灭活肿瘤细胞基础上注入骨水泥,抑制了肿瘤再生长。

PVP 联合 RFA 治疗脊柱转移瘤安全性体现在术后并发症改善情况。10 项研究文献 Meta 分析中

发现,PVP 联合 RFA 相较于单纯 PVP 可显著减少并发症发生,其中 9 项研究文献^[1,3,7-13]中主要以骨水泥渗漏为主,仅 1 项研究文献^[14]中提示有渗漏、出血、下肢深静脉血栓形成、感染等并发症。Halpin 等^[24]报道 1 例脊柱转移瘤患者 PVP 联合 RFA 治疗后背部疼痛消失,未发生骨水泥渗漏或组织烧伤等并发症。PVP 手术并发症多与骨水泥有关,联合 RFA 治疗后骨水泥渗漏减少,同时单纯 RFA 灭活肿瘤细胞后会在椎体内形成空洞,改变邻近健康骨小梁微观结构,导致椎体后壁不稳定,但联合 PVP 可弥补椎体塌陷风险^[14,25]。骨水泥是否泄漏和泄漏多少除了与手术方法有关外,还与患者病变及骨水泥黏度、用量、注射位置相关^[26]。RFA 治疗过程中必须时刻监测温度,同时控制好电极距离脊神经或重要血管至少 1 cm,消融后组织温度保持在 42~43 °C,若椎管组织温度超过 45 °C,将对神经造成损害^[26-29]。通过上述方法行 RFA 后会在肿瘤周边形成一低密度带(生物膜屏障),相关试验研究证实其具有阻挡骨水泥渗漏作用,从而减少骨水泥相关并发症发生^[30]。

本 Meta 分析局限性:①PVP 联合 RFA 治疗脊柱转移瘤相关临床研究文献较少;②纳入了较多病例对照,分析偏倚风险较大;③未分析比较两组术后并发症脊柱塌陷程度及高温破坏的影响;④纳入文献中手术远期疗效指标较少,分析结论受限。

总之,本 Meta 分析为 PVP 联合 RFA 治疗脊柱转移瘤临床应用提供了证据。PVP 联合 RFA 治疗可显著减轻脊柱转移瘤患者手术疼痛,促进功能恢复,减少复发并降低并发症发生,安全可靠。尽管远期疗效并不显著,但能极大地减轻患者因肿瘤带来的痛苦。

[参考文献]

- [1] 李杰,江伟,彭立鹏.射频消融联合经皮椎体成形术治疗脊柱转移瘤[J].临床骨科杂志,2021,24:193-198.
- [2] 张凯,赵海峰,郭荣江.射频消融联合经皮椎体成形术治疗脊柱转移瘤的疗效分析[J].系统医学,2017,2:113-115.
- [3] 王震,赵莉,于鑫.射频消融联合经皮椎体成形术治疗脊柱转移瘤的临床疗效分析[J].医药前沿,2020,10:59-60.
- [4] Li M, Zhang Y, Zhang X. Effects of surgery and radiofrequency ablation in the treatment of spinal metastases and analysis of the influencing factors of prognosis[J]. Exp Ther Med,2020,19:1072-1078.
- [5] 王林杰,孙国绍,吴青坡,等.射频消融联合经皮椎体成形术治疗脊柱转移瘤[J].中国实用医刊,2018,45:23-25.

- [6] 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: 3129-3133.
- [7] 杨海瀚, 孙远林, 肖睿. 射频消融联合经皮椎体成形术治疗脊柱转移瘤的疗效观察[J]. *现代肿瘤医学*, 2022, 30: 2990-2994.
- [8] 姚珍松, 李文超, 梁德, 等. 经皮椎体成形术联合射频消融治疗脊柱转移瘤的临床疗效及术后预后的影响因素分析[J]. *现代生物医学进展*, 2022, 22: 304-309, 319.
- [9] 陈焕诗, 覃广兵, 易军飞, 等. 经皮穿刺椎体成形联合射频消融术治疗脊柱溶骨性转移瘤[J]. *湖北民族大学学报(医学版)*, 2020, 37: 96-98.
- [10] 陈水木, 黄金承, 胡争波, 等. 射频消融联合经皮椎体成形术治疗脊柱转移瘤的疗效分析[J]. *中国脊柱脊髓杂志*, 2016, 26: 521-526.
- [11] 王卫国, 谢其根, 吴春根, 等. 射频消融联合椎体成形术治疗脊柱转移瘤 105 例[J]. *介入放射学杂志*, 2012, 21: 747-751.
- [12] 于森. 射频消融术联合经皮椎体成形术治疗脊柱转移性肿瘤的临床研究[J]. *现代医学与健康研究电子杂志*, 2021, 5: 48-50.
- [13] 吴锐辉, 廖绪强, 赵新建, 等. 射频消融与椎体成形术联合治疗 56 例脊柱转移瘤的疗效探讨[J]. *医药前沿*, 2014: 279-280.
- [14] 何克, 银毅, 叶永杰. DSA 引导下射频消融术联合 PVP 治疗脊柱转移瘤: 骨水泥渗漏及预后生存情况分析[J]. *颈腰痛杂志*, 2019, 40: 629-632.
- [15] Bai XM, Cui M, Yang W, et al. The 10-year survival analysis of radiofrequency ablation for solitary hepatocellular carcinoma 5 cm or smaller: primary versus recurrent HCC[J]. *Radiology*, 2021, 300: 458-469.
- [16] Chan MV, Huo YR, Cao C, et al. Survival outcomes for surgical resection versus CT-guided percutaneous ablation for stage I non-small cell lung cancer (NSCLC): a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur Radiol*, 2021, 31: 5421-5433.
- [17] Ha EJ, Baek JH, Che Y, et al. Radiofrequency ablation of benign thyroid nodules: recommendations from the asian conference on tumor ablation task force-secondary publication[J]. *J Med Ultrasound*, 2021, 29: 77-83.
- [18] 吴巧至, 郭遂群. 超声引导下射频消融治疗子宫肌瘤的临床应用进展[J]. *分子影像学杂志*, 2023, 46: 375-380.
- [19] 杨婧, 张孝鸿, 尤玲, 等. 经皮左心耳封堵联合射频消融对持续性心房颤动患者的有效性和安全性及消融复发率的影响[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2023, 31: 321-327.
- [20] Ragheb A, Vanood A, Fahim DK. The addition of radiofrequency tumor ablation to kyphoplasty may reduce the rate of local recurrence in spinal metastases secondary to breast cancer[J]. *World Neurosurg*, 2022, 161: e500-e507.
- [21] Wallace AN, Tomasian A, Vaswani D, et al. Radiographic local control of spinal metastases with percutaneous radiofrequency ablation and vertebral augmentation[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2016, 37: 759-765.
- [22] Sayed D, Jacobs D, Sowder T, et al. Spinal radiofrequency ablation combined with cement augmentation for painful spinal vertebral metastasis: a single-center prospective study[J]. *Pain Physician*, 2019, 22: E441-E449.
- [23] 黄昊, 何仕诚, 冯国栋, 等. 骨水泥对兔脊柱 VX2 肿瘤转移模型的作用研究[J]. *介入放射学杂志*, 2015, 24: 520-523.
- [24] 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.
- [25] Colonna S, Bianconi A, Cofano F, et al. Radiofrequency ablation in vertebral body metastasis with and without percutaneous cement augmentation: a systematic review addressing the need for SPINE stability evaluation[J]. *Diagnostics (Basel)*, 2023, 13: 1164.
- [26] 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.
- [27] 张超, 韩秀鑫, 马育林, 等. 射频消融在脊柱转移瘤的研究进展[J]. *中国矫形外科杂志*, 2022, 30: 1669-1673.
- [28] Mannion RJ, Woolf CJ. Pain mechanisms and management: a central perspective[J]. *Clin J Pain*, 2000, 16: S144-S156.
- [29] 冯国栋, 何仕诚, 杜瑞杰, 等. 射频消融联合骨水泥对兔 VX2 椎旁肿瘤的杀伤作用[J]. *介入放射学杂志*, 2016, 25: 519-523.
- [30] 田士林. 射频消融联合经皮椎体成形术治疗椎体转移瘤的临床与生物学机制研究[D]. 济南: 山东大学, 2021.

(收稿日期: 2023-10-19)

(本文编辑: 谷珂)