

doi:10.3969/j.issn.1006-9852.2025.03.008

骨质疏松性椎体压缩性骨折微创介入治疗 研究进展 *

张雪轩¹ 鄢 毅^{1,2,3} 邹 欢¹ 陈子明¹ 尹青华¹ 钟 凯¹ 曾琳钰¹ 张学学^{1,2,3 Δ}(¹ 南昌大学第一附属医院疼痛科; ² 江西省创烧伤及疼痛重点实验室; ³ 江西省卫生健康委员会神经性疼痛重点实验室, 南昌 330006)

摘 要 骨质疏松性椎体压缩性骨折 (osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF) 临床上较为常见, 当保守治疗难以缓解病人症状时, 可以选择手术治疗。经皮椎体成形术 (percutaneous vertebroplasty, PVP) 和经皮后凸成形术 (percutaneous kyphoplasty, PKP) 作为临床上两种经典术式, 疗效确切, 广泛应用于 OVCF 的治疗, 但是这两种手术一直存在骨水泥渗漏的问题。近年来随着射频镇痛技术的发展, 脊神经后支射频消融联合神经阻滞 (radiofrequency ablation combined with nerve block, RFNB) 应用于 OVCF 的治疗也取得了较好的疗效。而对某些特殊形态 OVCF, 经皮椎弓根螺钉内固定术相对传统开放手术优势明显。对于临床医师而言, 应该注重 OVCF 病人个体差异, 从而制订个体化的治疗方案, 并加强 OVCF 病人术后康复及护理, 并对现有技术不断改进, 为 OVCF 病人提供更好的治疗选择。本文就这 4 种微创手术治疗 OVCF 的临床应用及研究进展加以综述, 从而为临床工作提供参考。

关键词 骨质疏松性椎体压缩性骨折; 微创手术; 经皮椎体成形术; 经皮后凸成形术; 射频消融联合神经阻滞; 经皮椎弓根螺钉内固定术

The progress in minimally invasive interventional treatment of osteoporotic vertebral compression fracture *

ZHANG Xue-xuan¹, YAN Yi^{1,2,3}, ZOU Huan¹, CHEN Zi-ming¹, YIN Qing-hua¹, ZHONG Kai¹, ZENG Lin-yu¹, ZHANG Xue-xue^{1,2,3 Δ}(¹ Department of Pain Medicine, the First Affiliated Hospital of Nanchang University; ² Jiangxi Provincial Key Laboratory of Trauma, Burn and Pain Medicine; ³ Key Laboratory of Neuropathic Pain (the First Affiliated Hospital of Nanchang University), Healthcare Commission of Jiangxi Province, Nanchang 330006, China)

Abstract Osteoporotic vertebral compression fracture (OVCF) is clinically common, and surgery is an option when patients are refractory to conservative treatment. Percutaneous vertebroplasty (PVP) and percutaneous kyphoplasty (PKP) are two classic clinical procedures with definite efficacy and are widely used in the treatment of OVCF, but these two surgeries have always had the problem of cement leakage. In recent years, with the development of radiofrequency analgesic technology, radiofrequency ablation combined with nerve block (RFNB) of the posterior branch of the spinal nerve has also achieved good results in the treatment of OVCF. For some special forms of OVCF, percutaneous pedicle screw fixation has obvious advantages over traditional open surgery. For clinicians, it is necessary to pay attention to the individual differences of OVCF patients, so as to formulate individualized treatment plans, strengthen the postoperative rehabilitation and care of OVCF patients, and continuously improve the existing technology to provide better treatment options for OVCF patients. This article reviews the clinical application and research progress of these four minimally invasive surgeries in the treatment of OVCF, in order to provide reference for clinical work.

Keywords osteoporotic vertebral compression fracture; minimally invasive surgery; percutaneous vertebroplasty; percutaneous kyphoplasty; radiofrequency ablation combined with nerve block; percutaneous pedicle screw fixation

* 基金项目: 国家自然科学基金 (82360235); 江西省重点研发计划 (20232BBG70027); 江西省自然科学基金 (20224ACB206019)

Δ 通信作者 张学学 zxx2006666@163.com

随着人口老龄化趋势的不断加剧,全球骨质疏松症 (osteoporosis, OP) 发病率估计为 18.3%, 其中绝经后女性占比最高^[1]。我国 OP 流行病学调查数据显示^[2], 50 岁以上人群中 OP 发生率为 19.2%, 其中女性为 32.1%, 男性为 6.9%; 65 岁以上人群中 OP 发生率为 32.0%, 其中女性为 51.6%, 男性为 10.7%。而椎体压缩性骨折 (vertebral compression fracture, VCF) 是 OP 最常见的并发症, 2013 年至 2018 年上海市 60 岁以上的社区居民中骨质疏松性椎体压缩性骨折 (osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF) 的流行病学调查^[3]显示, OVCF 的标准化患病率为 4.4%, 男性标准化患病率为 2.8%, 女性标准化患病率为 5.9%。随着年龄的增长, 骨量减少、骨微结构被破坏, 继而造成骨小梁结构的破坏, 椎体发生骨折的风险逐渐增加。大多数病人在提轻物体、咳嗽、打喷嚏或在床上翻身而诱发椎体压缩性骨折^[4]。研究显示, 约 30% 的严重 OP 病人的压缩性骨折发生在卧床期间, 60%~75% 的骨折发生在 T₁₂~L₂ 节段^[5]。VCF 的主要症状是突发的腰背痛, 体位改变时可加重, 并可放射至相应脊神经支配区, 且大多数病人伴有胸椎后凸畸形 (骨折发生在胸椎)。随着病情的变化, 可导致呼吸障碍、食欲减退、椎管狭窄等并发症, 由于 VCF 病人大多数长期卧床, 可能会导致压疮、肠道问题以及深静脉血栓形成^[4,5]。

MRI 是诊断 OVCF 首选辅助检查, MRI 不仅可以分辨陈旧性骨折以及新发骨折 (见图 1), 还可以与椎体转移瘤性骨折、脊柱结核等鉴别, 同时结合病人症状及体征从而进行病变椎体定位诊断。但也有部分严重 OVCF 病人由于难以平卧而不能耐受长

时间的 MRI 检查。除此之外, DR 和 CT 也有助于 OVCF 的诊断, 但是敏感度及特异度相对 MRI 较差。

目前 OVCF 的治疗目标主要是缓解疼痛、恢复椎体功能及预防再发骨折^[4]。OVCF 病人经药物、胸腰椎支具、严格卧床等保守治疗效果不佳时, 可考虑进行手术治疗, 其中包括微创介入治疗及开放手术治疗。因开放手术创伤大, 老年人难以耐受, 如伴有明显神经及脊髓受压的症状才考虑行开放手术治疗。微创介入治疗相对开放手术治疗具有创伤小、恢复快、手术时间较短、病人耐受性较好等特点, 已成为目前治疗 OVCF 的首选方案。经皮椎体成形术 (percutaneous vertebroplasty, PVP) 和经皮后凸成形术 (percutaneous kyphoplasty, PKP) 作为国内外临床治疗 OVCF 的经典术式, 其均能快速缓解病人腰背痛。然而, PVP/PKP 治疗 OVCF 存在骨水泥渗漏的问题, 骨水泥作为“异物”, 部分病人还可能出现过敏反应。目前针对 PVP/PKP 手术的改进方法, 主要是为了提高穿刺效率以及降低骨水泥渗漏率, 但这并不能解决所有 OVCF 病人的问题。因此, 本文还总结了另外两种治疗 OVCF 病人的微创介入治疗方案, 经皮椎弓根螺钉内固定术以及脊神经后支射频消融联合神经阻滞 (radiofrequency ablation combined with nerve block, RFNB), 这两种术式也能解决部分 OVCF 病人腰背痛的问题, 且不存在骨水泥渗漏及骨水泥过敏。本文主要对这 4 种微创介入治疗加以综述, 总结 4 种介入手术优缺点, 为临床治疗提供参考, 也为 OVCF 病人提供更多的治疗选择。

1. 经皮椎体成形术 (PVP)

Galibert 等于 1987 年首次将 PVP 作为椎体血

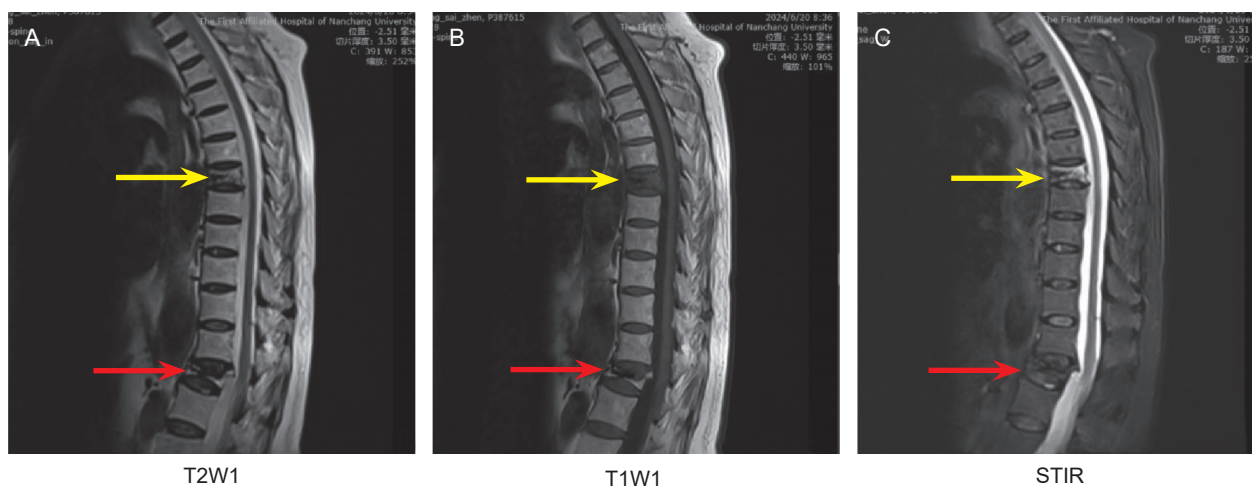
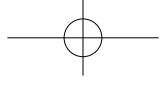


图 1 图示为 78 岁女性病人胸椎 MRI (黄色箭头代表 T₆ 椎体新发骨折, 红色箭头代表 T₁₂ 椎体陈旧性骨折)



管瘤的替代治疗方法,经过多年的发展,目前已广泛用于 OVCF 的治疗^[6]。PVP 传统的入路是在 C 形臂 X 线引导下经椎弓根入路穿刺至病变椎体后 1/3 的位置,置入工作套管后注入拉丝状的骨水泥。PVP 减轻 OVCF 病人腰背痛机制尚未明确,目前认为的理论包括^[7]:①力学理论:椎体成形术可实现机械稳定。骨水泥可稳定椎体内骨折,包括椎体松质骨内的微骨折,减少对游离神经末梢的刺激,从而减轻疼痛。骨水泥可撑起压缩的椎体,减轻椎体内部压力,增加椎骨的强度和刚度,从而缓解疼痛;②热学理论:开始注射的骨水泥产生的热量可使椎神经游离神经末梢受损,从而减轻疼痛,当骨水泥在体内开始硬化时,会发生放热过程,产生的高温能破坏游离神经末梢以消除疼痛。Amans 等^[8]认为, PVP 的适应证包括:①经药物治疗无效的急性期 (≤ 6 周) 骨折;②经药物治疗无效的肿瘤性椎体压缩性骨折;③结合影像学及临床表现,经药物治疗无效的亚急性或慢性 (> 12 周) 骨折。国外一项问卷调查^[9]显示,活动性感染、凝血障碍、无症状骨折、骨质疏松症预防性治疗和骨水泥过敏是 PVP 的禁忌证。国内指南^[10]指出 PVP 的禁忌证还包括不稳定骨折、伴神经及脊髓受压、严重压缩骨折(胸椎压缩比 $> 50\%$, 腰椎压缩比 $> 75\%$)。但也有学者认为,严重压缩骨折并非是 PVP/PKP 的绝对禁忌, PVP/PKP 也能明显缓解严重 OVCF 病人的腰背痛,但是其对穿刺要求较高,并且骨水泥渗漏风险很高,这可能要求术者有丰富的穿刺经验^[11,12]。

PVP 治疗 OVCF 主要包括单侧椎弓根入路和双侧椎弓根入路,但选择单侧还是双侧目前还存在争议。国内学者^[13]研究认为,虽然双侧椎弓根入路骨水泥灌注良好及弥散范围广,但单侧椎弓根入路与双侧椎弓根入路疗效相当,单侧椎弓根入路治疗后 Cobb 角更小, ODI 和 VAS 评分均更低,且能显著缩短手术时间,减少骨水泥用量和透视次数,病人应激反应较小,安全性高。不仅如此,双侧椎弓根入路相对单侧椎弓根入路骨水泥外渗的风险也更高,因此对于高龄、基础疾病多、耐受性差的病人,单侧椎弓根入路能在较短时间内完成骨水泥的注入,减少手术时间,降低手术风险及并发症。然而, Yao 等^[14]认为单侧椎弓根入路穿刺角度较大,技术难度相对较大,易导致椎弓根内壁破裂,从而损伤神经。Bu 等^[15]研究发现,双侧椎弓根入路治疗 OVCF 有利于 OVCF 病人恢复损伤椎体的稳定性及脊髓功能的恢复。Chen 等^[16]的荟萃分析表明,与双侧椎弓根入路相比,单侧椎弓根入路注射的骨

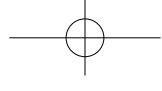
水泥更少,手术时间更短,是治疗 OVCF 的首选手术方法,而对于椎体严重压缩病人,建议选择双侧椎弓根入路。

MRI 信号特征与 OVCF 病人 PVP 治疗效果存在一定相关性, MRI 骨髓水肿范围越大, PVP 治疗效果越好,椎体再骨折发生率也越低^[17],也就是说, PVP 对早期压缩性骨折病人治疗效果更佳,尤其是 3 个月内的新发骨折^[18]。然而, PVP 治疗 OVCF 存在骨水泥渗漏的风险,并可能导致脊柱退行性改变、神经功能障碍、甚至肺栓塞等并发症^[19]。骨水泥渗漏原因可能与骨水泥处于低黏度状态、骨皮质破裂及套管放置不当有关,所以在注入骨水泥之前,可注入一定的造影剂,观察造影剂弥散范围,从而预估骨水泥的弥散范围,降低骨水泥渗漏的风险。其次,骨水泥固化时高温和细胞毒性可能导致周围组织变性坏死,并且常用的骨水泥材质具有不可降解以及生物活性差等缺点,无法与骨组织完美结合,远期可能出现骨水泥松动等问题。除此之外,极少部分病人可能出现骨水泥过敏,因此注入骨水泥之后需严密观察病人生命体征,并且准备好相关急救药品。Shen 等^[20]报道指出, PVP 术后会导致病人伤椎相邻椎体发生骨折的风险增加 $12\% \sim 50\%$,且大多相邻节段骨折发生在术后 2~3 个月内。但亦有报道^[21]表明,行椎体增强术后并不会增加邻近椎体骨折的风险。尽管 PVP 治疗 OVCF 的早期效果显著,但国外 2009 年及 2018 年的研究结果^[22,23]显示,与对照组(予以假手术)相比, PVP 对病人远期效果没有改善。

PVP 能明显缓解急性期 OVCF 病人症状,但对于椎体塌陷严重者,不建议使用 PVP 进行治疗;对于选择单侧入路还是双侧入路,鉴于我国老年性 OVCF 病人居多,应力求单侧入路,以减少手术时间及手术风险,降低手术并发症,从而达到手术目的。

2. 经皮后凸成形术 (PKP)

PKP 作为 PVP 的一种改进方法,由 Reileyin 于 1998 年首次提出,用于治疗疼痛性椎体后凸性 OVCF。于 C 形臂 X 线引导下经椎弓根入路穿刺至病变椎体后 1/3 的位置,然后使用扩张器预扩张,预扩张后置入球囊,使用造影剂对球囊进行扩张,在 X 线下确认球囊位置,待球囊在椎体内扩张形成一个空腔后,经工作套管注入骨水泥。相较 PVP,球囊可以暂时增加椎体高度并减少后凸畸形,而在较低压力下注射骨水泥,从而可以最大限度地减少骨水泥外渗^[24]。短期结果显示,经 PKP 治疗后, $85\% \sim 100\%$ 的 OVCF 病人疼痛得到显著缓解^[25],



其改善腰背痛机制与 PVP 相似^[7]。除此之外, 由于骨水泥是注射进塌陷椎体空腔内, 这能起到恢复椎体高度以及改善椎体后凸畸形的作用。研究显示, PKP 术后椎体高度可恢复 50%~70%, 节段性后凸改善 6°~10°, 因此, PKP 有可能预防与严重椎体后凸相关的肺部和消化道并发症^[25]。PKP 的适应证及禁忌证与 PVP 相似^[8,9], 但是对于相对新鲜骨折且椎体骨皮质明显有裂隙或破口者及椎体压缩较明显者, 优先选择 PKP, 对于相对陈旧者(>3 周)或椎体骨皮质相对完整、椎体塌陷较轻者, 可优先考虑 PVP^[26]。

目前国内外学者就 PKP 行单、双侧入路的选择仍有争议。既往研究^[27,28]认为双侧入路是主流方法, 并且已被证明相对安全有效, 但也有证据表明单侧入路的疗效与之相当。Yin 等^[29]研究发现: ①两组术后 1 天、1 个月及 1 年的 VAS 和 ODI 评分显著降低, 且两组之间差异无统计学意义; ②单侧组平均手术时间为 (47.5±12.1) 分钟, 双侧组为 (91±17.2) 分钟, 单侧组骨水泥平均注射量为 4.3 ml, 双侧组为 6.7 ml, 两组在手术时间和骨水泥注入量方面有显著性差异; ③在脊柱畸形的改善方面, 两组术后第 1 天和 1 年的椎体高度恢复及 Cobb 角改变差异无统计学意义。相比双侧入路而言, 单侧入路手术时间短、骨水泥用量明显减少、病人所受辐射量降低, 同时减轻病人经济负担。亦有文献^[30]报道, 在 Cobb 角改善方面, 单侧入路优于双侧入路。考虑到我国老年性 OVCF 病人居多, 且大多数对手术耐受性较差, 因此目前国内大多数学者主张单侧入路。

Beall 等^[31]研究表明, 在接受 PKP 治疗后, OVCF 病人的背痛评分平均降低了 72%, 除此之外, 还减少了镇痛药物的用量。如果在骨折或疼痛发生后 3 个月内进行 PKP, 则在恢复骨折椎体高度方面最成功^[32], 这与 PVP 是相似的。PKP 也存在骨水泥渗漏的风险, 但是相对 PVP, 骨水泥渗漏的风险较低, 可能的原因^[32]如下: ①球囊暂时形成一个内在的腔隙, 腔隙周围骨组织被压紧, 可以对骨水泥形成包裹, 减少骨水泥外渗; ②注入骨水泥时只需将腔隙填满即可, 骨水泥用量可控, 防止骨水泥用量过度; ③ PKP 中骨水泥的黏度可适量增加, 这也能减少骨水泥外渗的风险。因此 PKP 的并发症相对 PVP 较少, 但是 PKP 手术时间较 PVP 长, 且费用较高。然而, Kim 等^[33]一项尸体的生物力学研究表明, PKP 可能在早期改善椎体高度方面更有效, 但这种效果随着重复载重而丢失。

对于 3 个月内的骨折, PVP/PKP 均能明显缓解病人的症状, 但 PKP 对于椎体骨皮质有裂隙或破口及椎体压缩较明显者, 其有效性及安全性相对 PVP 更高; 单侧入路相对双侧入路而言, 单侧入路在手术时间、住院费用等方面优势明显, 且骨水泥用量明显减少, 还可能降低骨水泥渗漏率, 因此单侧入路对于国内高龄病人更适合。

3. 经皮椎弓根螺钉内固定术

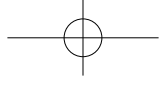
经皮椎弓根螺钉内固定术是传统开放椎弓根螺钉内固定术的一种改进方法, 气管插管麻醉后, 于伤椎的上下椎标记点周围分别作纵行切口, 在 C 形臂 X 线引导下在经关节突关节与关节横突交界处穿刺, 确保穿刺针进入椎弓根, 拔出针芯, 置入导丝, 经导针依次扩张建立通道, 置入保护套管, 将螺钉拧入椎体, 螺钉尾部穿过置棒器, 撑开复位, 拧紧螺钉, 缝合切口。目前经皮椎弓根螺钉内固定术治疗 OVCF 的适应证主要包括^[34]: 椎体压缩严重、椎弓根破坏严重无法置入导针行椎体成形术及中柱或椎体后缘破坏骨水泥易渗漏者、爆裂性不稳定型骨折者无椎管狭窄压迫脊髓或神经根。禁忌证主要包括但不限于^[35]: 严重骨质疏松者、不能耐受全身麻醉者、椎体高度丢失较小者。

传统开放椎弓根螺钉内固定术操作相对简单, 但是其创伤大、手术时间长、并发症发生率高、术后恢复慢, 当病人出现神经及脊髓损伤才考虑切开减压。Li 等^[36]研究表明, 经皮椎弓根螺钉内固定术联合 PVP 相比单纯 PVP 治疗 OVCF, 其可在术后较长时间内维持椎体前缘高度, 延缓椎体高度的丢失, 从而促进椎体功能恢复。然而, 由于骨质疏松病人的骨密度的不断下降以及骨量的流失, 可能会导致螺钉松动, 从而影响疗效。

因此, 当病人椎体压缩严重而需要更高强度的固定时, 可以选择经皮椎弓根螺钉内固定术, 由于该手术需要在全身麻醉下完成, 术前还需要评估病人是否能耐受全身麻醉。考虑到 OVCF 病人骨密度的影响, 术后还需要考虑螺钉松动的问题。

4. 射频消融联合神经阻滞

OVCF 病人主要症状是腰背痛, 当椎体压缩时, 影响到脊柱的关节突关节、肌肉、韧带等, 这些都可能是导致病人腰背痛的原因。而关节突关节、肌肉、韧带均受该节段及上下相邻节段脊神经后支的支配, 当脊神经后支受上述因素影响时, 疼痛刺激经脊神经后支传导至脊髓, 继而上传至大脑皮质痛觉中枢, 从而引起痛觉^[37]。射频消融的镇痛机制是利用两种纤维(A 类和 C 类)对温度的耐受性差异,



选择性的毁损痛觉纤维的传入功能（C类），阻断疼痛电信号转导通路，使之无法传入大脑，不能产生痛觉和体验，从而达到治疗疼痛的目的，而安全保留触觉纤维传入功能（A β ）和运动神经纤维传导功能（A α ），对脊神经后支行射频消融治疗后使其蛋白质凝固变性，起到镇痛作用而无相应神经支配区触觉及运动损伤。神经阻滞中的药物包括利多卡因、地塞米松、B族维生素等注射液，同时达到消炎、镇痛、营养神经的作用，局部麻醉药可抑制神经细胞膜内外的钠离子和钾离子交换，从而阻断疼痛信号传导通路，以减轻或解除病人的疼痛，糖皮质激素可以抑制局部无菌性炎症，以减少疼痛刺激，除此之外，对于射频消融使神经产生的无菌性炎症，激素亦可以抑制。一项回顾性研究^[38]发现，经脊神经后支内侧分支进行神经阻滞治疗对于慢性压缩性骨折疼痛病人具有较好的疗效，可以明显改善疼痛及脊柱功能。国内学者认为对病变椎体及其上下节椎体的脊神经双侧后支行射频消融联合神经阻滞就能达到治疗的效果。脊神经后支射频消融联合神经阻滞治疗 OVCF 的适应证主要包括：临床诊断为 OVCF 且伴有腰背部剧烈疼痛、新发椎体骨折、无脊髓压迫或下肢根性症状者、多发胸腰椎骨折。禁忌证主要包括：感染、凝血功能障碍、全身状况差、脊髓压迫或下肢根性症状者。

脊神经后支射频消融联合神经阻滞早期依赖神经阻滞及射频消融的双重镇痛机制，而后期是依赖射频消融的镇痛机制，以此抑制疼痛刺激的信号传导，从而缓解 OVCF 病人的疼痛^[39]。射频消融联合神经阻滞相对 PVP、PKP 及经皮椎弓根螺钉内固定术操作简单、创伤小、手术风险小、费用低，近年来在临床上的应用越来越多。PVP/PKP 可能不适用于多节段的 OVCF 病人，每增加一个节段意味着手术时间明显延长及手术费用的明显增加，但脊神经射频消融联合神经阻滞可以多节段双侧同时进行，手术时间相对 PVP/PKP 明显缩短。其可能并发症包括神经损伤、血管损伤、感染、局部麻醉药中毒等，但这些并发症发生率较低。研究表明，射频消融联合神经阻滞及 PKP 治疗 OVCF 均有较好的疗效，对于疼痛缓解及生活质量均有改善，虽然 PKP 在早期能够改善病人椎体功能，但是在 3 个月以后两者疗效无明显差异^[37]。

射频消融联合神经阻滞同 PVP、PKP 及经皮椎弓根螺钉内固定术均能快速缓解病人疼痛，但是其没有增强椎体强度及稳定性的功能，不能避免伤椎进一步形变而加重疼痛及功能障碍，经射频消融联

合神经阻滞治疗的 OVCF 病人，仍需强调的是卧床制动以及胸腰椎支具辅助下床活动，使病人度过急性期，从而缓解病人症状。对于临床医师而言，其操作相对简单，但是其强调术后使用支具及卧床的重要性，对于病人而言，该手术创伤小、费用低、并发症少，特别是对于多节段的 OVCF 病人，射频消融联合神经阻滞是最佳的手术方式。但目前射频消融联合神经阻滞治疗 OVCF 的研究尚不丰富，需要更多的研究对其疗效进行更精确的评估。

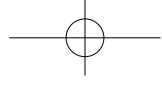
5. 总结与展望

OVCF 作为常见病，在中老年群体中发病率居高不下，严重影响病人的正常生活与工作。PVP 和 PKP 作为治疗 OVCF 的经典术式，在有效缓解疼痛的同时还可增强椎体强度及稳定性，避免了长期卧床的并发症，显著提高了病人的生活质量。经皮椎弓根螺钉内固定术作为相对复杂的手术方法，其适用于椎体压缩严重，需要更高强度固定的情况，该手术相对开放手术创伤小、出血少，且能早期下床活动，有助于病人的快速康复。脊神经后支射频消融联合神经阻滞通过阻断疼痛信号的传导从而达到缓解疼痛的目的，其相对 PVP、PKP 及经皮椎弓根螺钉内固定术创伤更小、并发症少、费用低，但其强调卧床制动及胸腰椎支具的重要性。然而，无论是哪种微创手术，保守治疗是治疗 OVCF 的基础，包括急性期严格卧床、抗骨质疏松药物、胸腰椎支具等。临床医师可根据病人的症状、体征、影像学诊断，确定个体化的治疗方案。未来，随着医疗技术的不断进步，这些微创治疗方法的适应证及禁忌证将得到更精准的定义，同时新的填充材料和生物技术的出现，将进一步提高手术的安全性和有效性，为 OVCF 病人带来更好的治疗效果。

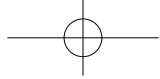
利益冲突声明：作者声明本文无利益冲突。

参 考 文 献

- [1] Salari N, Ghasemi H, Mohammadi L, *et al*. The global prevalence of osteoporosis in the world: a comprehensive systematic review and meta-analysis[J]. J Orthop Surg Res, 2021, 16(1):609.
- [2] 中国老年保健医学研究会老年疼痛疾病分会. 老年骨质疏松性疼痛诊疗与管理中国专家共识(2024版)[J]. 中国疼痛医学杂志, 2024, 30(4):241-250.
- [3] 居正烨. 上海 60 岁以上居民骨质疏松性椎体骨折流行病学研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2020.
- [4] Alsoof D, Anderson G, McDonald CL, *et al*. Diagnosis and management of vertebral compression fracture[J]. Am J Med, 2022, 135(7):815-821.



- [5] Alexandru D, So W. Evaluation and management of vertebral compression fractures[J]. *Perm J*, 2012, 16(4):46-51.
- [6] Bostrom MP, Lane JM. Future directions. augmentation of osteoporotic vertebral bodies[J]. *Spine*, 1997, 22(24 Suppl):38S-42S.
- [7] 黄中飞, 韩智涛, 陈远明. 经皮椎体成形术研究进展 [J]. 现代中西医结合杂志, 2015, 24(15):1705-1708.
- [8] Amans MR, Carter NS, Chandra RV, *et al*. Vertebral augmentation[J]. *Handb Clin Neurol*, 2021, 176:379-394.
- [9] Röllinghoff M, Zarghooni K, Schlüter-Brust K, *et al*. Indications and contraindications for vertebroplasty and kyphoplasty[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2010, 130(6):765-774.
- [10] 印平, 马远征, 马迅, 等. 骨质疏松性椎体压缩性骨折的治疗指南 [J]. 中国骨质疏松杂志, 2015, 21(6): 643-648.
- [11] Nieuwenhuijse MJ, van Erkel AR, Dijkstra PDS. Percutaneous vertebroplasty in very severe osteoporotic vertebral compression fractures: feasible and beneficial[J]. *JVIR*, 2011, 22(7):1017-1023.
- [12] Wang F, Wang LF, Miao DC, *et al*. Which one is more effective for the treatment of very severe osteoporotic vertebral compression fractures: PVP or PKP?[J]. *JPR*, 2018, 11:2625-2631.
- [13] 周广强, 朱瑞瑞. 单侧椎弓根与双侧椎弓根入路椎体成形术治疗胸腰段椎体压缩性骨折的效果分析 [J]. 中国现代药物应用, 2024, 18(4):45-47.
- [14] Yao G, Shen Y, Cai B, *et al*. Analysis of the curative effect of curved angle vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture[J]. *Indian J Orthop*, 2023, 57(3):481-489.
- [15] Bu D, He X. Comparison of different approaches of percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic spinal compression fractures and analysis of influencing factors of re-fracture[J]. *Pak J Med Sci*, 2023, 39(1):144-149.
- [16] Chen YC, Zhang L, Li EN, *et al*. Unilateral versus bilateral percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures in elderly patients: a meta-analysis[J]. *Medicine*, 2019, 98(8):e14317.
- [17] 白海滨. 骨质疏松性椎体压缩性骨折患者 MRI 信号与 PVP 治疗效果的关系分析 [J]. 影像技术, 2024, 36(1):58-62.
- [18] Clark W, Bird P, Gonski P, *et al*. Safety and efficacy of vertebroplasty for acute painful osteoporotic fractures (VAPOUR): a multicentre, randomised, double-blind, placebo-controlled trial[J]. *Lancet (London, England)*, 2016, 388(10052):1408-1416.
- [19] Saracen A, Kotwica Z. Complications of percutaneous vertebroplasty: an analysis of 1100 procedures performed in 616 patients[J]. *Medicine*, 2016, 95(24):e3850.
- [20] Shen MS, Kim YH. Vertebroplasty and kyphoplasty: treatment techniques for managing osteoporotic vertebral compression fractures[J]. *Bull NYU Hosp Jt Dis*, 2006, 64(3-4):106-113.
- [21] Zhang H, Xu C, Zhang T, *et al*. Does percutaneous vertebroplasty or balloon kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures increase the incidence of new vertebral fractures? A meta-analysis[J]. *Pain Physician*, 2017, 20(1):E13-E28.
- [22] Buchbinder R, Mitchell P, Med M, *et al*. A randomized trial of vertebroplasty for painful osteoporotic vertebral fractures[J]. *N Engl J Med*, 2009, 361(6):557-568.
- [23] Firanescu CE, de Vries J, Lodder P, *et al*. Vertebroplasty versus sham procedure for painful acute osteoporotic vertebral compression fractures (VERTOS IV): randomised sham controlled clinical trial[J]. *BMJ*, 2018, 361:k1551.
- [24] McCall T, Cole C, Dailey A. Vertebroplasty and kyphoplasty: a comparative review of efficacy and adverse events[J]. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2008, 1(1):17-23.
- [25] Gaitanis IN, Hadjipavlou AG, Katonis PG, *et al*. Balloon kyphoplasty for the treatment of pathological vertebral compressive fractures[J]. *Eur Spine J*, 2005, 14(3):250-260.
- [26] 罗鹏明, 王新虎, 左春光. PVP 与 PKP 并发症原因分析及预防 [J]. 实用骨科杂志, 2014, 20(5):398-400, 408.
- [27] Lieberman IH, Dudeney S, Reinhardt MK, *et al*. Initial outcome and efficacy of "kyphoplasty" in the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures[J]. *Spine*, 2001, 26(14):1631-1638.
- [28] Garfin SR, Yuan HA, Reiley MA. New technologies in spine: kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures[J]. *Spine*, 2001, 26(14):1511-1515.
- [29] Yin P, Ji Q, Wang Y, *et al*. Percutaneous kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures via unilateral versus bilateral approach: a meta-analysis[J]. *J Clin Neurosci*, 2019, 59:146-154.
- [30] Yan L, Jiang R, He BR, *et al*. A comparison between unilateral transverse process-pedicle and bilateral puncture techniques in percutaneous kyphoplasty[J]. *Spine*, 2014, 39 (26 Spec No.):B19-B26.
- [31] Beall DP, Chambers MR, Thomas S, *et al*. Prospective and multicenter evaluation of outcomes for quality of life and activities of daily living for balloon kyphoplasty in the treatment of vertebral compression fractures: the EVOLVE trial[J]. *Neurosurgery*, 2019, 84(1):169-178.
- [32] Shen MS, Kim YH. Vertebroplasty and kyphoplasty: treatment techniques for managing osteoporotic vertebral compression fractures[J]. *Bull NYU Hosp Jt Dis*, 2006, 64(3-4):106-113.



- postsurgical opioid consumption and pain in total knee arthroplasty: double randomized clinical trial[J]. *Eur J Pain*, 2017, 21(8):1355-1365.
- [21] Ribeiro H, Sesterhenn RB, Souza A, *et al.* Preoperative transcranial direct current stimulation: exploration of a novel strategy to enhance neuroplasticity before surgery to control postoperative pain. A randomized sham-controlled study[J]. *PLoS One*, 2017, 12(11):e0187013.
- [22] Stamenkovic DM, Mladenovic K, Rancic N, *et al.* Effect of transcranial direct current stimulation combined with patient-controlled intravenous morphine analgesia on analgesic use and post-thoracotomy pain. a prospective, randomized, double-blind, sham-controlled, proof-of-concept clinical trial[J]. *Front Pharmacol*, 2020, 11:125.
- [23] Beloeil H. Opioid-free anesthesia[J]. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*, 2019, 33(3):353-360.
- [24] Rizzo V, Terranova C, Crupi D, *et al.* Increased transcranial direct current stimulation after effects during concurrent peripheral electrical nerve stimulation[J]. *Brain Stimul*, 2014, 7(1):113-121.
- [25] DosSantos MF, Love TM, Martikainen IK, *et al.* Immediate effects of tDCS on the μ -opioid system of a chronic pain patient[J]. *Front Psychiatry*, 2012, 3:93.
- [26] Fritsch B, Reis J, Martinowich K, *et al.* Direct current stimulation promotes BDNF-dependent synaptic plasticity: potential implications for motor learning[J]. *Neuron*, 2010, 66(2):198-204.
- [27] Akcay G, Nemutlu Samur D, Derin N. Transcranial direct current stimulation alleviates nociceptive behavior in male rats with neuropathic pain by regulating oxidative stress and reducing neuroinflammation[J]. *J Neurosci Res*, 2023, 101(9):1457-1470.
- [28] Wen YR, Shi J, Hu ZY, *et al.* Is transcranial direct current stimulation beneficial for treating pain, depression, and anxiety symptoms in patients with chronic pain? A systematic review and meta-analysis[J]. *Front Mol Neurosci*, 2022, 15:1056966.
- [29] Navarro-López V, Del-Valle-Gratacós M, Fernández-Vázquez D, *et al.* Transcranial direct current stimulation in the management of phantom limb pain: a systematic review of randomized controlled trials[J]. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2022, 58(5):738-748.
- [30] Cheng YC, Hsiao CY, Su MI, *et al.* Treating fibromyalgia with electrical neuromodulation: a systematic review and meta-analysis[J]. *Clin Neurophysiol*, 2023, 148:17-28.
- [31] Stein DJ, Fernandes Medeiros L, Caumo W, *et al.* Transcranial direct current stimulation in patients with anxiety: current perspectives[J]. *Neuropsychiatr Dis Treat*, 2020, 14:16:161-169.
- [32] Tao M, Zhang S, Han Y, *et al.* Efficacy of transcranial direct current stimulation on postoperative delirium in elderly patients undergoing lower limb major arthroplasty: a randomized controlled trial[J]. *Brain Stimul*, 2023, 16(1):88-96.

(上接第 213 页)

- [33] Kim MJ, Lindsey DP, Hannibal M, *et al.* Vertebroplasty versus kyphoplasty: biomechanical behavior under repetitive loading conditions[J]. *Spine*, 2006, 31(18):2079-2084.
- [34] 霍柱根, 丘青中, 李剑, 等. 经皮椎弓根钉内固定治疗骨质疏松性椎体压缩骨折[J]. *医药与保健*, 2014, 22(2):28, 31.
- [35] Wen Z, Mo X, Zhao S, *et al.* Comparison of percutaneous kyphoplasty and pedicle screw fixation for treatment of thoracolumbar severe osteoporotic vertebral compression fracture with kyphosis[J]. *World Neurosurg*, 2021, 152(Suppl C):e589-e596.
- [36] Li Z, Wang Y, Xu Y, *et al.* Efficacy analysis of percutaneous pedicle screw fixation combined with percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures with kyphosis[J]. *J Orthop Surg Res*, 2020, 15(1):53.
- [37] 聂锦平. 脊神经后支射频消融联合神经阻滞治疗骨质疏松椎体压缩性骨折的疗效观察 [D]. 南昌: 南昌大学, 2023.
- [38] Park KD, Jee H, Nam HS, *et al.* Effect of medial branch block in chronic facet joint pain for osteoporotic compression fracture: one year retrospective study[J]. *Ann Rehabil Med*, 2013, 37(2):191-201.
- [39] Zhou L, Zhou J. Spinal dorsal rami injection and radiofrequency neurolysis for low back pain caused by osteoporosis-induced thoracolumbar vertebral compression fractures[J]. *J Rehabil Med Clin Commun*, 2021, 4:1000056.