DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20250343

·短篇论著·

老年腰椎管狭窄症伴骨质疏松患者行单侧双通道内镜减压术的临床疗效与安全性分析

卢春闻，郭　超，吴宏日，杜诗尧，王振伟，王　辉，许天明*
海军军医大学（第二军医大学）第二附属医院第九〇五医院骨科（中国人民解放军海军第九〇五医院骨科），上海 200050

［摘要］ **目的**　探讨单侧双通道脊柱内镜（UBE）减压术在老年腰椎管狭窄症（LSS）伴骨质疏松患者中的临床疗效及安全性。**方法**　回顾性分析2020年5月至2023年10月于本院接受UBE减压术的67例老年LSS伴骨质疏松患者的临床资料。记录患者的一般资料、围手术期参数、临床疗效及术后并发症等，并对比分析术前及术后的临床疗效指标，包括疼痛视觉模拟量表（VAS）评分、Oswestry功能障碍指数（ODI）和欧洲五维健康量表（EQ-5D）指数。**结果**　67例患者中男32例、女35例，平均年龄为（72.9±5.1）岁，均顺利完成UBE减压手术，手术时间为（88.2±18.4）min，显性出血量为（82±18）mL，住院时间为（5.8±1.3）d。术后12个月疼痛VAS评分从术前的（7.3±1.0）分降低至（2.6±0.7）分（$P<0.01$），ODI从（56.5±8.2）%降低至（25.4±5.8）%（$P<0.01$），EQ-5D指数从0.53±0.07升高至0.79±0.05（$P<0.01$）。共6例（9.0%）患者术后出现并发症，包括硬膜撕裂3例、硬膜外血肿1例、感染1例及神经根刺激1例，均经对症处理后恢复良好。术后12月内再手术患者1例（1.5%）。**结论**　UBE减压术可在老年LSS伴骨质疏松患者中实现术后疼痛缓解、功能改善和生活质量提升，且术后并发症发生率低，具有良好的临床适用性与安全性。

［关键词］ 单侧双通道内镜技术；椎管狭窄；骨质疏松；最小侵入性外科手术；治疗结果
［引用本文］ 卢春闻，郭超，吴宏日，等. 老年腰椎管狭窄症伴骨质疏松患者行单侧双通道内镜减压术的临床疗效与安全性分析[J]. 海军军医大学学报，2025，46（12）：1627-1632. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20250343.

Unilateral biportal endoscopic decompression for elderly patients with lumbar spinal stenosis and osteoporosis: an analysis of clinical efficacy and safety

LU Chunwen, GUO Chao, WU Hongri, DU Shiyao, WANG Zhenwei, WANG Hui, XU Tianming*
Department of Orthopedics, No. 905 Hospital, The Second Affiliated Hospital of Naval Medical University (Second Military Medical University) & Department of Orthopedics, No. 905 Hospital of PLA Navy, Shanghai 200050, China

［**Abstract**］ **Objective**　To evaluate the clinical efficacy and safety of unilateral biportal endoscopic (UBE) decompression for lumbar spinal stenosis (LSS) in elderly patients with osteoporosis. **Methods**　A retrospective analysis was conducted on 67 elderly patients with LSS and osteoporosis who underwent UBE decompression in our hospital between May 2020 and Oct. 2023. General characteristics, perioperative parameters, clinical outcomes, and complications were recorded, and the clinical efficacy indexes, including pain visual analogue scale (VAS) score, Oswestry disability index (ODI), and Euro-quality of life-5 dimensions (EQ-5D) index, were compared and analyzed before and after operation. **Results**　All 67 patients (32 males and 35 females; mean age［72.9±5.1］years) successfully underwent UBE decompression. The operative time was (88.2±18.4) min, visible blood loss was (82±18) mL, and hospital stay was (5.8±1.3) d. The pain VAS score was significantly decreased from 7.3±1.0 preoperatively to 2.6±0.7 12 months postoperatively ($P<0.01$); ODI was decreased from (56.5±8.2)% to (25.4±5.8)% ($P<0.01$); and EQ-5D index was increased from 0.53±0.07 to 0.79±0.05 ($P<0.01$). Postoperative complications, including dural tear ($n=3$), epidural hematoma ($n=1$), infection ($n=1$), and nerve root irritation ($n=1$), occurred in 6 (9.0%) patients, and all were resolved after symptomatic treatment. One (1.5%) patient required revision surgery within 12 months. **Conclusion**　UBE decompression can relieve postoperative pain, and lead to function improvement and better quality of life in elderly LSS patients with osteoporosis, with a low incidence of postoperative complications, suggesting that it has good clinical indications and safety.

［收稿日期］ 2025-06-02　［接受日期］ 2025-08-25
［基金项目］ 上海市自然科学基金（22ZR1476600）. Supported by Natural Science Foundation of Shanghai (22ZR1476600).
［作者简介］ 卢春闻，博士，副主任医师. E-mail: luchunwench@163.com
*通信作者（Corresponding author）. E-mail: xutm_smmu@126.com

［**Key words**］ unilateral biportal endoscopy; spinal stenosis; osteoporosis; minimally invasive surgical procedures; treatment outcome

［**Citation**］ LU C, GUO C, WU H, et al. Unilateral biportal endoscopic decompression for elderly patients with lumbar spinal stenosis and osteoporosis: an analysis of clinical efficacy and safety[J]. Acad J Naval Med Univ, 2025, 46(12): 1627-1632. DOI: 10.16781/j.CN31-2187/R.20250343.

腰椎管狭窄症（lumbar spinal stenosis，LSS）是老年人群常见的退行性疾病，主要由椎间盘退变、黄韧带肥厚、小关节增生等因素引起，可导致神经根受压、下肢疼痛、跛行甚至神经功能障碍[1]。随着人口老龄化加剧，LSS 的患病率逐年升高，尤其在伴有骨质疏松的高龄人群中更为显著[2]。中国大规模人群研究报告显示，50 岁及以上女性骨质疏松的患病率约为 29.1%，男性约为 6.5%，且预计到 2050 年将进一步上升[3]。LSS 患者因行走受限、体力活动减少，骨量丢失可能加重，使骨质疏松发生率更高[4]。文献报道 60 岁以上人群 LSS 的发生率超过 30%[5]，而骨质疏松患者骨量减少、骨结构脆弱，导致传统开放手术风险增加，术后恢复较差。

单侧双通道脊柱内镜（unilateral biportal endoscopy，UBE）作为一种新型微创脊柱手术技术，近年来已被广泛用于椎管狭窄、椎间盘突出、退行性腰椎滑脱等疾病的治疗[6]。相比传统开放手术及小通道直视下减压术，UBE 在操作灵活性、视野清晰度、保留稳定结构等方面具有优势，同时创伤更小、术后恢复更快[7]。多项前瞻性和回顾性研究表明，UBE 减压术在非骨质疏松人群中具有良好的疗效和较低的并发症发生率[8-10]。然而，骨质疏松作为一种广泛存在于老年 LSS 患者的基础性病理改变，其对 UBE 减压术疗效与安全性的影响尚未被系统探讨。骨质疏松患者骨小梁稀疏，手术操作易引发骨折、硬膜撕裂或椎体不稳定，且骨结构塌陷可能影响术后神经松解效果与恢复进程[4,11]。

目前关于 UBE 减压术治疗老年 LSS 伴骨质疏松患者的研究较少，本研究通过回顾性分析老年 LSS 伴骨质疏松患者在接受 UBE 减压术后的疼痛缓解、功能恢复与术后并发症情况，评估该术式在高风险老年群体中的安全性与临床价值，力求为 LSS 伴骨质疏松的临床治疗提供方法学基础和预期效果参考。

1　资料和方法

1.1　*研究对象*　本研究为单中心、回顾性队列研究，纳入 2020 年 5 月至 2023 年 10 月于本院行 UBE 减压术的 LSS 伴骨质疏松患者。纳入标准：（1）年龄≥65 岁；（2）双能 X 线吸收法（dual-energy X-ray absorptiometry，DXA）骨密度检测 *T* 值≤−2.5；（3）MRI 和 / 或 CT 检查证实存在单节段或多阶段 LSS；（4）保守治疗至少 3 个月无效；（5）随访数据完整。排除标准：（1）有同节段手术史者；（2）椎体滑脱≥Ⅱ级或不稳定需融合者；（3）合并脊柱肿瘤、感染或其他严重内科疾病者。

1.2　*手术方法*　所有手术由同一脊柱内镜团队实施，具体手术操作如下。术前常规进行 MRI 和 CT 三维重建明确责任节段，术中患者取俯卧位，腹部垫空，C 臂机透视定位目标节段，调整椎间隙垂直于地面，于棘突与上位椎体椎板下缘的交界部位划一横向标记线，沿上下椎弓根内侧缘划一纵向标记线，于两条线交点的头、尾两端采用 2 cm 皮肤小切口建立 2 个通道：一侧为内镜观察通道，一侧为器械操作通道，通道间距约 3 cm。术中再次定位于上位椎体椎板下缘与棘突间水平。在连续低压生理盐水灌注下，通过内镜观察通道清晰显露椎板与黄韧带，通过器械操作通道依次使用一次性脊柱微创磨钻、双极射频消融电极、射频等离子手术电极、咬骨钳等器械进行椎板下缘与下关节突内侧部分、黄韧带的切除，显露神经根并进行减压。术中注意保护硬膜囊与神经根，必要时进行对侧减压。术毕冲洗术腔，确认无明显出血后置入引流管并缝合皮肤。术后常规使用抗炎、脱水、神经营养及常规骨质疏松治疗药物，鼓励患者尽早下床活动，并定期评估临床疗效与影像学变化。

1.3　*数据收集与随访*　（1）一般资料：包括性别、年龄、BMI、症状分布、影像学分型、节段累及情况。（2）围手术期参数：包括手术时间、显性出血量、隐性出血量（通过 Gross 与 Nadler 公式估

算）[12-13]、术中透视次数和住院时间。（3）临床疗效评价：于术前及术后第 1 天、第 3 个月、第 6 个月、第 12 个月通过疼痛视觉模拟量表（visual analogue scale，VAS）评估疼痛程度，VAS 总分 0～10 分，得分越高表示疼痛程度越强[14]；于术前及术后第 3 个月、第 6 个月、第 12 个月通过 Oswestry 功能障碍指数（Oswestry disability index，ODI）评估功能变化，ODI 越高表示功能障碍越严重[15]；于术前及术后第 3 个月、第 6 个月、第 12 个月通过欧洲五维健康量表（Euro-quality of life-5 dimensions，EQ-5D）评估患者生活质量水平，EQ-5D 指数为 0～1，EQ-5D 指数越高表示生活质量越好[16]。（4）安全性指标：记录术中及术后并发症，包括硬膜撕裂、硬膜外血肿、切口感染及神经根刺激等，并记录 12 个月内再手术情况。（5）骨质评估：L_1 椎体 CT 值与 DXA 骨密度 T 值存在良好相关性，可作为评估骨质疏松风险的替代指标[17]。因此术前对所有患者行 L_1 椎体 CT 扫描，由 2 位经验丰富的放射科医师独立取 3 个感兴趣区域的平均 CT 值（单位：HU）评估骨质情况。（6）随访计划：于术后第 3、6、12 个月至门诊复查，完成 VAS、ODI、EQ-5D 评估及影像学随访（术区 MRI 或 CT 检查）。

1.4　统计学处理　采用 SPSS 26.0 软件分析数据。计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示，比较采用配对 t 检验；VAS、ODI、EQ-5D 指数的多时间点变化分析使用重复测量方差分析，必要时采用 Greenhouse-Geisser 校正，并辅以 Bonferroni 法进行事后多重比较。计数资料以例数和百分数表示，比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法。所有检验均为双侧检验，检验水准（α）为 0.05。

2　结　果

2.1　患者基线特征　共纳入 67 例患者，其中男 32 例，女 35 例；平均年龄为（72.9±5.1）岁，BMI 为（24.3±2.9）kg/m^2，DXA 骨密度 T 值为－2.9±0.3，L_1 椎体 CT 值为（84.7±14.8）HU。症状分布以根性疼痛为主症者 38 例（56.7%），间歇性跛行为主症者 24 例（35.8%），混合型症状者 5 例（7.5%）。影像学分型显示，中央管狭窄 32 例（47.8%），侧隐窝狭窄 21 例（31.3%），神经根管狭窄 14 例（20.9%）。病变累及单节段 45 例（67.2%），其中 L_3/L_4 19 例（28.4%）、L_4/L_5 24 例（35.8%）、L_5/S_1 2 例（3.0%）；累及双节段 18 例（26.9%），其中 L_3/L_4 和 L_4/L_5 11 例（16.4%）、L_4/L_5 和 L_5/S_1 7 例（10.4%）；累及三节段 4 例（6.0%），累及 L_3/L_4、L_4/L_5 和 L_5/S_1。

2.2　围手术期参数　所有患者均顺利完成 UBE 减压术，平均手术时间为（88.2±18.4）min，显性出血量为（82±18）mL，隐性出血量为（62±15）mL，住院时间为（5.8±1.3）d，术中平均透视（6.3±3.2）次。

2.3　疗效评价　与术前相比，所有术后时间点的 VAS 评分、ODI 和 EQ-5D 指数均改善（均 $P<0.01$，表 1）。VAS 评分从术前的（7.3±1.0）分逐渐下降至术后 12 个月的（2.6±0.7）分，时间主效应显著（$F=165.8$，$P<0.001$）。同样，ODI 从术前的（56.5±8.2）% 降低至术后 12 个月的（25.4±5.8）%，时间主效应也显著（$F=143.4$，$P<0.001$）。此外，EQ-5D 指数从术前的 0.53±0.07 提高至术后 12 个月的 0.79±0.05，时间效应显著（$F=127.6$，$P<0.001$）。这些结果表明 LSS 伴骨质疏松患者 UBE 减压术后的疼痛、功能障碍和生活质量持续改善。

表 1　LSS 伴骨质疏松患者 UBE 减压术后各随访时间点的临床疗效指标

$n=67, \bar{x}\pm s$

指标	VAS 评分	ODI/%	EQ-5D 指数
术前	7.3±1.0	56.5±8.2	0.53±0.07
术后 1 d	4.6±1.1**		
术后 3 个月	3.2±0.9**	31.2±6.2**	0.71±0.05**
术后 6 个月	2.9±0.8**	28.7±5.9**	0.75±0.04**
术后 12 个月	2.6±0.7**	25.4±5.8**	0.79±0.05**

**$P<0.01$ 与术前比较. LSS：腰椎管狭窄症；UBE：单侧双通道脊柱内镜；VAS：视觉模拟量表；ODI：Oswestry 功能障碍指数；EQ-5D：欧洲五维健康量表.

2.4　并发症与再手术情况　术后共 6 例患者出现并发症，发生率为 9.0%。其中硬膜撕裂 3 例（4.5%），发现即刻予以局部止血、生物胶封闭与明胶海绵压迫处理，未置入引流管；术后嘱患者卧床 48 h，过程中无脑脊液漏或感染发生。该 3 例患者均在术后 1 周顺利下床活动，未遗留神经功能障碍。硬膜外血肿 1 例（1.5%），该患者术后第 2 天出现进行性下肢疼痛及活动受限，MRI 提示术区血肿压迫神经根，经急诊内镜下血肿清除术干预后症状明显缓解，未遗留神经功能损伤。感染 1 例

（1.5%），该患者术后第 4 天出现切口红肿渗液，常规引流液培养提示金黄色葡萄球菌感染，由经验性抗生素更换为对症敏感抗感染方案（利奈唑胺）治疗 10 d 后症状缓解，未行二次手术。神经根刺激症状 1 例（1.5%），该患者术后出现同侧小腿放射性疼痛，行 MRI 检查排除结构性压迫后考虑神经牵拉相关，经加用加巴喷丁、营养神经治疗后症状逐渐缓解，术后 3 个月症状基本消失。此外，12 个月内再手术 1 例（1.5%），该患者术前为 L_4/L_5 中央型重度狭窄，术后 6 个月出现同节段明显狭窄复发，推测因椎间不稳定加重及瘢痕增生导致复发，行二次内镜减压＋植骨融合术，术后恢复良好。

2.5　*典型病例分析*　患者男，86 岁，因“腰痛伴左下肢麻木 10 年，加重并出现间歇性跛行 2 周”于 2023 年 9 月 1 日入院。术前疼痛 VAS 评分为 7 分，ODI 为 56%，EQ-5D 指数为 0.52。术前影像学检查提示 L_4/L_5 椎间盘退变、椎板肥厚及中央管狭窄明显，硬膜囊受压显著，神经根管狭窄（图 1A～1F）。DXA 骨密度 T 值为－3.0。于 2023 年 9 月 4 日在全身麻醉下行 UBE 减压术，术后恢复良好。术后 CT 冠状面与矢状面重建见 L_4/L_5 椎管减压充分，矢状径与横径较术前显著扩大（图 1G、1H），横断面 CT 图像显示神经根通道减压彻底（图 1I）。术后 1 d 患者疼痛 VAS 评分降至 4 分，腰腿痛症状明显缓解；术后 3 个月疼痛 VAS 评分为 3 分，ODI 降至 32%，EQ-5D 指数升高至 0.71；术后 6 个月疼痛 VAS 评分为 3 分，ODI 为 28%，EQ-5D 指数为 0.75；术后 12 个月 VAS 评分进一步降至 2 分，ODI 为 24%，EQ-5D 指数升高至 0.79。结合影像学表现与临床疗效指标变化可见，该患者术后疼痛缓解显著，功能障碍及生活质量持续改善。

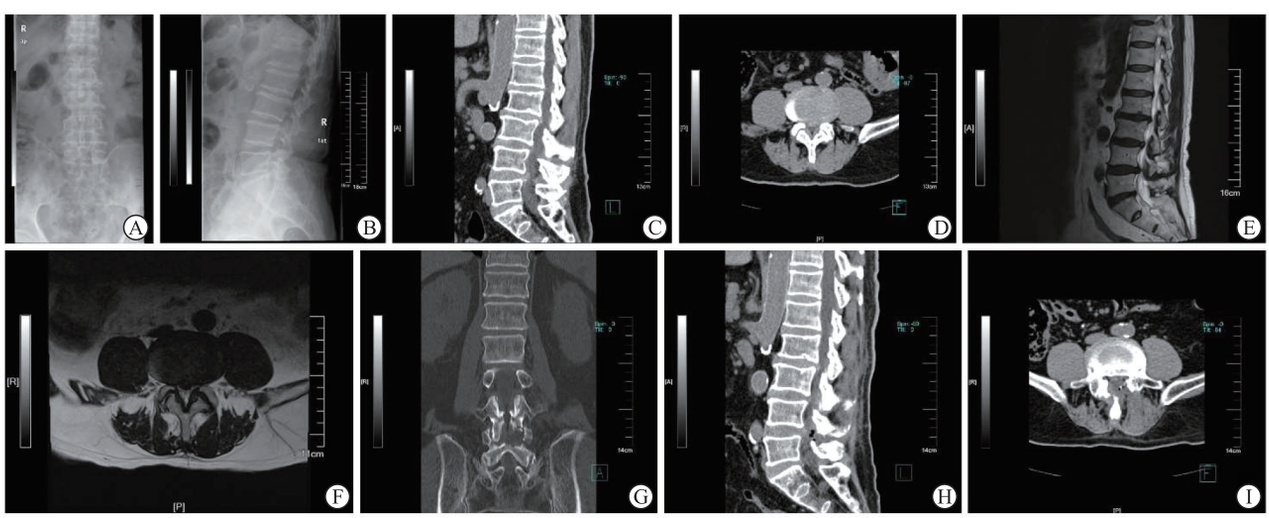

图 1　典型病例影像学表现

A：术前腰椎正位X线片示腰椎退变；B：术前腰椎侧位X线片示L_4/L_5椎间孔狭小；C：术前腰椎矢状面CT示L_4/L_5椎间盘突出；D：术前横断面CT示L_4/L_5椎管狭窄；E：术前腰椎矢状面MRI示L_4/L_5椎间盘突出，后方黄韧带增厚，椎管狭窄；F：术前L_4/L_5横断面MRI示中央管和侧隐窝狭窄；G：术后腰椎冠状面CT示L_4左侧椎板、下关节突及L_5椎板上缘部分切除；H：术后腰椎矢状面CT示L_4/L_5椎管容积较术前扩大；I：术后减压节段横断面CT示L_4左侧椎板及下关节突部分切除，L_4/L_5椎管容积较术前扩大. CT：计算机断层扫描；MRI：磁共振成像.

3　讨　论

本研究通过回顾性分析 67 例接受 UBE 减压术的老年 LSS 伴骨质疏松患者的临床数据，评估了该术式在这一高风险人群中的疗效与安全性。结果显示，UBE 减压术后患者的 VAS 评分、ODI 及 EQ-5D 指数均改善，表明 UBE 减压术在老年 LSS 伴骨质疏松患者中能够有效缓解疼痛、改善功能并提升生活质量。时间效应分析显示，VAS 评分、ODI 和 EQ-5D 指数在术后各时间点均呈持续改善趋势，反映了手术效果的稳定性。本研究结果与 UBE 减压术在非骨质疏松人群中的疗效[18-21]一致。多项 meta 分析显示，与传统显微减压术相比，UBE 技术在治疗 LSS 方面具有术中出血量更少、住院时间更短的优势，同时在术后 VAS 评分和 ODI 改善方面与传统显微减压术效果相当[18-19]。Perez-Roman

等[20]比较 UBE 与传统微创手术发现，UBE 组在疼痛缓解和功能恢复方面具有优势，且创伤更小。这些研究为 UBE 技术的有效性提供了支持，本研究进一步验证了其在骨质疏松老年人群中的适用性。相较于传统开放手术，UBE 减压术通过小切口操作和双通道技术，减少了对骨和软组织的干扰，保留了脊柱后柱结构，从而降低了术后不稳定的风险[21]，这可能是其在高龄骨质疏松患者中仍能取得良好疗效的关键。

本研究中，UBE 减压术后并发症发生率为 9.0%，包括硬膜撕裂（4.5%）、硬膜外血肿（1.5%）、感染（1.5%）和神经根刺激症状（1.5%）。与传统开放手术相比，这一术式并发症发生率明显较低。日本一项针对 8 033 例患者的大样本研究显示，接受开放减压术的老年 LSS 患者并发症发生率为 10.8%[22]。相比之下，UBE 通过清晰的视野和灵活的通道设置降低了操作难度与误伤风险，有助于减少术中并发症的发生[20]。此外，本研究中所有并发症均得到及时处理，未遗留严重后遗症。例如，硬膜撕裂患者经处理后无脑脊液漏，硬膜外血肿患者经急诊内镜清除后症状缓解，感染患者经抗生素治疗后痊愈。上述处理结果进一步提示 UBE 术式在骨质疏松患者中具备良好的安全性与可控性。

骨质疏松是老年 LSS 患者的重要伴随疾病，可能增加手术难度及术后并发症风险。本研究通过术前测定 DXA 骨密度 *T* 值及补充测定 L_1 椎体 CT 值确认患者存在严重骨质疏松。然而，本研究中未观察到因骨质疏松导致的术中椎体骨折或术后塌陷。这可能归因于 UBE 技术的微创特性，其主要通过切除椎板下缘和关节突内侧的部分骨质完成减压，避免了对椎体承重结构的破坏，从而减少了骨质疏松骨骼的应力集中[20-21]。此外，尽管骨质疏松可能影响术后骨愈合和稳定性，本研究 12 个月随访结果显示，神经松解效果和功能恢复未受明显影响，提示 UBE 减压术在骨质疏松患者中具有良好的适用性。

尽管本研究取得了积极结果，但仍存在一定局限性。首先，本研究为单中心、回顾性队列分析，样本量较小，可能存在选择偏倚和统计效力不足的问题。其次，未设立对照组，无法直接比较 UBE 减压术与传统开放手术或其他微创技术在老年 LSS 伴骨质疏松患者中的优劣。此外，随访时间仅为 12 个月，未能充分评估长期疗效及脊柱稳定性的变化。本研究中，所有患者术后均接受常规骨质疏松药物治疗，未将该变量作为干预因素纳入分析。未来需开展多中心、前瞻性随机对照试验，纳入更大样本量并延长随访时间，以进一步验证 UBE 减压术的临床价值。

本研究为 UBE 减压术在老年 LSS 伴骨质疏松患者中的应用提供了初步证据，但仍有若干问题值得深入探讨。例如，骨质疏松程度是否与 UBE 减压术后疗效及并发症发生率存在剂量－效应关系？UBE 减压术的长期效果如何？与传统手术相比，UBE 减压术在降低再手术率和维持脊柱稳定性方面的优势是否显著？这些问题需要在未来的多中心研究中通过设置对照组、延长随访时间并结合生物力学分析加以验证。

综上所述，本研究结果表明，UBE 减压术可在老年 LSS 伴骨质疏松患者中实现术后疼痛缓解、功能改善及生活质量提升的效果，且术后并发症发生率低，在高龄高风险人群中具有良好的临床适用性与安全性。

［参考文献］

［1］ WALTER K L, O'TOOLE J E. Lumbar spinal stenosis[J]. JAMA, 2022, 328(3): 310. DOI: 10.1001/jama.2022.6137.

［2］ KANCHIKU T, IMAJO Y, SUZUKI H, et al. Comparisons on efficacy of elcatonin and limaprost alfadex in patients with lumbar spinal stenosis and concurrent osteoporosis: a preliminary study using a crossover design[J]. Asian Spine J, 2014, 8(4): 469-475. DOI: 10.4184/asj.2014.8.4.469.

［3］ MO X, ZHAO S, WEN Z, et al. High prevalence of osteoporosis in patients undergoing spine surgery in China[J]. BMC Geriatr, 2021, 21(1): 361. DOI: 10.1186/s12877-021-02313-8.

［4］ BJERKE B T, ZARRABIAN M, ALEEM I S, et al. Incidence of osteoporosis-related complications following posterior lumbar fusion[J]. Global Spine J, 2018, 8(6): 563-569. DOI: 10.1177/2192568217743727.

［5］ KATZ J N, ZIMMERMAN Z E, MASS H, et al. Diagnosis and management of lumbar spinal stenosis: a review[J]. JAMA, 2022, 327(17): 1688-1699. DOI: 10.1001/jama.2022.5921.

［6］ CHOI D J, CHOI C M, JUNG J T, et al. Learning curve associated with complications in biportal endoscopic spinal surgery: challenges and strategies[J].

Asian Spine J, 2016, 10(4): 624-629. DOI: 10.4184/asj.2016.10.4.624.

［7］ PENG J, LIN R, FANG D, et al. Learning curve insights in unilateral biportal endoscopic (UBE) spinal procedures: proficiency cutoffs and the impact on efficiency and complications[J]. Eur Spine J, 2025, 34(3): 954-973. DOI: 10.1007/s00586-024-08632-9.

［8］ WANG D, YANG J, LIU C, et al. Comparative analysis of endoscopic discectomy for demanding lumbar disc herniation[J]. Sci Rep, 2025, 15: 9098. DOI: 10.1038/s41598-025-91964-3.

［9］ LI C, XU B, ZHAO Y, et al. En bloc resection of the ligamentum flavum for bilateral decompression in unilateral biportal endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion: a 2-year follow-up study[J]. J Orthop Surg Res, 2024, 19(1): 815. DOI: 10.1186/s13018-024-05317-3.

［10］ LI T, JIANG Q, ZHONG W, et al. One-hole split endoscope versus unilateral biportal endoscopy for lumbar spinal stenosis: a retrospective propensity score study[J]. J Orthop Surg Res, 2024, 19(1): 254. DOI: 10.1186/s13018-024-04743-7.

［11］ MCDONNELL P, MCHUGH P E, O'MAHONEY D. Vertebral osteoporosis and trabecular bone quality[J]. Ann Biomed Eng, 2007, 35(2): 170-189. DOI: 10.1007/s10439-006-9239-9.

［12］ GROSS J B. Estimating allowable blood loss: corrected for dilution[J]. Anesthesiology, 1983, 58(3): 277-280. DOI: 10.1097/00000542-198303000-00016.

［13］ NADLER S B, HIDALGO J H, BLOCH T. Prediction of blood volume in normal human adults[J]. Surgery, 1962, 51(2): 224-232.

［14］ HJERMSTAD M J, FAYERS P M, HAUGEN D F, et al. Studies comparing numerical rating scales, verbal rating scales, and visual analogue scales for assessment of pain intensity in adults: a systematic literature review[J]. J Pain Symptom Manage, 2011, 41(6): 1073-1093. DOI: 10.1016/j.jpainsymman.2010.08.016.

［15］ FAIRBANK J C, PYNSENT P B. The Oswestry disability index[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2000, 25(22): 2940-2952;discussion2952. DOI: 10.1097/00007632-200011150-00017.

［16］ BROOKS R. EuroQol: the current state of play[J]. Health Policy, 1996, 37(1): 53-72. DOI: 10.1016/0168-8510(96)00822-6.

［17］ ZOU D, JIANG S, ZHOU S, et al. Prevalence of osteoporosis in patients undergoing lumbar fusion for lumbar degenerative diseases: a combination of DXA and Hounsfield units[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2020, 45(7): E406-E410. DOI: 10.1097/BRS.0000000000003284.

［18］ LI J, YIN J, LIU J, et al. Comparison of unilateral biportal endoscopy decompression and microscopic decompression effectiveness in lumbar spinal stenosis treatment: a systematic review and meta-analysis[J]. Asian Spine J, 2023, 17(2): 418-430. DOI: 10.31616/asj.2021.0527.

［19］ ZHOU H, WANG X, CHEN Z, et al. Unilateral biportal endoscopy versus microscopic decompression in the treatment of lumbar spinal stenosis: a meta-analysis[J]. Medicine (Baltimore), 2023, 102(14): e32756. DOI: 10.1097/MD.0000000000032756.

［20］ PEREZ-ROMAN R J, GAZTANAGA W, LU V M, et al. Endoscopic decompression for the treatment of lumbar spinal stenosis: an updated systematic review and meta-analysis[J]. J Neurosurg Spine, 2021, 36(4): 549-557. DOI: 10.3171/2021.8.SPINE21890.

［21］ ZHENG B, XU S, GUO C, et al. Efficacy and safety of unilateral biportal endoscopy versus other spine surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. Front Surg, 2022, 9: 911914. DOI: 10.3389/fsurg.2022.911914.

［22］ IMAJO Y, TAGUCHI T, NEO M, et al. Complications of spinal surgery for elderly patients with lumbar spinal stenosis in a super-aging country: an analysis of 8 033 patients[J]. J Orthop Sci, 2017, 22(1): 10-15. DOI: 10.1016/j.jos.2016.08.014.

［**本文编辑**］　杨亚红