

· 综 述 ·

经皮椎体强化术中骨水泥弥散和渗漏的影响因素和干预措施的研究进展

高聪¹, 白冰心¹, 卢汪钰², 李明东², 李耀辉¹, 马虎升²

(1. 河南中医药大学研究生院, 河南 郑州 450046;

2. 河南省洛阳正骨医院/河南省骨科医院, 河南 郑州 450016)

摘 要 经皮椎体强化术是治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的首选方法, 但术中易发生骨水泥弥散欠佳和渗漏, 继而可能导致多种并发症的发生, 严重影响手术效果和患者安全。本文对经皮椎体强化术中骨水泥弥散和渗漏的影响因素和干预措施的研究进展进行了综述, 以期临床提供参考。

关键词 骨质疏松性骨折; 骨折, 压缩性; 椎体成形术; 后凸成形术; 骨水泥; 弥散; 渗漏; 危险因素; 干预措施; 综述

骨质疏松性椎体压缩骨折 (osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF) 是骨质疏松症的常见并发症, 严重影响老年患者的生活质量^[1-2]。经皮椎体强化术 (percutaneous vertebral augmentation, PVA) 是治疗 OVCF 的首选方法, 主要包括经皮椎体成形术 (percutaneous vertebroplasty, PVP) 和经皮椎体后凸成形术 (percutaneous kyphoplasty, PKP) 等^[3]。PVA 中易发生骨水泥弥散欠佳和渗漏, 继而可能导致术后残余痛、手术椎体再塌陷、相邻椎体骨折、椎间盘退变加速、脊髓压迫、脑栓塞或肺栓塞等并发症^[4-5]。本文对 PVA 中骨水泥弥散和渗漏的影响因素和干预措施的研究进展进行了综述, 以期临床上改善骨水泥弥散和预防骨水泥渗漏提供参考。

1 骨水泥弥散和渗漏的影响因素

1.1 骨折程度和类型

椎体骨折程度和类型与骨水泥弥散及渗漏密切相关。Zhang 等^[5] 分析了椎体骨折程度和类型与 B 型渗漏 (椎基底静脉渗漏)、S 型渗漏 (节段静脉渗漏)、C 型渗漏 (骨皮质裂隙渗漏) 这 3 种渗漏类型的关系, 结果显示, 周壁破裂是 C 型渗漏的主要危险因素, 在楔形骨折、双凹型骨折和粉碎性骨折中, C 型渗漏发生的风险依次升高; 在轻度 (椎体减少高度 < 25%)、中度 (椎体减少高度 25% ~ 40%) 和重度 (椎体减少高度 > 40%) 骨折中, C 型渗漏发生的风险依次升高, B 型和 S 型渗漏发生的风险依次下降。椎体严重骨折导致椎静脉受损、闭合或消失, 骨水泥无法

向椎静脉中渗漏, 这可能是 B 型和 S 型渗漏发生的风险随骨折程度加重而降低的主要原因。侯万星等^[6] 研究发现, 终板骨折是骨水泥椎间盘渗漏的危险因素。Hou 等^[7] 提出了 D 型渗漏 (终板裂隙渗漏), D 型渗漏发生的风险随着骨折程度加重而升高。朱庄臣等^[8] 研究发现, 随着骨折程度加重, 骨水泥的弥散效果愈差。因此, 临床上采用 PVA 治疗 OVCF, 应完善术前影像检查, 提前制定相应的手术方案, 术中谨慎操作。

1.2 手术时机

朱庄臣等^[8] 探究了手术时机对 PKP 中骨水泥弥散的影响, 结果显示新鲜组患者 (骨折至手术时间 < 3 周) 骨水泥弥散效果优于亚急性组 (骨折至手术时间 3 ~ 6 周) 和陈旧组 (骨折至手术时间 > 6 周)。随着骨折至手术时间延长, 骨折断端血肿被逐渐吸收, 纤维组织和肉芽组织增生, 骨小梁形成, 钙盐沉积, 进而增大骨水泥弥散的阻力, 影响骨水泥弥散。刘大栋等^[9] 比较分析手术时机对 PKP 中骨水泥渗漏发生率的影响, 结果显示骨折至手术时间为 7 ~ 14 d 患者的骨水泥渗漏发生率 (5.71%) 低于骨折至手术时间为 1 ~ 6 d (14.55%) 和 15 ~ 28 d (12.50%) 的患者。

1.3 手术方式

采用 PVA 治疗 OVCF 的常用术式有 PVP、PKP、经皮椎体支架成形术 (vertebral body stent, VBS)、经皮弯角椎体成形术 (percutaneous curved vertebroplasty, PCVP) 等。Li 等^[10] 回顾性分析了 62 例 OVCF 患者的病例资料, 其中采用 PVP 治疗 28 例、PKP 治疗 34 例, 结果显示, PKP 组患者骨水泥渗漏发生率为

11.8%, PVP 组患者渗漏发生率为 25%。Liang 等^[11] 回顾性分析了 133 例 OVCF 患者的病例资料, 其中行 PVP 治疗 63 例、行 PKP 治疗 70 例, 结果显示, PKP 组患者骨水泥渗漏发生率为 12.9%, PVP 组患者骨水泥渗漏发生率为 28.6%。我们认为, PKP 通过置入扩张球囊改善了椎体高度, 形成了空腔, 降低了骨水泥灌注压力, 因而能够降低骨水泥渗漏的发生率。Zhang 等^[12] 的一项 Meta 分析研究结果表明, VBS 与 PKP 中骨水泥渗漏发生率无显著差异。VBS 在扩张球囊表面增加了金属扩张支架, 在球囊缩回后, 金属支架维持扩张后的椎体不回弹, 使椎体形成稳定的空腔。与 PKP 比较, VBS 的主要优势在于能够维持空腔稳定, 避免椎体再塌陷、邻椎骨折等并发症的发生。我们认为, PKP 和 VBS 均能形成灌注压力较低的空腔, 因此二者在骨水泥渗漏发生率方面无显著差异。Sun 等^[13] 的研究结果表明, PCVP 中骨水泥灌注量及骨水泥渗漏发生率均小于 PVP 和 PKP。PCVP 将直形推注器管头改为可变弯曲管头, 具有多方位注射的优势, 少量注射骨水泥即可达到良好的弥散效果, 因而骨水泥渗漏发生率较低。

1.4 手术入路

PVA 通常采用椎弓根穿刺, 可分为单侧入路和双侧入路。Zhang 等^[14] 的 Meta 分析研究结果表明, PVA 中采用双侧入路, 骨水泥弥散更加均匀, 而单侧入路和双侧入路骨水泥渗漏发生率的差异无统计学意义。对于稳定性较好的椎体, 单侧入路即可获得良好的弥散效果, 而对于受压严重的椎体, 采用双侧入路注入少量骨水泥可获得良好的弥散效果, 且能降低骨水泥渗漏的发生率。

1.5 骨水泥的注入量、注入时机和黏度

朱庄臣等^[8] 研究发现, 低注入量 ($< 3\text{ mL}$) 的骨水泥弥散效果更佳, 高黏度骨水泥和低黏度骨水泥的弥散效果及渗漏发生率无显著差异。刘志强等^[15] 研究发现, 湿沙期骨水泥的流动性更大, 因而弥散面积更大, 但注入湿沙期和拉丝期的骨水泥, 骨水泥渗漏发生率无显著差异。Wang 等^[16] 分析了不同黏度骨水泥对渗漏发生风险的影响, 结果显示, 高黏度骨水泥渗漏发生率明显低于低黏度骨水泥, 进一步按照骨水泥渗漏区域划分, 在椎管内间隙 2 种黏度骨水泥渗漏发生率无显著差异, 而在椎间盘间隙和椎旁间隙高黏度骨水泥渗漏发生率更低。

2 骨水泥弥散和渗漏的干预措施

2.1 建立风险预测模型

随着现代医学科研方法的发展, 许多新方法被应用于干预骨水泥渗漏的研究中。李文乐等^[17] 采用单因素和多因素分析骨水泥渗漏的影响因素, 并建立了诺莫图临床预测模型; 通过对患者骨密度、入院至手术时间、是否多椎体骨折、是否使用类固醇药物等因素进行赋值, 并将赋值代入诺莫图临床预测模型中, 预测术中骨水泥渗漏发生的风险, 进而筛选骨水泥渗漏发生高风险患者。诺莫图临床预测模型能够筛选骨水泥渗漏发生高风险患者, 为临床医生发出预警, 进而降低骨水泥渗漏的发生率, 在 PVA 治疗 OVCF 中具有较高的应用价值。

2.2 术前手法复位

PVA 术前通过手法复位矫正脊柱后凸畸形, 恢复椎体高度, 能够显著降低骨水泥渗漏发生的风险。刘永辉等^[18] 回顾性分析了 64 例采用 PVA 治疗的 OVCF 患者, 其中手法结合 PCVP 治疗组 21 例、单纯 PCVP 组 20 例、常规 PVP 组 23 例, 结果显示手法结合 PCVP 治疗组、单纯 PCVP 组患者的骨水泥分布优于常规 PVP 组, 且手法结合 PCVP 治疗组患者椎体前缘高度优于单纯 PCVP 组和常规 PVP 组。车艳军等^[19] 的研究结果表明, 体位复位联合 PKP 组患者骨水泥渗漏发生率显著低于常规 PKP 组。手法复位在一定程度上能够恢复椎体形态, 起到类似球囊扩张的效果, 进而降低椎体内压力。因此, 对于存在后凸畸形的 OVCF 患者, 术前可通过手法复位恢复椎体高度、矫正后凸畸形, 从而提高骨水泥弥散效果、降低骨水泥渗漏发生的风险。

2.3 创新手术方式及入路

Lu 等^[20] 将真空吸引技术引入 PVA, 创立了经皮抽吸椎体成形术; 该术式采用椎体后壁上下两侧入路, 一侧入路置入注射器以注入骨水泥, 另一侧入路置入套管并连接滤瓶和真空泵, 术中采用间歇灌注法, 并利用真空泵吸力引导骨水泥弥散; 在山羊实验中, 该术式表现出良好的骨水泥弥散效果和更低的骨水泥渗漏发生率。然而, 该术式目前仅在动物模型中进行实验, 且存在一定的局限性, 尚需进一步深入研究以确保其安全性和有效性。

OVCF 患者骨折类型多样, 学者们结合患者自身情况, 采用了多种非椎弓根入路, 如横突-椎弓根外侧

入路^[21]、肋横突关节入路^[22]、椎弓根外上缘-椎体后上缘入路^[23]、髂嵴-横突基底-椎体对角入路^[24]等。这些入路不受椎弓根限制,穿刺角度更灵活,注入少量骨水泥即可越过椎体中线,并达到良好的弥散效果,也能够降低骨水泥渗漏发生的风险。然而,上述研究均采用单侧非椎弓根入路,均未与单侧椎弓根入路进行比较,因此非椎弓根入路与椎弓根入路的优劣尚需进一步完善分组予以验证。此外,部分入路具有显著的个体化特点。王宇等^[24]采用髂嵴-横突基底-椎体对角入路行 PVA,能够显著降低骨水泥渗漏的发生风险,但该入路仅适用于 L₅ 椎体。叶入裴等^[25]根据术前影像学检查结果设计个体化穿刺入路,能够显著提高骨水泥弥散效果。

2.4 使用辅助工具

术前使用辅助工具,能够使术者更全面地了解患者椎体骨折情况,进而手术操作更加得心应手。Chen 等^[26]通过患者椎体 CT 数据导出椎体、皮肤组织和定位间隔物的数字模型,模拟穿刺路径,设计并打印出体表导向板,用以辅助穿刺,结果显示 3D 打印体表导向板辅助 PVA 治疗 OVCF,术中骨水泥渗漏发生率显著降低。曹臣等^[27]回顾性分析采用 PVP 治疗的 OVCF 患者 58 例,其中 3D 打印辅助治疗组 28 例(术前采用 3D 打印技术制作椎体三维实体模型,并对椎体进行全方位观察及穿刺演练)、常规手术治疗组 30 例(采用常规 PVP 手术治疗),结果显示 3D 打印辅助治疗组患者骨水泥渗漏发生率为 11%,常规手术治疗组骨水泥渗漏发生率为 37%。3D 打印技术能够帮助术者熟悉患者椎体骨折形态和设计个性化穿刺入路,进而在穿刺过程中能够避开破裂的终板或前后壁,同时在最佳位置注入骨水泥;此外,术者利用 3D 打印模型反复练习,能够增加手术操作的熟练度,进而有效避免骨水泥渗漏的发生。

术中使用辅助工具,能提高术者的手术效果。谢雁春等^[28]采用网格定位器优化皮肤穿刺点、骨性穿刺点及穿刺路径,降低了骨水泥渗漏发生率。Wang 等^[29]的 Meta 分析研究结果显示,机器人辅助技术能够显著降低骨水泥渗漏发生率,术中可采用较大的穿刺倾斜角,使骨水泥弥散更加均匀。机器人辅助 PVP,能够获得个体化的穿刺路径以及最优的穿刺倾角,进而使球囊更安全的置入椎体中心或塌陷最严重处,提高骨水泥弥散效果。有学者将骨网袋^[30]、钛

网^[31]、明胶海绵^[32]等辅助性材料用于 PVA 中,以促进骨水泥弥散,降低骨水泥的发生率。骨网袋能够包裹灌注的骨水泥,而少量渗出网袋的骨水泥可与周围骨小梁充分结合,在降低骨水泥渗漏发生率的同时,提高椎体的生物力学稳定性。钛网的使用使骨水泥、钛网和椎体形成类似“钢筋混凝土”的结构,能够提高生物力学稳定性,同时钛网具有约束骨水泥弥散的作用,可降低骨水泥渗漏发生的风险。但骨网袋和钛网费用较高,而明胶海绵价格相对低廉,更易于临床应用。明胶海绵-骨水泥复合材料能够在骨皮质破裂处起到屏障作用,同时骨水泥渗透入明胶海绵,起到类似高黏度骨水泥的作用,能够降低骨水泥渗漏发生率。但明胶海绵-骨水泥复合材料的流动性较差,不利于骨水泥弥散。这些辅助材料具有显著的限制骨水泥流动的特性,尤其适用于合并周壁破裂的 OVCF 患者。另有学者创造性地采用侧开口套管^[33]、Jack 椎体扩张器^[34]等器械辅助手术,进而促进骨水泥弥散、降低骨水泥渗漏发生率。侧开口套管相较于传统直口套管,可以改变骨水泥灌注方向,有助于骨水泥均匀弥散;Jack 椎体扩张器相较于扩张球囊,张力更加均匀有力,能更均匀的改善椎体高度,增大注射空间。

2.5 改良骨水泥材料和注入方式

骨水泥材料有磷酸钙、硫酸钙、聚甲基丙烯酸甲酯(polymethyl methacrylate, PMMA)等。磷酸钙和硫酸钙骨水泥由于生物力学性能较差和降解速率快等不足,并不适用于 PVA^[35]。目前,PVA 常用的骨水泥材料是 PMMA。PMMA 安全性较高,但也有凝固时间长、凝固温度高等不足,可能诱发热坏死,存在一定的潜在风险^[36]。减小 PMMA 的颗粒度能够增加骨水泥的黏度、延长骨水泥的拉丝状态,在一定程度上能够降低骨水泥渗漏发生的风险^[35]。然而,骨水泥材料的某个性能被改良后,往往会引起其他性能的下降^[37]。因此,目前尚无能够满足临床需求且性能优于 PMMA 的骨水泥材料。

车艳军等^[19]采用间隔灌注法行 PVP,结果显示间隔灌注组患者骨水泥渗漏发生率低于常规灌注组。间隔灌注法是将骨水泥分次调配、间隔灌注的骨水泥注入方法,通常先调配 1/2 或 1/4 骨水泥,低压少量注入椎体内部,待骨水泥初步固化后,再调配适量骨水泥全部注入。首次注入的骨水泥在推注器管口形

成类似“蛋壳”的结构,能够防止再次注入的骨水泥渗出椎体。间隔注入法不仅能够降低骨水泥渗漏发生的风险,还能够增加骨水泥的注入量,提高椎体的生物学稳定性。

3 小 结

目前,PVA 仍是 OVCF 的主要治疗手段,而术中骨水泥弥散欠佳和渗漏是不容忽视的重要问题。骨折程度和类型、手术时机、手术方式、手术入路,以及骨水泥的注入量、注入时机、黏度等,均是术中骨水泥弥散和渗漏的影响因素。选择合适的手术时机在一定程度上能够减少骨水泥渗漏的发生,PKP、VBS 和 PCVP 相较于 PVP 能够提高骨水泥的弥散效果、降低发生骨水泥渗漏的风险。而通过建立风险预测模型、对后凸畸形患者术前进行手法复位、制定个体化穿刺入路、采用骨水泥间隔灌注法以及采用 3D 打印体表导向板、3D 打印椎体三维实体模型、网格定位器、手术机器人等辅助手术,在一定程度上均能够提高骨水泥的弥散效果、降低骨水泥渗漏的发生率。然而,临床医生应根据患者的具体病情和经济情况,采用合适的治疗方案,在不增加患者经济负担的前提下,最大化地降低术中发生骨水泥渗漏的风险。此外,3D 打印技术和机器人辅助技术与 PVA 的深度融合可能是未来重要的研究方向。

参考文献

- [1] PEACOCK-JOHNSON A M, KERESZTES P. Osteoporosis: diagnosis and management updates [J]. *Nursing*, 2023, 53(12): 28–35.
- [2] 中国老年学学会骨质疏松委员会. 中国人骨质疏松症诊断标准专家共识(第三稿·2014 版) [J]. *中国骨质疏松杂志*, 2014, 20(9): 1007–1010.
- [3] LONG Y F, YI W H, YANG D Z. Advances in vertebral augmentation systems for osteoporotic vertebral compression fractures [J]. *Pain Res Manag*, 2020: 3947368.
- [4] 肖庆华, 林晓生, 张震, 等. 椎体强化术后骨水泥弥散分布评价的研究进展 [J]. *中国骨质疏松杂志*, 2021, 27(3): 440–445.
- [5] ZHANG K, SHE J, ZHU Y D, et al. Risk factors of postoperative bone cement leakage on osteoporotic vertebral compression fracture: a retrospective study [J]. *J Orthop Surg Res*, 2021, 16(1): 183.
- [6] 侯万星, 李洪伟, 郑欣, 等. 经皮椎体强化后骨水泥椎间盘渗漏与治疗前 MRI 发现的相关性 [J]. *中国组织工程研究*, 2022, 26(4): 504–509.
- [7] HOU J G, ZHANG N, CHEN G D. Factors affecting cement leakage in percutaneous vertebroplasty: a retrospective cohort study of 309 patients [J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2023, 27(9): 3877–3886.
- [8] 朱庄臣, 蒋海, 于兴明, 等. 经皮后凸成形术骨水泥弥散的相关因素 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2021, 29(22): 2105–2107.
- [9] 刘大栋, 牛辉. PKP 治疗老年骨质疏松性椎体压缩骨折的手术时机 [J]. *中国矫形外科杂志*, 2020, 28(10): 887–891.
- [10] LI Y C, FENG X F, PAN J, et al. Percutaneous vertebroplasty versus kyphoplasty for thoracolumbar osteoporotic vertebral compression fractures in patients with distant lumbosacral pain [J]. *Pain Physician*, 2021, 24(3): E349–E356.
- [11] LIANG D W, PEI J, PEI R Y, et al. Clinical efficacy of percutaneous vertebroplasty versus percutaneous kyphoplasty treating osteoporotic vertebral compression fractures with kyphosis [J/OL]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2023 [2023–11–22]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38112829/>.
- [12] ZHANG T, PENG Y X, LI J. Comparison of clinical and radiological outcomes of vertebral body stenting versus percutaneous kyphoplasty for the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture: a systematic review and meta-analysis [J]. *Jt Dis Relat Surg*, 2024, 35(1): 218–230.
- [13] SUN Y, ZHANG Y, MA H N, et al. Therapeutic efficacy and safety of percutaneous curved vertebroplasty in osteoporotic vertebral compression fractures: a systematic review and meta-analysis [J]. *Orthop Surg*, 2023, 15(10): 2492–2504.
- [14] ZHANG J J, ZHOU Q J, ZHANG Z X, et al. Comparison between unilateral and bilateral percutaneous kyphoplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fracture: a meta analysis and systematic review [J]. *Exp Ther Med*, 2023, 26(6): 553.
- [15] 刘志强, 周云龙, 雷飞, 等. 不同时相骨水泥推注对经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折疗效的影响 [J]. *中国修复重建外科杂志*, 2020, 34(4): 435–441.
- [16] WANG Q, SUN C T, ZHANG L, et al. High-versus low-viscosity cement vertebroplasty and kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fracture: a meta-analysis [J]. *Eur Spine J*, 2022, 31(5): 1122–1130.
- [17] 李文乐, 王浩胜, 宁丽俊, 等. 骨质疏松患者经皮椎体成形后骨水泥渗漏风险分析及预测模型验证 [J]. *中国组织工程研究*, 2022, 26(10): 1477–1482.
- [18] 刘永辉, 赵烨, 王向阳, 等. 平乐正骨手法结合弯角椎体

- 成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的回顾性研究[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2021, 29(1): 24-28.
- [19] 车艳军, 胡丹, 司卫兵, 等. 骨水泥间隔灌注联合体位复位治疗高龄骨质疏松性椎体压缩骨折[J]. 中国组织工程研究, 2022, 26(10): 1483-1489.
- [20] LU H T, LIN J Y, TSUEI Y C, et al. Impact of aspiration percutaneous vertebroplasty in reducing bone cement leakage and enhancing distribution—an ex vivo study in goat vertebrae[J]. Bioengineering (Basel), 2023, 10(7): 795.
- [21] ZHUO Y, LIU L, WANG H, et al. A modified transverse process-pedicle approach applied to unilateral extrapedicular percutaneous vertebroplasty[J]. Pain Res Manag, 2021: 6493712.
- [22] 薛广, 杨新明, 张瑛. 两种入路行经皮椎体成形治疗胸椎骨质疏松性压缩骨折: 骨水泥渗漏及安全性的比较[J]. 中国组织工程研究, 2022, 26(28): 4514-4518.
- [23] ZHU D, HU J N, WANG L, et al. A modified unilateral extrapedicular approach applied to percutaneous kyphoplasty to treat lumbar osteoporotic vertebral compression fracture: a retrospective analysis[J]. Pain Physician, 2023, 26(3): E191-E201.
- [24] 王宇, 康建平, 王松, 等. 髂嵴-横突基底-椎体对角单侧穿刺 L₅ 椎体后凸成形术[J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29(3): 254-256.
- [25] 叶入裴, 廖烨晖. 个体化单侧穿刺椎体后凸成形术治疗胸腰椎骨质疏松性压缩骨折的临床疗效[J]. 中国老年学杂志, 2019, 39(14): 3419-3422.
- [26] CHEN J Q, LIN X Y, LV Z M, et al. Use of a 3D-printed body surface percutaneous puncture guide plate in vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures[J]. PLoS One, 2022, 17(11): e0276930.
- [27] 曹臣, 陈书连, 高延征, 等. 3D 打印辅助经皮椎体成形术治疗老年重度骨质疏松性椎体压缩骨折[J]. 中华创伤杂志, 2018, 34(9): 799-805.
- [28] 谢雁春, 赵予辉, 顾洪闻, 等. 网格定位器在腰椎椎体成形术中的应用[J]. 中华骨科杂志, 2021, 41(1): 18-25.
- [29] WANG X, ZHU Y H, ZHU Q S. Efficacy and safety of robot-assisted versus fluoroscopy-assisted PKP or PVP for osteoporotic vertebral compression fractures: a systematic review and meta-analysis[J]. J Robot Surg, 2023, 17(6): 2597-2610.
- [30] 尹航, 董博, 康武林, 等. 骨填充网袋椎体成形术和经皮椎体后凸成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折的疗效对比[J]. 中华骨质疏松和骨矿盐疾病杂志, 2022, 15(2): 159-165.
- [31] 蔡进奎, 潘和科, 周健和, 等. 钛网植入椎体成形术与 PKP 治疗脆性骨折疗效比较[J]. 实用医学杂志, 2020, 36(9): 1228-1232.
- [32] ZHOU C, HUANG S, LIAO Y, et al. Feasibility analysis of the bone cement-gelatine sponge composite intravertebral prefilling technique for reducing bone cement leakage in stage I and II kummell's disease: a prospective randomized controlled trial[J]. Orthop Surg, 2023, 15(7): 1763-1771.
- [33] 张宁宇, 徐玉生, 徐远志, 等. 侧开口套管椎体成形术治疗骨质疏松性椎体压缩骨折[J]. 实用医学杂志, 2021, 37(7): 889-893.
- [34] 钟远鸣, 何炳坤, 吴卓檀, 等. Jack 椎体扩张器后凸成形治疗骨质疏松性椎体压缩骨折: 有效及安全的 Meta 分析[J]. 中国组织工程研究, 2022, 26(3): 487-492.
- [35] QI Q, XU G P, NA R S, et al. New research progress of modified bone cement applied to vertebroplasty[J]. World Neurosurg, 2023, 176: 10-18.
- [36] STOOS K, BROWN J M, SANTONI B, et al. Thermal properties of polymethyl methacrylate vary depending on brand and type[J]. J Orthop Res, 2023, 41(3): 614-618.
- [37] 刘元标, 郭恺, 焦恩祥, 等. PMMA 骨水泥的材料性能与改性研究进展[J]. 高分子通报, 2023, 36(12): 1610-1633.

(收稿日期: 2023-12-07 本文编辑: 吕宁)

(上接第 45 页)

- [18] 李海滨, 王铭, 杨学桥, 等. 血肿内麻醉关节镜下清理纱包固定治疗四肢皮下血肿[J]. 实用骨科杂志, 2020, 26(1): 86-88.
- [19] 朱迎春, 贾学文, 王哲洋, 等. 关节镜手术治疗坐骨结节囊肿前瞻性病例对照研究[J]. 中国骨伤, 2018, 31(3): 217-221.
- [20] 袁伶俐, 徐文弟, 韩冠生, 等. 全关节镜下与传统手术方法治疗腘窝囊肿疗效比较[J]. 中国骨伤, 2019, 32(2): 151-155.
- [21] 林红明, 孙斌, 吕和, 等. 关节镜下清理联合网缝合治疗下肢巨大皮下血肿的临床研究[J]. 中医正骨, 2022, 34(8): 20-24.
- [22] 刘振斌, 王刚, 李梦虎. 下肢深静脉血栓形成的中西医结合治疗进展[J]. 中国中西医结合外科杂志, 2021, 27(1): 149-153.

(收稿日期: 2023-11-02 本文编辑: 杨雅)