

· 文献研究 ·

# 可视化环锯技术辅助经皮椎间孔入路内镜下椎间盘切除术 治疗腰椎间盘突出症有效性与安全性的 Meta 分析

杨磊<sup>1</sup>, 陈锋<sup>2</sup>, 吴晓飞<sup>2</sup>, 刘宁<sup>3</sup>

- (1. 广西中医药大学研究生院, 广西 南宁 530001;
2. 广西中医药大学附属瑞康医院, 广西 南宁 530011;
3. 广西骨伤医院, 广西 南宁 530012)

**摘要 目的:**系统评价可视化环锯辅助经皮椎间孔入路内镜下椎间盘切除术(percutaneous endoscopic transforaminal discectomy, PETD)治疗腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)的有效性和安全性。**方法:**检索中国知网、万方数据库、维普网、中国生物医学文献服务系统、PubMed、Embase、Cochrane Library 中比较可视化环锯和传统环锯辅助 PETD 治疗 LDH 有效性和安全性的随机对照试验和回顾性临床研究文献,检索时限为数据库建库至 2023 年 11 月 30 日。由 2 名研究人员独立筛选文献、提取数据并评价纳入研究的文献质量后,采用 RevMan5.3 软件进行 Meta 分析。**结果:**共纳入 10 项研究,其中随机对照试验 2 项、回顾性临床研究 8 项;共涉及 756 例患者,其中可视化环锯组 377 例、传统环锯组 379 例。Meta 分析结果显示,与传统环锯组相比,可视化环锯组手术时间更短[MD = -10.40, 95% CI (-12.08, -8.71), P = 0.000]、术中 X 线透视次数和术中出血量更少[MD = -6.67, 95% CI (-6.94, -6.40), P = 0.000; MD = -2.22, 95% CI (-3.56, -0.89), P = 0.001]、腿部疼痛缓解更明显[MD = -0.28, 95% CI (-0.43, 0.14), P = 0.000]。2 组 Oswestry 功能障碍指数、腰部疼痛视觉模拟量表评分、日本骨科协会腰痛疾患疗效评分、术后疗效优良率、术后并发症发生率的组间差异均无统计学意义。**结论:**现有的证据表明,相较于传统环锯辅助 PETD,采用可视化环锯辅助 PETD 治疗 LDH,可缩短手术时间、减少术中 X 线透视次数和出血量、减轻腿部疼痛症状。

**关键词** 椎间盘移位;腰椎;椎间盘切除术,经皮;内窥镜检查;可视化环锯;专题 Meta 分析

## Clinical outcomes and safety of visual trephine-assisted percutaneous endoscopic transforaminal discectomy for treatment of lumbar disc herniation: a meta-analysis

YANG Lei<sup>1</sup>, CHEN Feng<sup>2</sup>, WU Xiaofei<sup>2</sup>, LIU Ning<sup>3</sup>

1. Postgraduate College of Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning 530001, Guangxi, China
2. Ruikang Hospital Affiliated to Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning 530011, Guangxi, China
3. Guangxi Orthopaedic Hospital, Nanning 530012, Guangxi, China

**ABSTRACT Objective:** To systematically review the clinical outcomes and safety of visual trephine-assisted percutaneous endoscopic transforaminal discectomy (PETD) in treatment of lumbar disc herniation (LDH). **Methods:** All the randomized controlled trial (RCT) articles and retrospective clinical trial articles about the clinical outcomes and safety of visual trephine versus traditional trephine-assisted PETD for treatment of LDH included from database's inception to November 30, 2023 were retrieved from the China National Knowledge Infrastructure, Wanfang Database, Vip Database, Chinese Biomedical Literature Service System, PubMed, Embase and Cochrane Library. The pertinent articles were screened, the information was extracted and the methodological quality of the included researches in the articles was assessed independently by two researchers, and then a Meta-analysis was conducted by using RevMan5.3 software. **Results:** Ten articles were included in the final analysis, including 2 RCT articles and 8 retrospective clinical trial articles, with 377 patients in visual trephine group and 379 ones in traditional trephine group. The results of Meta-analysis revealed that the operative time was shorter, intraoperative X-ray exposure was fewer, intraoperative blood loss was less, and leg pain relieved more significantly in visual trephine group compared to

基金项目:国家自然科学基金项目(82360936);广西中西医结合骨与关节退行性疾病多学科交叉创新团队项目(GZKJ2310);第七批全国老中医药专家学术经验继承工作项目(国中医药人教函[2022]76号);广西名中医传承工作室建设项目(桂中医药科教发[2021]6号)

通讯作者:陈锋 E-mail:chenfeng2000@163.com

traditional trephine group ( $MD = -10.40, 95\% CI(-12.08, -8.71), P = 0.000; MD = -6.67, 95\% CI(-6.94, -6.40), P = 0.000; MD = -2.22, 95\% CI(-3.56, -0.89), P = 0.001; MD = -0.28, 95\% CI(-0.43, 0.14), P = 0.000$ ), while, there was no statistical difference in Oswestry disability index(ODI), low back pain visual analogue scale(VAS) score, Japanese Orthopedic Association(JOA) low back pain efficacy score, postoperative excellent and good rate of efficacy, as well as postoperative complication incidence rate between the 2 groups. **Conclusion:** Available evidences suggest that, compared to the traditional trephine-assisted PETD, the visual trephine-assisted PETD can shorten the operative time, reduce intraoperative X-ray exposure and blood loss, as well as alleviate the leg pain in treatment of LDH.

**Keywords** intervertebral disc displacement; lumbar vertebrae; discectomy; percutaneous; endoscopy; visual trephine; meta-analysis as topic

腰椎间盘突出症(lumbar disc herniation, LDH)是临床常见病、多发病,是引起腰腿疼痛的最常见原因,易发生于  $L_{4-5}$ 、 $L_5S_1$  节段<sup>[1]</sup>。研究<sup>[2-3]</sup>表明,大部分 LDH 患者通过非手术治疗可取得满意的疗效,但仍有约 20% 的 LDH 患者需进行手术治疗。随着微创技术的发展,经皮椎间孔镜手术作为脊柱微创手术的经典术式,逐渐成为治疗 LDH 的首选术式<sup>[4-10]</sup>。该手术通过逐级使用环锯对关节突进行成形,从而为椎间盘的摘取提供了必要的操作空间。但是,在此过程中需要多次进行 X 线透视,导致医生和患者都暴露于较高剂量的辐射之下。此外,逐级环切的过程并非在直视下进行,增加了刺激和损伤神经的风险。可视化环锯技术可利用特制的环锯工具,在清晰的视觉引导下进行关节突的精准成形,从而可以减少对周围组织的损伤,提高手术效果。目前已有研究者将可视化环锯技术应用于 LDH 的治疗中,但其疗效和安全性尚存争议<sup>[11-15]</sup>。为了进一步明确可视化环锯辅助经皮椎间孔入路内镜下椎间盘切除术(percutaneous endoscopic transforaminal discectomy, PETD)治疗 LDH 的有效性和安全性,本研究采用 Meta 分析的方法对相关文献进行了评价,现报告如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 文献检索

应用计算机检索中国知网、万方数据库、维普网、中国生物医学文献服务系统、PubMed、Embase 及 Cochrane Library,检索时限均为数据库建库至 2023 年 11 月 30 日。中文检索词包括:椎间盘突出、椎间盘脱出、腰痛、椎间孔镜、脊柱内镜、可视、环锯。英文检索词包括:Intervertebral Disc Degeneration、lumbar disc herniation、LDH、percutaneous endoscopic、PELD。根据各数据库特点,采取主题词结合自由词的检索策略进行检索。

### 1.2 文献筛选

由 2 名研究人员经培训后按照纳入和排除标准

独立筛选文献,意见不一致时由第 3 名研究人员协助裁定。

**1.2.1 文献纳入标准** ①研究类型为随机对照试验(randomized controlled trial, RCT)或回顾性临床研究;②研究对象为第 1 次接受手术治疗的单节段 LDH 患者;③可视化环锯组干预措施为可视化环锯辅助 PETD,传统环锯组干预措施为传统环锯辅助 PETD;④结局指标至少包括手术时间、术中 X 线透视次数、术中出血量、Oswestry 功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)<sup>[16]</sup><sup>119-121</sup>、腰部疼痛视觉模拟量表(visual analogue scale, VAS)评分、腿部疼痛 VAS 评分、日本骨科协会(Japanese Orthopedic Association, JOA)腰痛疾患疗效评分<sup>[16]</sup><sup>118-119</sup>、术后疗效优良率(按照改良 Macnab 疗效评价标准评定)、术后并发症发生率中的 1 项。

**1.2.2 文献排除标准** ①研究对象合并其他严重腰椎疾病的文献;②数据不完整或数据无法获取的文献;③灰色文献;④重复发表的文献;⑤非中、英文文献。

### 1.3 数据提取和文献质量评价

由 2 名研究人员独立进行数据提取和文献质量评价,意见不一致时由第 3 名研究人员协助裁定。提取的数据包括第一作者、出版时间、研究类型、样本量、随访时间、随访率、结局指标等信息。采用 Cochrane 偏倚风险评估工具(ROB 2.0)对纳入的 RCT 研究文献进行质量评估,采用纽卡斯尔-渥太华量表(the Newcastle-Ottawa scale, NOS)对纳入的回顾性临床研究文献进行质量评估。

### 1.4 数据统计

采用 RevMan5.3 软件进行 Meta 分析。手术时间、术中 X 线透视次数、术中出血量、Oswestry 功能障碍指数、腰部疼痛 VAS 评分、腿部疼痛 VAS 评分、JOA 腰痛疾患疗效评分均以  $MD$  作为综合效应量,术后优良率、术后并发症发生率均以  $RR$  作为综合效应

量。采用 $\chi^2$  检验和  $I^2$  值判断不同研究之间的异质性,若  $P>0.100$  且  $I^2<50\%$ ,表示纳入合并分析的各研究之间不存在异质性,采用固定效应模型 Meta 分析;若  $P\leq 0.100$  且  $I^2\geq 50\%$ ,表示纳入合并分析的各研究之间存在明显异质性,采用随机效应模型 Meta 分析。Meta 分析检验水准  $\alpha=0.05$ 。

2 结果

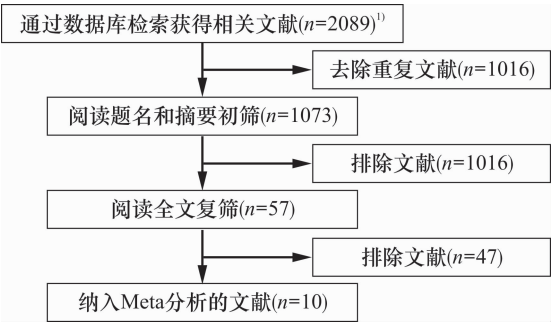
2.1 文献检索和筛选结果

共检索到 2089 篇文献,经过逐层筛选最终纳入 10 篇文献<sup>[1,17-25]</sup>。文献筛选流程见图 1。

2.2 纳入研究的基本特征和文献质量评价结果

纳入的 10 项研究包括 2 项 RCT 和 8 项回顾性临床研究。共涉及 756 例患者,其中可视化环锯组 377 例、传统环锯组 379 例。纳入研究的基本特征见

表 1。纳入研究的 8 项回顾性临床研究文献的质量评价结果见表 2,2 项 RCT 文献的质量评价结果见图 2。



1) 2089 篇文献分别来源于中国知网 ( $n=118$ )、万方数据库 ( $n=85$ )、维普网 ( $n=73$ )、中国生物医学文献服务系统 ( $n=98$ )、PubMed ( $n=892$ )、Embase ( $n=808$ )、Cochrane Library ( $n=15$ )。

图 1 文献筛选流程图

表 1 纳入研究的基本特征

研究	研究类型	样本量/例		随访时间/月	随访率/%	结局指标 <sup>1)</sup>
		可视化环锯组	传统环锯组			
柴大起 2023 <sup>[1]</sup>	随机对照试验	40	40	6	100	①②③④⑤⑥⑦
姬林松 2023 <sup>[17]</sup>	回顾性临床研究	82	91	12	100	①②③④⑥⑦⑧⑨
钟伟建 2023 <sup>[18]</sup>	回顾性临床研究	38	22	12	100	②④⑤⑦
王烨锋 2022 <sup>[19]</sup>	回顾性临床研究	19	24	>7	100	①④⑥⑧⑨
杨扬 2021 <sup>[20]</sup>	回顾性临床研究	42	45	>12	100	④⑥⑦⑧⑨
吴从俊 2021 <sup>[21]</sup>	回顾性临床研究	25	26	>12	100	①②④⑥⑦
李丰 2020 <sup>[22]</sup>	随机对照试验	20	20	>3	100	②④⑦
徐彬 2020 <sup>[23]</sup>	回顾性临床研究	30	33	>12	100	②④⑤⑦
李杰 2019 <sup>[24]</sup>	回顾性临床研究	31	30	12	100	②③④⑤⑥⑦
Qiao 2022 <sup>[25]</sup>	回顾性临床研究	50	48	>12	100	①④⑦

注:1) 中①为手术时间,②为术中 X 线透视次数,③为术中出血量,④为 Oswestry 功能障碍指数,⑤为日本骨科协会腰痛疾患疗效评分,⑥为术后疗效优良率,⑦为术后并发症发生率,⑧为腰部疼痛视觉模拟量表评分,⑨为腿部疼痛视觉模拟量表评分。

表 2 纳入的回顾性临床研究的偏倚风险评价结果

研究	研究人群选择 <sup>1)</sup> /分				研究方法可比性 <sup>2)</sup> /分		暴露或结局评价 <sup>3)</sup> /分			NOS <sup>4)</sup> 总分/分
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	
姬林松 2023	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
钟伟建 2023	1	1	1	1	1	1	0	0	1	7
王烨锋 2022	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8
杨扬 2021	1	1	1	1	1	1	0	0	1	7
吴从俊 2021	1	1	1	1	1	1	0	0	1	7
徐彬 2020	1	1	1	1	1	1	0	0	1	7
李杰 2019	1	1	1	1	1	1	0	0	1	7
Qiao 2022	1	1	1	1	1	1	0	1	1	8

注:1) 中①为暴露组的代表性,②为非暴露组的选择方法,③为暴露因素的确定方法,④为研究开始前尚无观察的结局指标;2) 中⑤为研究控制了主要因素,⑥为研究控制了其他混杂因素;3) 中⑦为结局事件评估,⑧为暴露组和非暴露组的随访是否充足,⑨为随访的完整性;4) 为纽卡斯尔-渥太华量表。

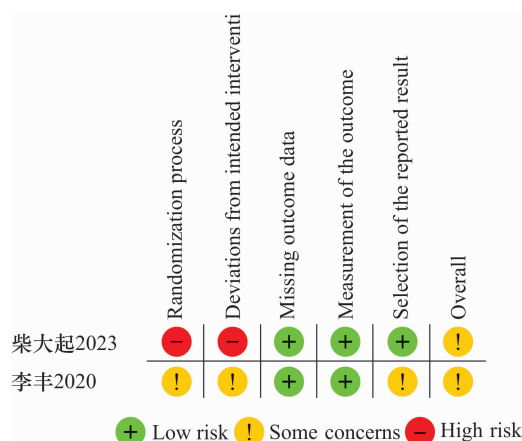


图2 纳入的随机对照试验的偏倚风险评估结果

## 2.3 Meta 分析结果

**2.3.1 手术时间** 5 项研究<sup>[1,17,19,21,25]</sup> 比较了 2 组的手术时间,各项研究间异质性较低,固定效应模型 Meta 分析结果显示,可视化环锯组手术时间短于传统环锯组(表 3)。

**2.3.2 术中 X 线透视次数** 7 项研究<sup>[1,17-18,21-24]</sup> 比较了 2 组的术中 X 线透视次数,各项研究间异质性较低,固定效应模型 Meta 分析结果显示,可视化环锯组术中 X 线透视次数少于传统环锯组(表 3)。

**2.3.3 术中出血量** 3 项研究<sup>[1,17,24]</sup> 比较了 2 组的术中出血量,各项研究间异质性较低,固定效应模型 Meta 分析结果显示,可视化环锯组术中出血量少于传统环锯组(表 3)。

**2.3.4 ODI** 10 项研究<sup>[1,17-25]</sup> 比较了 2 组的 ODI,各项研究间异质性较低,固定效应模型 Meta 分析结果显示,2 组 ODI 的差异无统计学意义(表 3)。

**2.3.5 腰部疼痛 VAS 评分** 3 项研究<sup>[17,19-20]</sup> 比较

了 2 组的腰部疼痛 VAS 评分,各项研究间异质性较低,固定效应模型 Meta 分析结果显示,2 组腰部疼痛 VAS 评分的差异无统计学意义(表 3)。

**2.3.6 腿部疼痛 VAS 评分** 3 项研究<sup>[17,19-20]</sup> 比较了 2 组的腿部疼痛 VAS 评分,各项研究间异质性较低,固定效应模型 Meta 分析结果显示,可视化环锯组腿部疼痛 VAS 评分低于传统环锯组(表 3)。

**2.3.7 JOA 腰痛疾患疗效评分** 4 项研究<sup>[1,18,23-24]</sup> 比较了 2 组的 JOA 腰痛疾患疗效评分,各项研究间异质性较低,固定效应模型 Meta 分析结果显示,2 组 JOA 腰痛疾患疗效评分的差异无统计学意义(表 3)。

**2.3.8 术后疗效优良率** 6 项研究<sup>[1,17,19-21,24]</sup> 比较了 2 组的术后疗效优良率,各项研究间异质性较低,固定效应模型 Meta 分析结果显示,2 组术后疗效优良率的差异无统计学意义(表 3)。

**2.3.9 术后并发症发生率** 9 项研究<sup>[1,17-18,20-25]</sup> 比较了 2 组的术后并发症发生率,各项研究间异质性较低,固定效应模型 Meta 分析结果显示,2 组术后并发症发生率的差异无统计学意义(表 3)。

## 3 讨论

与传统的开放椎间盘切除术相比,PETD 具有手术创伤小、出血量少、住院时间短、术后恢复快、并发症少,以及可在局部麻醉下进行操作等优点<sup>[26]</sup>。目前,该技术已被成功应用于 LDH 的治疗中。然而,值得注意的是,亚洲人群的椎间孔相对较小这一生理特征,有时可能会导致内窥镜在手术过程中难以顺利进入目标区域<sup>[27]</sup>。在创建手术通道时,为了确保操作的安全性,传统的椎间孔镜技术需要频繁进行 X 线透

表3 Meta 分析结果

结局指标	纳入研究数量/项	异质性检验结果		效应模型	Meta 分析结果	
		I <sup>2</sup> 值/%	P 值		MD/RR(95% CI)	P 值
手术时间	5	29	0.22	固定	-10.40(-12.08, -8.71)	0.000
术中 X 线透视次数	7	0	0.45	固定	-6.67(-6.94, -6.40)	0.000
术中出血量	3	49	0.14	固定	-2.22(-3.56, -0.89)	0.001
Oswestry 功能障碍指数	10	0	0.52	固定	0.09(-0.23, 0.41)	0.580
腰部疼痛视觉模拟量表评分	3	0	0.83	固定	-0.07(-0.08, 0.22)	0.380
腿部疼痛视觉模拟量表评分	3	0	0.64	固定	-0.28(-0.43, 0.14)	0.000
日本骨科协会腰痛疾患疗效评分	4	0	0.75	固定	0.33(-0.17, 0.82)	0.200
术后疗效优良率	6	0	1.00	固定	1.02(0.96, 1.07)	0.610
术后并发症发生率	9	17	0.31	固定	0.71(0.31, 1.66)	0.430

注:手术时间、术中 X 线透视次数、术中出血量、Oswestry 功能障碍指数、腰部疼痛视觉模拟量表评分、腿部疼痛视觉模拟量表评分、日本骨科协会腰痛疾患疗效评分的综合效应量均为 MD,术后疗效优良率、术后并发症发生率的综合效应量均为 RR。

视检查,并且要求手术医师具备高超的操作技能和丰富的经验<sup>[28]</sup>。同样,在关节突成形过程中,所使用的环锯在经典术式下也需依赖于医师的丰富经验和影像学指导来逐级扩大通道,直至完成关节突成形。这一过程不仅相对繁琐,还使得患者和医生长时间暴露于射线下,从而增加了潜在的健康风险<sup>[29]</sup>。提高手术安全性和患者满意度,并减少医生和患者在手术过程中的辐射暴露,同时尽可能地简化手术步骤和缩短手术时间,已成为 PETD 技术发展的另一个重要方向。随着内窥镜技术的不断完善及日趋成熟,可视化环锯在脊柱内镜手术中的应用逐渐增多<sup>[30-31]</sup>。目前,可视化环锯技术和传统环锯技术均在临床上被广泛应用。近年来,研究者们针对这 2 种技术的优劣进行了深入的研究<sup>[32-33]</sup>。但是,目前所得结论尚存争议,且缺乏高质量证据的支持。

本研究结果显示:可视化环锯组的手术时间短于传统环锯组,且术中 X 线透视次数也少于传统环锯组。这是因为传统环锯在手术过程中需要反复进行 X 线透视确认定位情况,而可视化环锯技术则是在内镜直视下完成操作,从而可以节省手术时间和减少术中 X 线透视次数。虽然可视化环锯组的术中出血量少于传统环锯组,但是由于经皮椎间孔镜手术需要在持续的生理盐水灌注下以保持手术视野的清晰度,这导致术中出血量的准确统计存在一定难度。因此,关于可视化环锯组在减少术中出血量方面的优势,尚需进一步的研究和验证。另外,值得注意的是,内窥镜手术中的少量出血一般不会对人体造成不良影响<sup>[34]</sup>。2 组的 ODI、JOA 腰痛疾患疗效评分、腰部疼痛 VAS 评分、术后优良率的差异均无统计学意义。这表明,在改善腰椎功能和缓解腰痛等方面,传统环锯技术与可视化环锯技术的疗效相当。但是,可视化环锯组的腿部疼痛 VAS 评分低于传统环锯组。这一结果可能归因于可视化环锯技术允许在直视下操作,从而减少了手术过程中对神经根的刺激和潜在损伤。但值得注意的是,本研究仅纳入了 4 篇关于比较腿部疼痛 VAS 评分的研究,样本量较小,且均为回顾性临床研究,因此其结论的说服力尚显不足。虽然 2 组术后并发症发生率的差异无统计学意义,但是在纳入的研究<sup>[17,23-24]</sup>中,传统环锯组有患者出现了下肢神经根支配区域皮肤的麻木和感觉功能障碍的病例,这间接证明了可视化环锯技术在降低出口神经根损伤风

险方面具有明显优势。

本研究存在以下不足:①纳入的研究多为回顾性临床研究,RCT 较少,证据质量不高;②纳入研究的文献均来自于中国,可能存在发表偏倚;③文献检索的语言仅限于中文和英文,可能导致文献的遗漏。

现有的证据表明,相较于传统环锯辅助 PETD,采用可视化环锯辅助 PETD 治疗 LDH,可缩短手术时间、减少术中 X 线透视次数和出血量、减轻腿部疼痛症状。所得结论仍需开展多中心、大样本、高质量的 RCT 研究进一步验证。

### 参考文献

- [1] 柴大起,邹明,吴建明,等. 椎间孔镜可视环锯治疗 L<sub>5</sub> ~ S<sub>1</sub> 腰椎间盘突出症的有效性和安全性[J]. 中国现代医学杂志, 2023, 33(4): 88-93.
- [2] CHEN C, SUN X, LIU J, et al. Targeted fully endoscopic visualized laminar trepanning approach under local anaesthesia for resection of highly migrated lumbar disc herniation[J]. Int Orthop, 2022, 46(7): 1627-1636.
- [3] SEBBEN A L, KULCHESKI Á L, GRAELLS X, et al. Comparison of two endoscopic spine surgical techniques[J]. Rev Assoc Med Bras(1992), 2021, 67(2): 243-247.
- [4] PAN M, LI Q, LI S, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy: indications and complications[J]. Pain Physician, 2020, 23(1): 49-56.
- [5] TACCONI L, BALDO S, MERCI G, et al. Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy: outcome and complications in 270 cases[J]. J Neurosurg Sci, 2020, 64(6): 531-536.
- [6] SHEN S C, CHEN H C, TSOU H K, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for L<sub>5</sub> - S<sub>1</sub> disc herniation based on image analysis and clinical findings: a retrospective review of 345 cases[J]. Medicine (Baltimore), 2023, 102(5): e32832.
- [7] JIANG H W, CHEN C D, ZHAN B S, et al. Unilateral bipolar endoscopic discectomy versus percutaneous endoscopic lumbar discectomy in the treatment of lumbar disc herniation: a retrospective study[J]. J Orthop Surg Res, 2022, 17(1): 30.
- [8] ZHU H, HUSSAIN Z, ZHANG M, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for lumbar disc herniation with type II modic changes[J]. World Neurosurg, 2022, 164: e143-e149.
- [9] CHENG Y P, CHENG X K, WU H. A comparative study of percutaneous endoscopic interlaminar discectomy and trans-

- foraminal discectomy for L<sub>5</sub> - S<sub>1</sub> calcified lumbar disc herniation[J]. BMC Musculoskelet Disord, 2022, 23(1): 244.
- [10] CHENG Y, ZHANG Q, LI Y, et al. Percutaneous endoscopic interlaminar discectomy for L<sub>5</sub> - S<sub>1</sub> calcified lumbar disc herniation: a retrospective study [J]. Front Surg, 2022, 9: 998231.
- [11] SIMPSON A K, LIGHTSEY H M 4th, XIONG G X, et al. Spinal endoscopy: evidence, techniques, global trends, and future projections[J]. Spine J, 2022, 22(1): 64 - 74.
- [12] 陈风, 李东亚, 潘彬, 等. 可视化环锯成形治疗单节段腰椎间盘突出症的 1 年随访[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(21): 3344 - 3348.
- [13] 何彪, 李世伟, 谢永波, 等. 可视化成形技术在经皮椎间孔镜手术治疗腰椎间盘突出症中的应用效果观察[J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2023, 38(5): 504 - 506.
- [14] 郑军, 李青松, 李勇. 可视化环锯技术在椎间孔镜关节突成型中的应用[J]. 生物医学工程与临床, 2022, 26(5): 594 - 597.
- [15] 李光旭, 周荣, 马健, 等. 可视内镜联合椎间孔镜技术治疗脱出游离型腰椎间盘突出症的近期临床效果研究[J]. 现代医药卫生, 2022, 38(18): 3089 - 3094.
- [16] 蒋协远, 王大伟. 骨科临床疗效评价标准[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2005.
- [17] 姬林松, 王艳萍, 陆廷盛, 等. 可视环锯与逐级环锯椎间孔成形技术治疗腰椎间盘突出症临床疗效对比分析[J]. 贵州医药, 2023, 47(8): 1197 - 1198.
- [18] 钟伟建, 黎顺平, 王云娜, 等. 可视化环锯关节突成形辅助椎间孔镜治疗腰椎间盘突出症[J]. 中国骨伤, 2023, 36(1): 12 - 16.
- [19] 王烨锋, 邹天明, 成亮, 等. 椎间孔镜结合可视化环锯关节突成形术治疗巨大型腰椎间盘突出症的早期疗效[J]. 国际骨科学杂志, 2022, 43(4): 254 - 258.
- [20] 杨扬, 孔鹏, 魏传付, 等. 椎间孔镜可视环锯治疗老年腰椎间盘突出症[J]. 中国矫形外科杂志, 2021, 29(11): 971 - 975.
- [21] 吴从俊, 李涛, 张同会, 等. 可视化环锯辅助下经皮椎间孔镜技术治疗腰椎间盘突出症[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2021, 29(3): 49 - 54.
- [22] 李丰, 付军初, 唐国柯, 等. 可视镜外环锯技术在椎间孔镜治疗腰椎间盘突出症中的应用[J]. 湖南师范大学学报(医学版), 2020, 17(4): 116 - 118.
- [23] 徐彬, 吴恒, 吴钊, 等. 经皮内镜下腰椎间盘切除术中环锯与环钻在椎间孔成形中应用的对比研究[J]. 中国中医学杂志, 2020, 28(11): 65 - 68.
- [24] 李杰, 刁文博, 李益明, 等. 可视化环锯在椎间孔镜侧路关节突成型的应用[J]. 中国矫形外科杂志, 2019, 27(24): 2242 - 2246.
- [25] QIAO L, LIU J Y, TANG X B, et al. The trans-superior articular process approach utilizing visual trephine: a more time-saving and effective percutaneous endoscopic transforaminal lumbar discectomy for migrated lumbar disc herniation[J]. Turk Neurosurg, 2022, 32(4): 612 - 617.
- [26] JAREBI M, AWAF A, LEFRANC M, et al. A matched comparison of outcomes between percutaneous endoscopic lumbar discectomy and open lumbar microdiscectomy for the treatment of lumbar disc herniation: a 2-year retrospective cohort study[J]. Spine J, 2021, 21(1): 114 - 121.
- [27] DEZAWA A, UNNO K, YAMANE T, et al. Changes in the microhemodynamics of nerve root retraction in patients with lumbar spinal canal stenosis[J]. Spine (Phila Pa 1976), 2002, 27(24): 2844 - 2849.
- [28] LEE C W, YOON K J. Technical considerations in endoscopic lumbar decompression[J]. World Neurosurg, 2021, 145: 663 - 669.
- [29] AHN Y. Endoscopic spine discectomy: indications and outcomes[J]. Int Orthop, 2019, 43(4): 909 - 916.
- [30] KONG L, DUAN L Q, XU H G. Initial experience and analysis of outcomes using the visualized percutaneous endoscopic lumbar discectomy technique for the treatment of lumbar disc herniation[J]. Turk Neurosurg, 2020, 30(6): 885 - 891.
- [31] SAIRYO K, CHIKAWA T, NAGAMACHI A. State-of-the-art transforaminal percutaneous endoscopic lumbar surgery under local anesthesia: discectomy, foraminoplasty, and ventral facetectomy[J]. J Orthop Sci, 2018, 23(2): 229 - 236.
- [32] 吴文仁, 邓方跃, 潘卓钦, 等. 可视化椎间孔成形技术与经皮椎间孔镜下经椎间孔脊柱内镜系统技术在 LDH 患者中的应用对比[J]. 中外医学研究, 2023, 21(26): 9 - 12.
- [33] 李想, 贺海烽, 李鹏, 等. 经皮全内镜下精准有限椎板间开窗术治疗腰椎间盘突出症的疗效分析[J]. 颈腰痛杂志, 2023, 44(4): 601 - 603.
- [34] SONG H P, SHENG F, XU W X. A case-control study on the treatment of protrusion of lumbar intervertebral disc through PELD and MED[J]. Exp Ther Med, 2017, 14(4): 3708 - 3712.

(收稿日期: 2024-05-14 本文编辑: 时红磊)