

加速康复外科在老年骨质疏松性椎体压缩性骨折经皮椎体成形术中的应用

李文财¹；严梦杰¹；周圆¹；吐尔洪·吐尔逊²▲

1.新疆医科大学第六附属医院全科医学科，新疆乌鲁木齐市 830002

2.新疆医科大学第六附属医院脊柱外三科，新疆乌鲁木齐市 830002

摘要：目的：探究加速康复外科（enhanced recovery after surgery, ERAS）理念在经皮椎体成形术（percutaneous vertebroplasty, PVP）治疗骨质疏松性椎体压缩性骨折（osteoporotic vertebral compression fracture, OVCF）中的临床应用价值。方法：这项研究于2024年6月至2025年6月进行，纳入62例接受PVP的OVCF患者，将患者通过随机数字联合区间区组设计分为ERAS试验组（n=31）与常规护理对照组（n=31）。ERAS组在术前、术中、术后等方面进行规范化干预。比较两组入院时、术后2天、1个月和3个月时的视觉模拟量表评分（visual analogue scale, VAS）、奥斯韦斯特里功能障碍指数（Oswestry Disability Index, ODI）评分和巴氏指数（Barthel Index, BI）评分。围术期其他评估参数包括平均手术时长、总住院时间、术后住院时间、住院成本、并发症发生率及患者住院满意度。结果：ERAS组在术后2天（ $P<0.001$ ）和术后1个月（ $P=0.008$ ）的VAS评分、术后2天和1个月的BI评分（ $P<0.001$ ）及ODI评分（ $P<0.001$ ）均优于对照组。两组术后3个月的VAS评分、BI评分和ODI评分无明显差异。两组在术后平均住院时间无显著差异，但ERAS组的总住院时间更短（ $P=0.006$ ）。此外，两组平均手术时长相当，但ERAS组患者满意度更高（ $P=0.025$ ），并发症总体发生率更低（ $P=0.031$ ）。结论：将ERAS应用于PVP治疗OVCF是安全有效的，可显著缓解术后早期疼痛、缩短住院时间、促进功能恢复、减少并发症并提高患者满意度。

关键词：加速康复外科；骨质疏松；压缩性骨折；PVP

【中图分类号】R 683.2

Impact of Enhanced Recovery After Surgery Protocols on Outcomes Following Percutaneous Vertebroplasty in Elderly Patients with Osteoporotic Vertebral Compression Fractures

Li Wencai¹; Yan Mengjie¹; Zhou Yuan¹; Tuerhong·Tuerxun²

1.Department of General Practice, The Sixth Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830002, Xinjiang China; 2.Department of Spinal Surgery, The Sixth Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830002, Xinjiang China

Abstract: Objective: Exploring the clinical application value of the Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) concept in percutaneous vertebroplasty (PVP) for the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures (OVCF).

Methods: This trial was conducted between June 2024 and June 2025, enrolling 62 patients with OVCF undergoing PVP. Patients were allocated via a randomised number combined interval block design to either the ERAS intervention group (n=31) or the standard care control group (n=31). The ERAS group received standardised interventions covering preoperative, intraoperative, and postoperative phases. Visual analogue scale (VAS) scores, Oswestry Disability Index (ODI) scores, and Barthel Index (BI) scores were compared between groups at admission, 2 days postoperatively, and at 1 and 3 months postoperatively. Additional perioperative assessment parameters included mean operative duration, total hospital stay, postoperative hospitalisation duration, inpatient costs, complication incidence, and patient satisfaction

▲通讯作者：吐尔洪·吐尔逊 E-mail: 18309919537@163.com

with hospitalisation. **Results:** The ERAS group demonstrated superior VAS scores at 2 days post-surgery ($P<0.001$) and 1 month post-surgery ($P=0.008$), as well as superior BI scores ($P<0.001$) and ODI scores ($P<0.001$) at both 2 days and 1 month post-surgery compared to the control group. No significant differences were observed between groups in VAS, BI, or ODI scores at 3 months postoperatively. The mean postoperative hospital stay was comparable between groups, though the ERAS group exhibited a shorter total hospital duration ($P=0.006$). Furthermore, while mean operative times were equivalent, the ERAS group demonstrated higher patient satisfaction ($P=0.025$) and a lower overall complication rate ($P=0.031$). **Conclusion:** The application of ERAS to PVP treatment for OVCF is safe and effective, significantly alleviating early postoperative pain, shortening hospital stays, promoting functional recovery, reducing complications, and enhancing patient satisfaction.

Keywords: Enhanced Recovery After Surgery; Osteoporosis; Compression Fracture; PVP

随着人口老龄化加剧，骨质疏松症及其并发症已成为重大公共卫生挑战，显著增加医疗负担并导致高致残率与死亡率^[1]。OVCF 作为最常见类型，常引发慢性疼痛、脊柱畸形、肺功能受限及活动能力下降，进而诱发长期卧床、肌肉萎缩、深静脉血栓等继发问题，严重影响患者生活质量并增加再住院与死亡风险^[2-3]。传统治疗包括保守疗法（如卧床制动、支具固定、药物镇痛）和开放手术，但前者易加重骨丢失与肌少症，后者则因创伤大、围术期风险高，在老年多病共存患者中应用受限^[4]。近年来，PVP 凭借微创、快速镇痛及早期功能恢复等优势，已成为 OVCF 的首选干预手段，多项研究证实其可在术后早期显著缓解疼痛并改善脊柱稳定性^[5-8]。然而，目前 PVP 围术期管理缺乏统一标准，各医疗中心在镇痛方案、下床时间、出院指征等方面存在一定差异，导致康复效果、住院时长及治疗一致性参差不齐，制约了加速康复的实现^[9-10]。ERAS 是丹麦学者 Kehlet 在上世纪 90 年代提出的，是一种基于循证医学的多学科围术期优化策略，目的在于提升手术患者的术后恢复效率^[11]。在部分脊柱手术中已被证实能有效降低并发症、缩短住院时间并促进功能恢复^[12-13]。但 ERAS 在老年 OVCF 患者接受 PVP 治疗中的应用仍处于初步探索阶段，且现有研究多聚焦于 PVP 技术本身或骨水泥相关并发症，缺乏针对围术期流程优化的高质量证据。为此，本研究旨在评估 ERAS 相较于传统管理模式在 PVP 围术期对老年 OVCF 患者的安全性与有效性，为探索老年脆性骨折科学、可行的围术期管理模式提供一定参考。

1. 方法:

1.1 研究对象

这项随机对照试验于 2024 年 6 月至 2025 年 6 月间在新疆医科大学第六附属医院进行，纳入研究对象为此间行 PVP 且至少有 3 个月以上随访记录的 OVCF 的患者。

纳入标准：①年龄 ≥ 60 岁，性别不限；②经骨密度检测提示骨密度 T 值 < -2.5，符合原发性骨质疏松症诊断标准；③经 X 线、CT 及 MRI 检查确诊为胸腰椎节段 OVCF，且疼痛症状持续 2 周以上；④无 PVP 手术史，符合局麻手术适应证。排除标准：①病理性骨折（如转移性骨肿瘤、脊柱结核、多发性骨髓瘤等所致）；②有胸腰椎手术史或脊柱畸形者；③凝血功能障碍、严重心肺肝肾疾病等手术禁忌证；④随访过程中出现新发胸腰椎骨折；⑤有癫痫、精神疾病病史、认知功能不全，无法配合完成研究要求者。⑥中途退出研究或失访。

分组情况：本研究最终共纳入 62 例符合标准的患者。采用统计软件生成随机数字表，随后将随机数列划分为若干固定大小的区间（每区间含有 4 或 6 随机数，即区组）；每个区组内，根据随机数字大小进行排序，数值大的为 ERAS 试验组 ($n=31$)，数值小的为常规护理对照组 ($n=31$)。本研究已通过我院医学伦理委员会审批（伦理批号：LFYLLSC20251215-001），研究过程严格遵循《赫尔辛基宣言》相关原则，所有患者均签署知情同意书。

1.2 干预措施

1.2.1 对照组

采用骨科 PVP 围术期常规护理方案：术前进行常规入院评估、基础健康宣教及手术相关告知；术中采用标准化麻醉及手术操作流程，未实施特殊优化干预；术后给予常规止痛、抗骨质疏松药物治疗，待患者生命体征稳定后指导床上活动，逐步过渡至下床康复训练，遵循传统出院标准安排出院。

1.2.2 ERAS 组

由骨科医生、麻醉科医生、康复治疗师、心理治疗师、专科护士及营养师组成多学科协作团队，依据循证医学证据制定并实施标准化 ERAS 方案，表 1 是老年 PVP 患者 ERAS 方案的 10 项核心组成部分，从术前、术中及术后三个阶段进行开展，并由专业团队执行。

表 1 加速康复外科方案的实施阶段及详细内容

阶段	详细内容
术前	<p>教育及心理疏导：1.采用“口头讲解 + 图文手册 + 视频演示”多模式宣教，内容涵盖 PVP 手术原理、局麻优势、围术期流程及康复关键点；2.针对性疏导焦虑情绪，告知疼痛管理方案及预期恢复节奏，提高治疗依从性。</p> <p>营养评估与支持：1.采用营养风险筛查工具（如 NRS-2002）评估营养状况；2.对营养不足者，术前 3-7 天制定个体化营养计划，优先通过高钙、高蛋白饮食补充，必要时口服营养补充剂。</p> <p>饮食管理：1.允许术前 4 小时可进食清流质（如米汤、无渣果汁）；2.麻醉前 2 小时口服 200ml 含碳水化合物的专用饮料，避免术前饥饿、脱水及代谢紊乱。</p> <p>血栓预防：通过主动或被动肢体活动、肢体气压治疗等物理方式，以预防老年患者围术期深静脉血栓形成。</p>
术中	<p>体温维持：1.术前预热手术床，术中覆盖保温毯，维持核心体温 36-37°C；2.输注液体提前加温至 37°C，避免低体温引发的凝血功能异常、疼痛敏感性增加。</p> <p>液体管理：实施限制性液体管理策略，优先选用晶体平衡液（如乳酸林格氏液），避免生理盐水过量导致的高氯血症，精准控制输液量以维持循环稳定。</p>
术后	<p>早期活动：1.返回病房后鼓励即刻开展双下肢主动屈伸、踝泵运动；2.术后 2-4 小时指导床上坐起，鼓励术后 24 小时内协助床旁行走（需有人陪护），逐步增加活动量。</p> <p>早期进食：1.术后清醒后即可少量饮水，无恶心呕吐者即刻过渡至流质饮食；2.术后 24 小时内恢复普通饮食，鼓励高钙、高蛋白、高维生素摄入，促进骨愈合及机体恢复。</p> <p>多模式镇痛：依据 VAS 评分进行分层管理，术后 VAS 评分 < 4 分时，口服塞来昔布 200mg（每日 2 次），VAS 评分 ≥ 4 分时，加用对乙酰氨基酚协同镇痛，避免阿片类药物使用，减少恶心、便秘等副作用。</p> <p>出院管理：制定标准化出院标准（VAS 评分 < 3 分、可自行行走或仅需少量协助、饮食及排便正常、无明显并发症、体温正常），出院时提供详细康复指导手册及个体化抗骨质疏松治疗指导，按时随访。</p>

10.12201/bmr.202604.00105V1

1.3 手术方式

两组患者均由同一组骨科医生实施标准化 PVP 手术：患者取俯卧位，C 臂机透视定位骨折椎体，标记穿刺点；常规消毒铺巾，局部浸润麻醉后，经椎弓根穿刺至椎体前 1/3 处，确认穿刺位置无误后，缓慢注入骨水泥，实时透视监测骨水泥弥散情况，避免渗漏至椎管或椎旁血管；骨水泥硬化后拔出穿刺针，压迫止血，无菌敷料覆盖切口。

1.4 评估指标

功能与疼痛评估：分别于入院时、术后 2 天、1 个月、3 个月，采用 VAS 评分评估腰痛程度，ODI 及 BI 评分评估日常生活活动能力。围手术期指标：比较两组平均手术时间、总住院时间、术后住院时间、住院费用。并发症：统计术后肺炎、深静脉血栓、骨水泥渗漏等情况。满意度评估：出院时采用我院自制住院满意度量表（KMO 值为 0.885，巴特利特球形检验显著 $P < 0.001$ ；Cronbach's α 系数为 0.904）进行评估，量表涵盖医疗服务、护理质量、康复指导、就医体验 4 个维度，总分 100 分。

1.5 统计学分析

采用 SPSS 27.0 统计软件进行数据分析。连续变量以均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示，满足正态分布

的数据比较采用独立样本 t 检验；计数资料比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率检验。统计学显著性水平设定为 $P < 0.05$ 。

2. 结果

2.1 基线资料比较

两组患者在年龄、性别、体重指数（body mass index, BMI）、合并基础疾病（高血压、糖尿病）、骨折椎体数量、吸烟等基线资料方面比较，差异均无统计学意义（ $P > 0.05$ ）（表 2）。

表 2 两组患者一般特征比较

参数	对照组 (n=31)	试验组 (n=31)	χ^2/t 值	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	74.65±8.48	71.84±7.85	-1.352	0.181
性别 (男/女)	6/25	11/20	2.026	0.155
BMI (kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	23.66±3.37	23.41±3.85	-0.265	0.792
合并高血压 (是/否)	12/19	10/21	0.282	0.596
合并糖尿病 (是/否)	6/25	2/29	1.292	0.256
骨折椎体 ≥ 2 (是/否)	5/26	3/28	0.144	0.705
吸烟 (是/否)	2/29	4/27	0.185	0.668

2.2 临床结局指标

两组患者入院时的背部疼痛 VAS、ODI、BI 评分及平均手术时间均无统计学差异（ $P > 0.05$ ）。试验组总住院时间显著短于对照组[(7.90±2.06)天 vs.(9.58±2.58)天, $P=0.006$]，患者满意度评分[(83.45±9.83)分 vs.(75.65±16.13)分, $P=0.026$]显著高于对照组，术后住院时间[(3.87±1.38)天 vs.(4.61±2.11)天, $P=0.108$]和住院费用[(9806.87±2071.41)元 vs.(10796.06±2238.00)元, $P=0.076$]虽呈降低趋势，但差异无统计学意义。术后恢复方面，试验组术后 2 天的 VAS 评分[(1.77±0.81)分 vs.(2.52±0.85), $P < 0.001$]、1 个月的 VAS 评分[(1.35±0.88)分 vs.(1.97±0.88), $P=0.008$]显著低于对照组；术后 2 天及 1 个月，ERAS 组 ODI 评分显著低于对照组($P < 0.001$)，BI 评分显著高于对照组（ $P < 0.001$ ）；术后 3 个月，两组的 VAS 评分、ODI 评分及 BI 评分均无统计学差异（ $P > 0.05$ ）（见表 3、4）。

表 3 两组患者围术期资料比较($\bar{x} \pm s$)

参数	对照组 (n=31)	试验组 (n=31)	t 值	P 值
平均手术时间 (分钟)	44.84±17.25	44.42±14.90	-0.102	0.919
总住院时间 (天)	9.58±2.58	7.90±2.06	-2.832	0.006*
术后住院时间 (天)	4.61±2.11	3.87±1.38	-1.638	0.108
住院费用 (元)	10796.06±2238.00	9806.87±2071.41	-1.806	0.076
住院满意度 (分)	75.65±16.13	83.45±9.83	2.301	0.026*

注：与对照组比较，* $P < 0.05$ 。

表 4 两组患者的 VAS、ODI、BI 评分比较(分, $\bar{x} \pm s$)

参数	对照组 (n=31)	试验组 (n=31)	t 值	P 值
背部疼痛 VAS 评分				
入院时	4.16±1.19	4.26±1.32	0.304	0.762
术后 2 天	2.52±0.85	1.77±0.81	-3.527	<0.001*
术后 1 月	1.97±0.88	1.35±0.88	-2.754	0.008*
术后 3 月	1.26±0.82	1.23±0.76	-0.161	0.873
ODI 评分				
入院时	83.94±6.08	85.10±5.08	0.816	0.418
术后 2 天	48.13±5.58	42.19±5.15	-4.351	<0.001*
术后 1 月	35.97±4.61	28.06±4.02	-7.199	<0.001*
术后 3 月	20.32±4.26	18.81±3.76	-1.485	0.143
BI 评分				
入院时	35.32±5.62	35.97±5.69	0.449	0.655
术后 2 天	55.32±8.85	63.39±8.98	3.562	<0.001*
术后 1 月	84.35±10.70	92.58±7.17	3.554	<0.001*
术后 3 月	92.42±5.76	93.93±7.12	0.589	0.558

注：与对照组比较，*P<0.05。

2.3 围术期并发症

两组患者的术后并发症发生情况见表 5。两组的肺炎、下肢深静脉血栓、骨水泥渗漏发生率无统计学差异(P>0.05)，从整体并发症发生率来看，两组有统计学差异(P=0.031)。

表 5 两组患者围术期并发症的比较 [n(%)]

参数	对照组 (n=31)	试验组 (n=31)	χ ² 值	P 值
肺炎	2(6.45)	0	0.517	0.472
下肢深静脉血栓	4(12.90)	1(3.23)	0.870	0.351
骨水泥渗漏	2(6.45)	0	0.517	0.472
总并发症数 (患者级)	8(25.80)	1(3.23)	4.679	0.031*

注：与对照组比较，*P<0.05。

3. 讨论

OVCF 是老年人群中高发的骨科疾患，随着人口老龄化加剧，其临床关注度逐年增加^[14-15]。PVP 作为微创治疗 OVCF 的核心手段，虽具有创伤小、起效快的优势，但老年患者普遍存在合并基础疾病多、心肺功能储备不足、手术耐受性弱等特点，围手术期易出现疼痛控制不佳、康复延迟、并发症风险升高等问题，给临床治疗与护理带来挑战^[15-16]。ERAS 以循证医学为基础，通过围手术期多学科协作与标准化优化措施，减轻手术应激反应、缩短康复周期，已在多个骨科亚专科证实其价值^[17]。鉴于此，本研究以 62 例老年胸腰椎段 OVCF 患者为研究对象，探讨 ERAS 路径在 PVP 术后患者的应用价值。

本研究发现 ERAS 路径下的患者总住院时间显著缩短，住院期间满意度评分更高，这与 Soffin 和 Qin 等人的研究结果一致，符合 ERAS 程序最为核心的目标^[18-19]。这与我们在围术期实施的一系列 ERAS 措施密切相关：术前进行全面评估与宣教，术中注重保温与精细化液体管理以减轻应激反应，术后早期进食、早期下床活动及多模式镇痛。这些措施有效提升了患者从入院到出院全过程的参与度与依从性，使得患者加速恢复的同时，满意度也得到一定的提高。但在本研究中，ERAS 模式下的患者在术后住院时间和住院费用虽有下降趋势，但未达统计学显著性，这可能与地区医保政策差异、样本量不足等因素的有关。从临床结局来看，ERAS 路径下的患者在术后早期（2 天、1 个月）的 VAS 评分、ODI 评分明显低于常规护理组，BI 评分高于常规护理组；而术后 3 月，两组 VAS 评分、ODI 评分和 BI 评分均无统计学差异。这一结果提示，我们的 ERAS 程序的核心价值在于加速术后早期康复，并没有明显能够改变患者的远期功

能结局。OVCF 患者的术后康复受疼痛的影响较大，ERAS 提倡的“预防性镇痛”概念，即术前宣教、超前镇痛、术后多模式镇痛等方法，可以降低疼痛敏感性，避免急性疼痛转化为慢性疼痛，从而有助于早期康复锻炼；同时强调术后尽早下床活动、核心肌群锻炼可促进血液循环、增加肌肉力量、提高平衡能力，从而加快日常生活自理能力的恢复^[20-22]。术后 3 个月两组的功能指标相近，可能也是随着康复时间的推移，对照组患者的功能逐渐达到了与 ERAS 组相当的程度，同时也体现了 PVP 手术自身的有效性，更突显出 ERAS 强调的是围手术期的“加速恢复”。并发症防控方面，ERAS 组并发症总发生率低于对照组，尽管单因素并发症（肺炎、下肢深静脉血栓、骨水泥渗漏）比较差异无统计学意义，但是结合其整体发生率下降的表现可以体现 ERAS 方案的全局性优势。由于 OVCF 老年患者卧床时间过长容易出现下肢静脉血栓形成以及肺部感染并发症，ERAS 程序术前采用血栓风险评估、早期使用肢体气压泵以及术后尽早下床活动，能很好的减少血栓形成和肺部感染的风险^[23]。此外，骨水泥渗漏是 PVP 的常见并发症，术前精准影像学评估、术中实时透视监测及规范化的注射操作等细节管理，有利于减少渗漏的发生几率，也可以让患者得到早期康复治疗保障^[24-25]。

当然，本研究存在一定局限性：一是样本量较小（ $n=62$ ），可能影响亚组分析或罕见并发症的检出，并影响术后住院天数、住院费等重要指标的统计学检验效能；二是随访时间仅 3 个月，并不能对 ERAS 程序对于骨质疏松远期管理、再次骨折的预防等方面起什么样的作用作出结论；三是没有对 ERAS 各个组成环节单独加以分析，我们还不能说明哪一个措施是关键措施。

4. 结论

本研究结果表明，将标准化 ERAS 路径应用于老年胸腰椎段 OVCF 患者 PVP 围手术期，可显著缩短总住院时间、提升患者满意度、加速术后早期疼痛缓解与功能恢复，并降低整体并发症发生率，是一种安全、有效的围手术期管理模式，值得临床推广应用。后续研究应积累大样本数据，开展多中心、长期随访的高质量研究，进一步验证 ERAS 路径的长期安全性与有效性。

[参考文献]

- [1] CAI C, JIANG J, LI S, et al. PKM2 regulates osteoclastogenesis by affecting osteoclast precursor cell fusion via downregulation of OC-STAMP and DC-STAMP[J]. *J Biol Chem*, 2025,301(5):108439.
- [2] CHO D C. Optimal Strategies for the Treatment of Osteoporotic Spinal Diseases[J]. *Neurospine*, 2023,20(4):1095-1096.
- [3] SON H J, PARK S J, KIM J K, et al. Mortality risk after the first occurrence of osteoporotic vertebral compression fractures in the general population: A nationwide cohort study[J]. *PLoS One*, 2023,18(9):e0291561.
- [4] MARSELOU E, KELEKIS A, DIMITRIADIS Z, et al. Risk factors for refracture or new vertebral compression fractures after percutaneous vertebroplasty: a systematic review and meta-analysis[J]. *Osteoporos Int*, 2025,36(8):1297-1311.
- [5] KALLMES D F, COMSTOCK B A, HEAGERTY P J, et al. A randomized trial of vertebroplasty for osteoporotic spinal fractures[J]. *N Engl J Med*, 2009,361(6):569-579.
- [6] WANG D, CANG D, WU Y, et al. Therapeutic effect of percutaneous vertebroplasty and nonoperative treatment on osteoporotic vertebral compression fracture: A randomized controlled trial protocol[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2020,99(27):e20770.
- [7] CAI T, WANG F, NAN L, et al. Perioperative Hidden Blood Loss in Elderly Osteoporotic Vertebral Compression Fracture Patients With Percutaneous Vertebroplasty and Influencing Factors[J]. *Geriatr Orthop Surg Rehabil*, 2021,12:2151459321996178.

- [8] ESSIBAYI M A, MORTEZAEI A, AZZAM A Y, et al. Risk of adjacent level fracture after percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty vs natural history for the management of osteoporotic vertebral compression fractures: a network meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Eur Radiol*, 2024,34(11):7185-7196.
- [9] CHAKRAVARTHY V B, YOKOI H, COUGHLIN D J, et al. Development and implementation of a comprehensive spine surgery enhanced recovery after surgery protocol: the Cleveland Clinic experience[J]. *Neurosurg Focus*, 2019,46(4):E11.
- [10] BÜCHEL C, TREANOR C, DAVIES B, et al. Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) in Spine Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis of Spinal Surgery Sub - Specialities, Interventions and Efficacy[J]. *Global Spine J*, 2025:21925682251393697.
- [11] KEHLET H. Multimodal approach to control postoperative pathophysiology and rehabilitation[J]. *Br J Anaesth*, 1997,78(5):606-617.
- [12] PORCHE K, SAMRA R, MELNICK K, et al. Enhanced recovery after surgery (ERAS) for open transforaminal lumbar interbody fusion: a retrospective propensity-matched cohort study[J]. *Spine J*, 2022,22(3):399-410.
- [13] ZHANG Z, SHAO J, LIU S, et al. Perioperative Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) Clinical Pathway for Unilateral Biportal Endoscopy with Unilateral Laminotomy for Bilateral Decompression[J]. *Orthop Surg*, 2025,17(9):2699-2707.
- [14] EDIDIN A A, ONG K L, LAU E, et al. Life expectancy following diagnosis of a vertebral compression fracture[J]. *Osteoporos Int*, 2013,24(2):451-458.
- [15] WU Y, ZHOU Z, LU G, et al. Risk factors for cement leakage after percutaneous vertebral augmentation for osteoporotic vertebral compression fractures: a meta-analysis[J]. *Int J Surg*, 2025,111(1):1231-1243.
- [16] RHEE W, CHANG S Y, CHANG B S, et al. Prediction of early postoperative complications and transfusion risk after lumbar spinal stenosis surgery in geriatric patients: machine learning approach based on comprehensive geriatric assessment[J]. *BMC Med Inform Decis Mak*, 2025,25(1):279.
- [17] ZHONG G Q, LIN B H, LIN R Q, et al. Clinical evaluation of enhanced recovery after surgery protocol for anterior cervical decompression and fusion (ACDF): study protocol for a multicentre randomised controlled trial[J]. *BMJ Open*, 2021,11(9):e047654.
- [18] SOFFIN E M, VAISHNAV A S, WETMORE D S, et al. Design and Implementation of an Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) Program for Minimally Invasive Lumbar Decompression Spine Surgery: Initial Experience[J]. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2019,44(9):E561-E570.
- [19] QIN X, LI H, LONG J, et al. A meta-analysis of the implementation of enhanced recovery after surgery pathways in anterior cervical spine surgery for degenerative cervical spine diseases[J]. *Eur Spine J*, 2024,33(3):1283-1291.
- [20] XU Y, LI D, ZHANG Q, et al. Efficacy of lumbar and abdominal muscle rehabilitation training on degree of osteoporosis, pain and anxiety in elderly patients with osteoporotic vertebral compression fracture after PKP and compliance analysis[J]. *Front Med (Lausanne)*, 2024,11:1364497.
- [21] LI J, WANG Z, HAN G, et al. The predictive value of multifidus degeneration in osteoporotic vertebral compression fracture patients with kyphosis deformity[J]. *Spine J*, 2025,25(6):1206-1217.
- [22] YANG H, YANG Q, PU M, et al. Efficacy of nursing interventions based on the enhanced recovery after surgery (ERAS) in patients with lumbar disc herniation[J]. *Sci Rep*, 2025,15(1):21947.
- [23] ZHANG Z, LIU S, SHAO J, et al. Implementing an Optimized Perioperative Strategy for Percutaneous Vertebroplasty: Clinical Application and Outcome Evaluation[J]. *Orthop Surg*, 2025,17(11):3178-3184.
- [24] NIEUWENHUIJSE M J, VAN ERKEL A R, DIJKSTRA P D. Cement leakage in percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fractures: identification of risk factors[J]. *Spine J*, 2011,11(9):839-848.
- [25] ROSE L D, BATEMAN G, AHMED A. Clinical significance of cement leakage in kyphoplasty and vertebroplasty: a systematic review[J]. *Eur Spine J*, 2024,33(4):1484-1489.