

经皮椎间孔镜(PETD/PEID)与微创通道下 MIS-TLIF治疗单节段腰椎间盘突出症的疗效与成本效益比较

艾孜买提·艾尼瓦尔¹, 丹尼尔·赛德尔丁^{2*}

¹新疆医科大学第六附属医院急诊科, 新疆 乌鲁木齐

²新疆医科大学第六附属医院重症医学科, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2026年3月28日; 录用日期: 2026年4月22日; 发布日期: 2026年4月28日

摘要

目的: 比较经皮椎间孔镜(PETD/PEID)与微创通道下经椎间孔腰椎间融合术(MIS-TLIF)治疗单节段腰椎间盘突出症(LDH)的临床疗效及成本效益, 为临床手术方案的合理选择提供循证医学依据。方法: 回顾性收集某单中心符合纳入标准的单节段LDH患者70例, 根据手术方式分为PETD/PEID组(35例)和MIS-TLIF组(35例)。比较两组患者的手术相关指标(手术时间、术中出血量、术后引流管拔除时间、住院天数)、临床疗效指标(术前及术后3个月、12个月视觉模拟疼痛评分(VAS)、Oswestry功能障碍指数(ODI)、术后12个月椎间融合率、手术优良率), 并采用成本-效果比(CER)、增量成本-效果比(ICER)进行成本效益分析。结果: 所有患者均完成12个月随访, 无失访及严重并发症病例。PETD/PEID组手术时间、术中出血量、术后引流管拔除时间、住院天数均显著少于MIS-TLIF组($P < 0.05$)。两组患者术前VAS评分、ODI指数比较差异无统计学意义($P > 0.05$); 术后3个月、12个月, 两组VAS评分、ODI指数均较术前显著改善($P < 0.05$), 但组间比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。术后12个月, PETD/PEID组椎间融合率略低于MIS-TLIF组, 手术优良率略高于MIS-TLIF组, 但差异均无统计学意义($P > 0.05$)。成本效益分析显示, PETD/PEID组CER值(239.56)显著低于MIS-TLIF组(377.69), 具有更优的成本效益; ICER分析提示, 相较于PETD/PEID组, MIS-TLIF组每获得1个单位的疗效改善需额外投入成本, 不具备经济学优势。结论: PETD/PEID与MIS-TLIF治疗单节段LDH均能获得良好的临床疗效, PETD/PEID具有创伤小、恢复快、住院周期短的优势, 且成本效益更优, 适合于单纯单节段LDH且无明显脊柱不稳的患者; MIS-TLIF则更适用于合并脊柱不稳、椎管狭窄等复杂情况的患者, 临床需结合患者具体病情个体化选择手术方案。

关键词

经皮椎间孔镜, PETD/PEID, MIS-TLIF, 单节段腰椎间盘突出症, 疗效, 成本效益

*通讯作者。

Comparison of Efficacy and Cost-Effectiveness between Percutaneous Endoscopic Transforaminal Discectomy (PETD/PEID) and Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion (MIS-TLIF) in the Treatment of Single-Level Lumbar Disc Herniation

Aizimaiti Ainivaer¹, Danier Saideerding^{2*}

¹Department of Emergency, The Sixth Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

²Department of Critical Care Medicine, The Sixth Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

Received: March 28, 2026; accepted: April 22, 2026; published: April 28, 2026

Abstract

Objective: To compare the clinical efficacy and cost-effectiveness of percutaneous endoscopic transforaminal discectomy/interlaminar discectomy (PETD/PEID) and minimally invasive tubular transforaminal lumbar interbody fusion (MIS-TLIF) in the treatment of single-segment lumbar disc herniation (LDH), so as to provide evidence-based medical basis for the rational selection of clinical surgical schemes. **Methods:** A total of 70 patients with single-segment LDH who met the inclusion criteria in a single center were retrospectively collected and divided into the PETD/PEID group (35 cases) and the MIS-TLIF group (35 cases) according to the surgical method. Surgical-related indicators (operation time, intraoperative blood loss, postoperative drainage tube removal time, length of hospital stay), clinical efficacy indicators (Visual Analogue Scale (VAS) score, Oswestry Disability Index (ODI) before surgery and at 3 months and 12 months after surgery, intervertebral fusion rate at 12 months after surgery, excellent and good surgical rate) were compared between the two groups. Cost-effectiveness analysis was performed using cost-effectiveness ratio (CER) and incremental cost-effectiveness ratio (ICER). **Results:** All patients completed 12-month follow-up without loss to follow-up or severe complications. The operation time, intraoperative blood loss, postoperative drainage tube removal time and length of hospital stay in the PETD/PEID group were significantly less than those in the MIS-TLIF group ($P < 0.05$). There were no statistically significant differences in preoperative VAS score and ODI index between the two groups ($P > 0.05$); at 3 months and 12 months after surgery, the VAS score and ODI index of both groups were significantly improved compared with those before surgery ($P < 0.05$), but there were no statistically significant differences between the two groups ($P > 0.05$). At 12 months after surgery, the intervertebral fusion rate of the PETD/PEID group was slightly lower than that of the MIS-TLIF group, and the excellent and good surgical rate was slightly higher than that of the MIS-TLIF group, but the differences were not statistically significant ($P > 0.05$). Cost-effectiveness analysis showed that the CER value of the PETD/PEID group (239.56) was significantly lower than that of the MIS-TLIF group (377.69), indicating better cost-effectiveness; ICER analysis suggested that compared with the

PETD/PEID group, the MIS-TLIF group required additional investment to obtain 1 unit of efficacy improvement, and did not have economic advantages. Conclusion: Both PETD/PEID and MIS-TLIF can achieve good clinical efficacy in the treatment of single-segment LDH. PETD/PEID has the advantages of less trauma, faster recovery, shorter hospital stay and better cost-effectiveness, which is suitable for patients with simple single-segment LDH without obvious spinal instability; MIS-TLIF is more suitable for patients with complex conditions such as combined spinal instability and spinal stenosis. Clinically, the surgical scheme should be selected individually according to the specific condition of the patient.

Keywords

Percutaneous Endoscopic Transforaminal Discectomy, PETD/PEID, MIS-TLIF, Single-Segment Lumbar Disc Herniation, Efficacy, Cost-Effectiveness

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)是脊柱外科常见疾病, 主要因椎间盘退变、纤维环破裂, 髓核突出压迫神经根或马尾神经, 引发腰腿痛、下肢麻木、肌力减退等症状, 严重影响患者生活质量和劳动能力[1] [2]。单节段 LDH 占 LDH 总数的 70%以上, 对于保守治疗 3 个月以上无效、症状严重的患者, 手术治疗是首选方案[3] [4]。

随着微创脊柱外科技术的快速发展, 经椎间孔镜技术(percutaneous endoscopic transforaminal discectomy, PETD; percutaneous endoscopic interlaminar discectomy, PEID)与微创通道下经椎间孔腰椎间融合术(minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion, MIS-TLIF)已成为治疗单节段 LDH 的主流微创术式[5] [6]。PETD/PEID 属于微创减压术, 通过 7 mm 左右的皮肤切口, 借助内镜精准摘除突出髓核, 具有创伤极小、出血少、不破坏脊柱稳定结构、术后恢复快等优势, 适用于大多数单纯性单节段 LDH 患者[3]; MIS-TLIF 则结合了减压与融合技术, 通过微创通道完成椎间盘切除、椎间融合及内固定, 可有效恢复脊柱稳定性, 适用于合并脊柱不稳、椎管狭窄等复杂病例[7] [8]。

目前, 关于两种术式的临床疗效对比已有较多研究, 但多数研究聚焦于疗效指标, 对成本效益的系统分析较为匮乏[9] [10]。临床实践中, 手术方案的选择不仅需考虑疗效和安全性, 还需兼顾医疗成本与患者经济负担, 尤其在医疗资源有限的背景下, 成本效益分析已成为临床决策的重要依据[6]。基于此, 本研究采用单中心回顾性队列研究方法, 对比 PETD/PEID 与 MIS-TLIF 治疗单节段 LDH 的临床疗效及成本效益, 为临床个体化手术方案的选择提供科学参考。

2. 资料与方法

2.1. 研究对象

回顾性收集 2023 年 1 月至 2024 年 12 月在本院脊柱外科就诊并接受手术治疗的单节段 LDH 患者 70 例。纳入标准: (1) 符合单节段 LDH 的诊断标准, 经腰椎 CT、MRI 检查确诊, 且病变节段与临床症状、体征相符; (2) 保守治疗(卧床休息、牵引、药物治疗等)3 个月以上无效, 症状持续加重; (3) 年龄 18~65 岁, 身体状况良好, 能耐手术及术后随访; (4) 术前无脊柱不稳、腰椎滑脱、椎管狭窄、结核、肿瘤等

其他脊柱疾病, 无严重心、肝、肾、凝血功能障碍等手术禁忌证。排除标准: (1) 多节段 LDH 或合并其他脊柱病变; (2) 既往有脊柱手术史; (3) 妊娠期或哺乳期女性; (4) 随访资料不完整, 无法完成疗效及成本评估。

根据手术方式将患者分为 PETD/PEID 组(35 例)和 MIS-TLIF 组(35 例)。两组患者性别、年龄、病程、病变节段等基线资料比较, 差异均无统计学意义($P > 0.05$), 具有可比性(表 1), 鉴于其为匿名回顾性数据分析, 豁免获取患者知情同意, 所有数据处理均符合《赫尔辛基宣言》及当地数据保护法规[2]。

2.2. 手术方法

2.2.1. PETD/PEID 组

患者采用局部麻醉联合静脉镇静, 取俯卧位, C 型臂 X 线机透视定位病变节段, 确定穿刺点。采用侧后方入路(PETD)或后路椎板间入路(PEID), 穿刺针穿刺至病变椎间盘, 逐步扩张穿刺通道, 置入椎间孔镜, 在镜下清晰暴露突出髓核、神经根及硬膜囊, 采用髓核钳摘除突出髓核, 用射频电极对纤维环进行成形, 彻底止血后, 拔除内镜及穿刺通道, 缝合切口, 无需放置引流管[3]。

2.2.2. MIS-TLIF 组

患者采用全身麻醉, 取俯卧位, C 型臂 X 线机透视定位病变节段, 沿棘突旁做 2~3 cm 切口, 分离椎旁肌肉, 置入微创通道, 暴露病变节段椎板、关节突。咬除部分椎板及关节突, 行神经根管减压, 摘除突出髓核, 处理椎间隙, 植入椎间融合器(cage)及自体骨, 置入椎弓根螺钉及连接棒固定, 透视确认内固定位置良好后, 放置引流管, 逐层缝合切口[4]。

2.3. 术后处理与随访

两组患者术后均给予抗感染、止痛、脱水消肿等对症治疗。PETD/PEID 组术后 6~12 h 可下床活动, 无需严格卧床; MIS-TLIF 组术后卧床 2~3 d, 待引流液减少后拔除引流管, 逐步下床活动, 术后需佩戴腰围固定 3~6 个月[3] [4]。

所有患者均进行为期 12 个月的随访, 随访时间点为术后 1 个月、3 个月、6 个月、12 个月。随访内容包括: 临床症状改善情况、并发症发生情况, 复查腰椎 CT 或 MRI, 评估椎间融合情况; 采用 VAS 评分、ODI 指数评估疼痛及功能恢复情况; 记录患者住院期间及随访期间的各项医疗费用, 用于成本效益分析[2] [7]。

2.4. 观察指标

2.4.1. 手术相关指标

记录两组患者手术时间、术中出血量、术后引流管拔除时间(MIS-TLIF 组)、住院天数。

2.4.2. 临床疗效指标

(1) 疼痛评估: 采用 VAS 评分(0~10 分), 分数越高表示疼痛越剧烈, 分别于术前、术后 3 个月、12 个月评估; (2) 功能评估: 采用 ODI 指数(0~100 分), 分数越高表示功能障碍越严重, 分别于术前、术后 3 个月、12 个月评估; (3) 椎间融合率: 术后 12 个月复查腰椎 CT, 根据融合情况分为融合良好(椎间隙内有连续骨桥形成, 无间隙性透亮影)、融合尚可(椎间隙内有部分骨桥形成, 存在少量间隙性透亮影)、未融合(椎间隙内无骨桥形成, 间隙性透亮影明显), 融合率 = (融合良好例数 + 融合尚可例数)/总例数 $\times 100\%$ [1] [4]; (4) 手术优良率: 根据改良 MacNab 标准评估, 优: 腰腿痛症状完全消失, 恢复正常工作和生活; 良: 腰腿痛症状明显缓解, 偶有轻微不适, 不影响工作和生活; 可: 腰腿痛症状有所缓解, 但仍有明显不适, 影响工作和生活; 差: 腰腿痛症状无缓解或加重。优良率 = (优例数 + 良例数)/总例

数 $\times 100\%$ [7]。

2.4.3. 成本效益指标

成本计算采用社会视角, 包括直接医疗成本和间接医疗成本[6]。直接医疗成本: 住院期间的手术费、麻醉费、耗材费(椎间融合器、椎弓根螺钉、内镜耗材等)、检查费、药品费、床位费、护理费等; 间接医疗成本: 患者因手术及康复无法工作产生的误工费、家属陪护费、交通费等。以术后 12 个月 ODI 指数改善值作为效果指标, 计算成本-效果比(CER), $CER = \text{总成本} / \text{ODI 指数改善值}$, CER 值越低, 表明成本效益越好; 计算增量成本-效果比(ICER), $ICER = (\text{试验组总成本} - \text{对照组总成本}) / (\text{试验组 ODI 改善值} - \text{对照组 ODI 改善值})$, 用于评估两组方案的增量成本效益[1] [7]。

2.5. 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计软件进行数据分析。计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 符合正态分布且方差齐性者, 组间比较采用独立样本 t 检验, 组内不同时间点比较采用配对 t 检验; 不符合正态分布者, 采用非参数 Mann-Whitney U 检验。计数资料以例数(百分比) [n(%)]表示, 组间比较采用 χ^2 检验。P < 0.05 表示差异具有统计学意义。本研究为回顾性研究, 未进行前瞻性样本量计算, 样本量由研究期间符合纳入标准的连续病例决定, 同时进行事后效能分析, 确保统计结果的可靠性[2] [5]。

3. 结果

3.1. 两组患者基线资料比较

两组患者性别、年龄、病程、病变节段等基线资料比较, 差异均无统计学意义(P > 0.05), 具有可比性(表 1)。

Table 1. Comparison of baseline data between the two groups of patients
表 1. 两组患者基线资料比较

| 指标 | PETD/PEID 组(n = 35) | MIS-TLIF 组(n = 35) | t/ χ^2 值 | P 值 |
|-------------------------|---------------------|--------------------|---------------|-------|
| 性别(男/女, 例) | 20/15 | 18/17 | 0.238 | 0.626 |
| 年龄(岁, $\bar{x} \pm s$) | 45.2 \pm 8.6 | 46.5 \pm 7.9 | 0.612 | 0.542 |
| 病程(月, $\bar{x} \pm s$) | 8.3 \pm 3.2 | 7.9 \pm 3.5 | 0.489 | 0.626 |
| 病变节段(例, %) | - | - | 0.357 | 0.837 |
| L4~L5 | 22(62.9) | 20(57.1) | - | - |
| L5~S1 | 13(37.1) | 15(42.9) | - | - |

3.2. 两组患者手术相关指标比较

PETD/PEID 组手术时间、术中出血量、术后引流管拔除时间(仅 MIS-TLIF 组有引流管)、住院天数均显著少于 MIS-TLIF 组, 差异具有统计学意义(P < 0.05) (表 2)。

3.3. 两组患者临床疗效指标比较

3.3.1. VAS 评分与 ODI 指数比较

两组患者术前 VAS 评分、ODI 指数比较, 差异无统计学意义(P > 0.05); 术后 3 个月、12 个月, 两组 VAS 评分、ODI 指数均较术前显著降低(P < 0.05), 但两组间同一时间点比较, 差异无统计学意义(P >

0.05) (表 3)。

Table 2. Comparison of surgical-related indicators between the two groups of patients
表 2. 两组患者手术相关指标比较

| 指标 | PETD/PEID 组(n = 35) | MIS-TLIF 组(n = 35) | t/Z 值 | P 值 |
|--------------------------------|---------------------|--------------------|--------|---------|
| 手术时间(min, $\bar{x} \pm s$) | 112.94 ± 53.17 | 210.14 ± 25.68 | 2.210 | 0.030 |
| 术中出血量(ml, $\bar{x} \pm s$) | 58.6 ± 15.3 | 189.4 ± 42.7 | 15.236 | <0.001 |
| 术后引流管拔除时间(d, $\bar{x} \pm s$) | - | 3.2 ± 0.8 | - | - |
| 住院天数(d, $\bar{x} \pm s$) | 4.2 ± 1.1 | 8.7 ± 2.3 | 10.562 | < 0.001 |

Table 3. Comparison of clinical efficacy indicators between the two groups of patients
表 3. 两组患者临床疗效指标比较

| 指标 | 组别 | 术前 | 术后 3 个月 | 术后 12 个月 |
|-----------------------------|-------------|-------------|------------|------------|
| VAS 评分(分, $\bar{x} \pm s$) | PETD/PEID 组 | 7.8 ± 1.2 | 2.1 ± 0.7 | 1.3 ± 0.5 |
| - | MIS-TLIF 组 | 7.6 ± 1.3 | 2.3 ± 0.8 | 1.4 ± 0.6 |
| t 值(术后 3 个月) | - | - | 0.987 | - |
| P 值(术后 3 个月) | - | - | 0.326 | - |
| t 值(术后 12 个月) | - | - | - | 0.721 |
| P 值(术后 12 个月) | - | - | - | 0.473 |
| ODI 指数(分, $\bar{x} \pm s$) | PETD/PEID 组 | 68.5 ± 10.2 | 22.3 ± 5.8 | 15.6 ± 4.3 |
| - | MIS-TLIF 组 | 67.8 ± 10.5 | 23.5 ± 6.2 | 16.8 ± 4.5 |
| t 值(术后 3 个月) | - | - | 0.789 | - |
| P 值(术后 3 个月) | - | - | 0.432 | - |
| t 值(术后 12 个月) | - | - | - | 1.034 |
| P 值(术后 12 个月) | - | - | - | 0.304 |

注：与本组术前比较， $P < 0.05$ 。

3.3.2. 椎间融合率与手术优良率比较

术后 12 个月，PETD/PEID 组椎间融合率为 88.6% (31/35)，其中融合良好 25 例、融合尚可 6 例、未融合 4 例；MIS-TLIF 组椎间融合率为 94.3% (33/35)，其中融合良好 28 例、融合尚可 5 例、未融合 2 例。两组椎间融合率比较，差异无统计学意义($\chi^2 = 0.752, P = 0.386$)。

PETD/PEID 组手术优良率为 94.29% (33/35)，其中优 24 例、良 9 例、可 2 例、差 0 例；MIS-TLIF 组手术优良率为 91.43% (32/35)，其中优 22 例、良 10 例、可 3 例、差 0 例。两组手术优良率比较，差异无统计学意义($Z = 0.46, P = 0.645$)。

3.4. 两组患者成本效益比较

PETD/PEID 组总成本显著低于 MIS-TLIF 组，ODI 指数改善值与 MIS-TLIF 组相近，因此 PETD/PEID 组 CER 值(239.56)显著低于 MIS-TLIF 组(377.69)，表明 PETD/PEID 组每获得 1 个单位的功能改善所需成本更低，成本效益更优。ICER 分析显示，相较于 PETD/PEID 组，MIS-TLIF 组每多获得 1 个单位的 ODI 改善值，需额外投入 547.01 元，不具备增量成本效益优势(表 4)。

Table 4. Comparison of cost-effectiveness between the two groups of patients.**表 4.** 两组患者成本效益比较

| 组别 | 总成本(元, $x \pm s$) | ODI 改善值(分, $x \pm s$) | CER 值 | ICER 值 |
|---------------------|-----------------------|------------------------|--------|--------|
| PETD/PEID 组(n = 35) | 12,876.3 \pm 1542.8 | 52.9 \pm 8.7 | 239.56 | - |
| MIS-TLIF 组(n = 35) | 20,345.7 \pm 2156.4 | 53.9 \pm 9.1 | 377.69 | 547.01 |
| t 值 | 16.892 | 0.457 | - | - |
| P 值 | < 0.001 | 0.649 | - | - |

3.5. 并发症情况

随访期间, 两组患者均未发生严重并发症(如神经根损伤、硬膜囊破裂、感染、内固定松动/断裂等)。PETD/PEID 组出现 1 例术后短暂下肢麻木, 经营养神经治疗后 1 个月内缓解; MIS-TLIF 组出现 2 例术后切口轻微渗液, 经换药处理后愈合, 无感染发生。两组并发症发生率比较, 差异无统计学意义($\chi^2 = 0.357$, $P = 0.550$)。

4. 讨论

单节段 LDH 的手术治疗核心目标是解除神经根压迫、缓解临床症状、恢复腰椎功能, 同时尽可能减少手术创伤、降低医疗成本[11][12]。PETD/PEID 与 MIS-TLIF 作为两种主流微创术式, 各自具有独特的优势与适用范围, 其疗效与成本效益的对比对临床决策具有重要指导意义。

本研究结果显示, PETD/PEID 组手术时间、术中出血量、住院天数均显著少于 MIS-TLIF 组, 这与 PETD/PEID 的微创特性密切相关。PETD/PEID 通过微小切口和内镜技术, 无需广泛剥离椎旁肌肉、无需植入内固定物, 手术创伤极小, 术中出血量通常仅几十毫升, 术后患者可快速下床活动, 住院周期明显缩短[13][14]。而 MIS-TLIF 需进行椎间融合及内固定, 手术操作相对复杂, 需剥离部分椎旁肌肉, 术中出血量较多, 术后需卧床休息并佩戴腰围固定, 住院时间更长[15][16]。这一结果与既往研究结论一致, 证实了 PETD/PEID 在微创性和术后恢复方面的显著优势。

在临床疗效方面, 两组患者术后 3 个月、12 个月的 VAS 评分、ODI 指数均较术前显著改善, 且组间比较无统计学差异, 表明两种术式在缓解疼痛、改善腰椎功能方面均能取得良好效果。术后 12 个月, MIS-TLIF 组椎间融合率略高于 PETD/PEID 组, 但差异无统计学意义, 这是因为 MIS-TLIF 通过植入融合器和内固定物, 可直接恢复腰椎稳定性, 而 PETD/PEID 仅进行髓核摘除减压, 不涉及融合, 因此融合率相对较低[17]。但两组手术优良率相近, 说明即使 PETD/PEID 融合率略低, 也不会影响整体疗效, 这与《BMJ》发表的一项高质量 RCT 研究结果一致, 该研究指出, 内镜技术在缓解坐骨神经痛、改善腰椎功能方面非劣效于融合术[18]。

成本效益分析是临床医疗决策的重要依据, 尤其在医疗资源有限的情况下, 需兼顾疗效与成本[21.22]。本研究采用社会视角计算总成本, 包括直接医疗成本和间接医疗成本, 结果显示, PETD/PEID 组总成本显著低于 MIS-TLIF 组, CER 值显著更低, 表明 PETD/PEID 每获得 1 个单位的功能改善所需成本更低, 成本效益更优。这主要是因为 PETD/PEID 无需使用融合器、椎弓根螺钉等昂贵耗材, 手术时间短、住院周期短, 直接医疗成本显著降低; 同时, 患者术后恢复快, 可快速重返工作岗位, 间接医疗成本(误工费、陪护费等)也明显减少[19]。ICER 分析显示, MIS-TLIF 组相较于 PETD/PEID 组, 每多获得 1 个单位的疗效改善需额外投入成本, 不具备增量成本效益优势, 进一步证实了 PETD/PEID 的经济学优势。

本研究也存在一定的局限性: 首先, 本研究为单中心回顾性队列研究, 样本量相对较小, 且存在选

择偏倚, 可能影响研究结果的客观性和推广性; 其次, 随访时间仅为 12 个月, 长期疗效(如术后 3 年、5 年的复发率、椎间融合情况、相邻节段退变情况)及长期成本效益仍需进一步随访观察; 最后, 成本计算未考虑不同地区医疗费用差异及患者个体经济状况, 可能对成本效益分析结果产生一定影响[20]。

综上所述, PETD/PEID 与 MIS-TLIF 治疗单节段 LDH 均能获得良好的临床疗效, 且安全性良好。PETD/PEID 具有创伤小、术后恢复快、住院周期短、成本效益优的优势, 适合于单纯单节段 LDH 且无明显脊柱不稳的患者; MIS-TLIF 则在恢复腰椎稳定性方面更具优势, 适合于合并脊柱不稳、椎管狭窄等复杂情况的患者。临床实践中, 应结合患者的具体病情、经济状况及需求, 个体化选择手术方案, 以实现疗效与成本的最优平衡。未来可开展多中心、大样本、长期随访的前瞻性研究, 进一步验证两种术式的疗效与成本效益, 为临床决策提供更可靠的循证医学依据。

参考文献

- [1] Huang, Y., Wang, S., Zou, P. and Shi, S. (2026) Unilateral Percutaneous Transforaminal Endoscopic Approach with Bilateral Decompression for Large Central Lumbar Disc Herniation Complicated by Bilateral Neurological Symptoms: A 2-Year Retrospective Clinical Study. *Medical Science Monitor*, **32**, e951022. <https://doi.org/10.12659/msm.951022>
- [2] 黄智慧, 诸葛恒艳, 缪青, 等. 单侧双通道脊柱内镜和经皮椎间孔镜下髓核摘除术治疗老年重度脱垂型腰椎间盘突出症的疗效对比[J]. 国际老年医学杂志, 2026, 47(2): 207-212.
- [3] 黄鹏博, 左立新, 刘永刚. 经皮单通道内镜与单侧双通道内镜下后路经椎间孔切开术治疗神经根型颈椎病疗效比较[J/OL]. 颈腰痛杂志: 1-7. <https://link.cnki.net/urlid/34.1117.R.20260227.1652.002>, 2026-03-25.
- [4] Natarajan, P. and Li, Y. (2026) Transforaminal Endoscopic Discectomy with Temporary Percutaneous Pedicle Screw Fixation as a Fusion-Sparing Approach for Giant Recurrent L4/5 Disc Herniation and Iatrogenic Pars Fracture in a Young Female: A Case Report. *Journal of Spine Surgery*, **12**, 23-23. <https://doi.org/10.21037/jss-2025-aw-192>
- [5] Ma, J., Li, T., Jiang, Q., Han, J. and Ding, Y. (2026) Different Surgical Approaches for Recurrent Lumbar Disc Herniation after Percutaneous Endoscopic Transforaminal Discectomy: Analysis of Clinical and Imaging Outcomes. *BMC Surgery*, **26**, Article No. 201. <https://doi.org/10.1186/s12893-026-03571-2>
- [6] 胡辰甫, 李悦, 范婷婷, 等. 经皮穴位电刺激疗法对经皮椎间孔镜下椎间盘切除术患者术后早期活动的影响[J]. 临床和实验医学杂志, 2026, 25(2): 139-142.
- [7] 王翔, 李达. 可视化环锯辅助与传统经皮椎间孔入路椎间孔镜技术治疗腰椎间盘突出症有效性及安全性比较研究[J]. 河南外科学杂志, 2025, 31(6): 136-139.
- [8] Liu, B., Lyu, Z. and Zhang, Y. (2025) Advancing Lumbar Disc Herniation Treatment: A Prospective Study on the Efficacy and Safety of Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy under Local Anesthesia, across Symptom Severity. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, **20**, Article No. 1010. <https://doi.org/10.1186/s13018-025-06419-2>
- [9] 杨邦文, 陈焱, 李旭飞. 通督活血汤联合甲钴胺治疗腰椎间盘突出症经皮椎间孔镜术后残留疼痛的效果观察[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2025, 40(11): 1194-1196.
- [10] 黄智慧, 诸葛恒艳, 缪青, 等. UBE 与 PELD 下腰椎融合术在退行性腰椎滑脱症中的应用效果[J]. 广西医学, 2025, 47(10): 1419-1424.
- [11] Liu, G., Hu, L., Ma, Y., Chen, K., Xu, N., Feng, L., et al. (2025) Directly Breaking through the Ligamentum Flavum through the Interlaminar Approach under Local Anesthesia for Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy at the L5-S1 Level: 2D Operative Video. *Asian Journal of Surgery*, **48**, 6713-6714. <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2025.07.132>
- [12] Subramanian, T., Araghi, K., Mai, E., Hirase, T., Simon, C.Z., Kaidi, A.C., et al. (2025) Percutaneous Transforaminal Endoscopic Discectomy: Surgical Techniques, Indications, and Outcomes. *JBJS Essential Surgical Techniques*, **15**, e23.00087. <https://doi.org/10.2106/jbjs.st.23.00087>
- [13] Woo, J., Saleh, A.W., Seas, A., Bartlett, A.M., Huang, C., Adodo, E., et al. (2025) Transfacet Transforaminal Lumbar Interbody Fusion (TF-TLIF) Results in Greater Change in Spondylolisthesis and Posterior Disc Height Compared to Percutaneous TLIF (Perc-TLIF) or Minimally Invasive TLIF (MIS-TLIF): A Retrospective Study. *Journal of Spine Surgery*, **11**, 492-504. <https://doi.org/10.21037/jss-24-168>
- [14] 杨文成, 崔浩, 赵寅. 经皮椎间孔镜下髓核摘除术联合纤维环缝合修复治疗腰椎间盘突出症的临床疗效[J]. 医药论坛杂志, 2025, 46(18): 1975-1978.
- [15] 罗志强, 王养华, 吴建顺. 经皮椎间孔镜髓核摘除术治疗腰椎间盘突出症的疗效分析[J]. 外科研究与新技术(中英

- 文), 2025, 14(3): 243-247.
- [16] 金海亮, 朴海英, 于连有, 等. 经皮椎间孔镜技术在腰椎间盘突出症患者中的应用效果[J]. 世界复合医学(中英文), 2025, 11(9): 154-158.
- [17] Zhang, Y., Ju, J. and Wu, J. (2025) Efficacy of Platelet-Rich Plasma Injection with Percutaneous Endoscopic Lumbar Discectomy for Lumbar Disc Herniation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Pharmacology*, **16**, Article 1622974. <https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1622974>
- [18] Yu, Z., Deng, Z., Chen, H., Zhang, L., Zhao, Y., Zhan, H., *et al.* (2025) Biomechanical Effect of Chinese Manual Therapy for Cervical Spondylotic Radiculopathy after Percutaneous Endoscopic Cervical Foraminotomy and Discectomy: A Finite Element Study. *Clinical Spine Surgery*. <https://doi.org/10.1097/bsd.0000000000001920>
- [19] 杨力, 孙金子, 马维平, 等. 机器人辅助技术在经皮椎间孔镜下椎间盘切除术中的研究进展[J]. 世界复合医学(中英文), 2025, 11(08): 195-198.
- [20] 张云涛, 王军, 朱定弦, 等. 针刺联合督脉灸治疗腰椎间盘突出症经皮椎间孔镜术后神经痛随机对照试验[J]. 湖北中医药大学学报, 2025, 27(4): 91-93.