

· 临床研究 ·

## 个性化导板辅助经椎间孔内镜椎间盘切除术

房龙<sup>a</sup>, 郝伟<sup>b\*</sup>, 王宝龙<sup>a</sup>, 杨增坤<sup>a</sup>, 赵廷宝<sup>a</sup>

(山东大学附属山东省立第三医院 a: 脊柱脊髓外科; b: 关节与运动医学外科, 山东济南 250031)

**摘要:** [目的] 探讨计算机辅助设计 (computer aided design, CAD)/快速成型制造技术 (rapid prototyping, RP) 个性化导板在内镜治疗腰椎间盘突出症 (Lumbar disc herniation, LDH) 的意义。[方法] 2021年10月—2022年9月本院脊柱外科收治的LDH患者80例随机分为两组, 40例采用导板引导下内镜椎间盘切除术, 另外40例采用常规内镜椎间盘切除术。比较两组临床及影像资料。[结果] 导板组手术时间 [(53.3±8.8) min vs (74.8±13.4) min,  $P<0.05$ ]、术中透视次数 [(2.9±0.7) 次 vs (8.3±2.6) 次,  $P<0.05$ ]、穿刺次数 [(1.9±0.7) 次 vs (4.5±1.3),  $P<0.05$ ]、术后下地时间 [(1.4±0.2) d vs (2.6±0.5) d,  $P<0.05$ ] 均显著优于常规组。术后随时间推移, 两组VAS和RMDQ评分均显著减少 ( $P<0.05$ ), 术前两组VAS、RMDQ评分的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ ), 术后1周导板组的VAS [(1.0±0.3) vs (1.9±0.5),  $P<0.05$ ]、RMDQ评分 [(2.2±0.8) vs (4.0±1.5),  $P<0.05$ ] 均显著低于常规组, 术后1个月, 两组间上述评分的差异已无统计学意义 ( $P>0.05$ )。影像方面, 与术前相比, 术后两组椎管占位率均显著下降 ( $P<0.05$ ), 但相应时间点, 两组间椎管占位率的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。[结论] 微创椎间孔镜治疗采用CAD/RP个性化导板, 可提高穿刺成功率, 在术后短期缓解疼痛及改善腰部功能方面更具优势。

**关键词:** 腰椎间盘突出症, 内镜椎间盘切除术, 计算机辅助设计, 快速成型制造技术, 个性化导板

**中图分类号:** R687 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8478 (2023) 23-2193-05

**Personalized guide aided percutaneous transforaminal endoscopic discectomy for lumbar disc herniation // FANG Long<sup>a</sup>, HAO Wei<sup>b</sup>, WANG Bao-long<sup>a</sup>, YANG Zeng-kun<sup>a</sup>, ZHAO Ting-bao<sup>a</sup>. a. Department of Spine and Spinal Cord Surgery, b. Department of Joint Surgery and Sports Medicine, Shandong Provincial Third Hospital, Shandong University, Jinan 250031, China**

**Abstract:** [Objective] To explore the significance of computer aided design (CAD)/rapid prototyping (RP) personalized guide in percutaneous transforaminal endoscopic discectomy (PTED) for lumbar disc herniation (LDH). [Methods] From October 2021 to September 2022, a total of 80 patients who were undergoing PTED in our hospital were randomly divided into two groups. Of them, 40 patients received personalized guide aided PTED, while other 40 patients received conventional PTED. The clinical and imaging data of the two groups were compared. [Results] The guide group proved significantly superior to the conventional group in terms of operation time [(53.3±8.8) min vs (74.8±13.4) min,  $P<0.05$ ], intraoperative fluoroscopy times [(2.9±0.7) times vs (8.3±2.6) times,  $P<0.05$ ], puncture times [(1.9±0.7) times vs (4.5±1.3) times,  $P<0.05$ ], postoperative ambulation time [(1.4±0.2) days vs (2.6±0.5) days,  $P<0.05$ ]. The VAS and RMDQ scores significantly reduced in both groups over time ( $P<0.05$ ). Although there were not statistically significant difference in above 2 scores between the two groups before surgery ( $P>0.05$ ), the guide group was marked significantly lower than the conventional group 1 week postoperatively in terms of VAS score [(1.0±0.3) vs (1.9±0.5),  $P<0.05$ ] and RMDQ [(2.2±0.8) vs (4.0±1.5),  $P<0.05$ ], despite of the fact that the difference became not statistically significant between the two groups 1 month after surgery ( $P>0.05$ ). Regarding imaging, the canal occupancy rate significantly decreased in both groups postoperatively compared with that preoperatively in both groups ( $P<0.05$ ), whereas which was not significantly different between the two groups at any time points accordingly. [Conclusion] The CAD/RP made personalized guide does improve the success rate of puncture, and has considerable advantages in short-term postoperative pain relief and lumbar function improvement.

**Key words:** lumbar disc herniation, percutaneous transforaminal endoscopic discectomy, computer aided design and rapid prototyping manufacturing, personalized guide

随着脊柱微创理念的普及, 经椎间孔内镜腰椎间盘切除 (percutaneous transforaminal endoscopic discec-

tomy, PTED) 治疗腰椎间盘突出症 (lumbar disc herniation, LDH) 越来越受到脊柱外科医师的关注<sup>[1, 2]</sup>。

DOI:10.3977/j.issn.1005-8478.2023.23.15

作者简介: 房龙, 主治医师, 硕士研究生, 研究方向: 脊柱脊髓损伤、骨与软组织肿瘤, (电话)15688839341, (电子信箱)fanglong840606@126.com

\* 通信作者: 郝伟, (电话)18396866332, (电子信箱)ehaw@163.com

精准的定位和穿刺是 PTED 的关键，如何提高定位的准确性和穿刺的成功率是初学者面临的难题。计算机辅助设计 (computer aided design, CAD) 和快速成型制造技术 (rapid prototyping, RP) 现已应用于医疗领域，其原理是将患者的影像数据导入 RP 软件，通过 CAD 完成模型设计，利用 RP 技术按照模型设计制作个性化导板<sup>[3]</sup>。CAD/RP 个性导板可帮助术者快速、准确的完成经皮穿刺<sup>[4]</sup>。目前国内关于 CAD/RP 个性导板在微创 PTED 治疗 LDH 的相关临床报道较少，本研究选取 2021 年 10 月—2022 年 9 月本院脊柱外科收治的 LDH 患者 80 例作为研究对象，旨在探讨 CAD/RP 个性导板在微创 PTED 治疗 LDH 的临床疗效。

## 1 临床资料

### 1.1 一般资料

选取 2021 年 10 月—2022 年 9 月本院脊柱外科收治的 80 例 LDH 患者。所有患者均经核磁共振明确诊断为腰椎间盘突出症，累及单节段，经保守治疗 3 个月无效。采用随机数字表法将研究对象分为两组，导板组 40 例，常规组 40 例。两组患者在年龄、性

别、病程、身体质量指数 (body mass index, BMI)、患病节段等比较差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )，见表 1。本研究经医院伦理委员会审批，患者及家属均知情同意并签署知情同意书。

### 1.2 手术方法

导板组：将螺旋 CT 数据导入 Mimics 20.0 软件。对患病节段椎间隙垂直距离、椎间孔空间位置、穿刺深度等图像进行阈值分割，对连续扫描图像进行分割处理，模拟生成三维模型，将模型数据导入 3D 打印机调试参数后利用 RP 技术快速成型建造个性导板 (图 1a~1c)。患者取俯卧位，在 C 形臂 X 线机透视下安置 CAD/RP 个性导板，并用胶带固定，按照 CAD 技术预设的穿刺角度、深度完成进针，经 C 形臂 X 线机透视确认针尖经椎间孔到达椎间盘突出位点。局部浸润麻醉，从穿刺点往椎间孔方向进针，透视调整进针头倾、背倾角度，确定针尖经椎间孔到达椎间盘突出位点，以穿刺针为中心做长约 0.6 cm 横行切口，沿穿刺针插入导丝，沿导丝插入逐级扩张套管，置入“舌”形工作套管，置入内镜。镜下显露椎间盘，保护神经根。摘除病变髓核组织，充分减压，局部应用地塞米松 1 mg，撤镜，拔出工作套管，缝合切口。

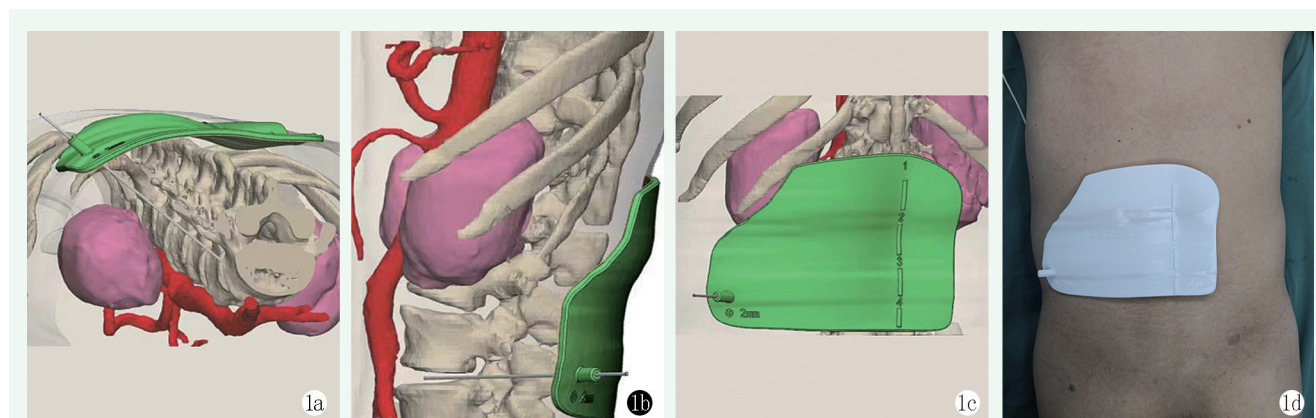


图 1 CAD/RP 个性化导板设计与应用。1a: 横断位观；1b: 矢状位观；1c: 背面观；1d: 导板术中应用。

Figure 1. Design and application of CAD/RP personalized guide plate. 1a: Transverse view. 1b: Sagittal view. 1c: Backside view. 1d: Intraoperative application of the guide plate.

常规组：术前常规准备，术中未采用 CAD/RP 个性导板。麻醉、体位和手术操作同上。

### 1.3 评价指标

记录两组患者围手术期指标，包括手术时间、术中失血量、透视次数、穿刺次数、术后下地时间、住院时间。采用视觉模拟评分 (visual analogue scale, VAS)、功能障碍问卷表 (Roland-Morris Disability Questionnaire, RMDQ) 和改良 MacNab 标准评价疗效。行影像检查，测量相关数据。

### 1.4 统计学方法

应用 SPSS 22.0 统计学软件进行统计分析。计量数据以  $\bar{x} \pm s$  表示，资料呈正态分布时，两组间比较采用独立样本  $t$  检验，组内比较采用单因素方差分析或配对  $T$  检验；资料呈非正态分布时，采用秩和检验。计数资料采用  $\chi^2$  检验或 Fisher 精确检验。等级资料两组比较采用 Mann-Whitney  $U$  检验。 $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 临床结果

两组均顺利手术, 无严重术中并发症。两组患者临床资料见表 1, 导板组手术时间、透视次数、穿刺次数、术后下地时间显著优于常规组 ( $P<0.05$ )。术后随时间推移, 两组 VAS、RMDQ 评分均显著减少 ( $P<0.05$ ), 术前两组 VAS、RMDQ 评分的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ ), 术后 1 周导板组的 VAS、

RMDQ 评分均显著低于常规组 ( $P<0.05$ ), 但术后 1 个月两组间上述评分的差异已无统计学意义 ( $P>0.05$ )。术后 3 个月按改良 MacNab 标准优良率, 导板组为 97.5%, 常规组为 95.0%, 差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。

### 2.2 影像评估

两组患者影像测量资料见表 1, 与术前相比, 术后两组椎管占位率均显著下降 ( $P<0.05$ ), 但相应时间点, 两组间椎管占位率的差异均无统计学意义 ( $P>0.05$ )。

表 1 两组患者临床和影像资料比较  
Table 1 Comparison of clinical and imaging data between the two groups

指标	时间点	导板组 (n=40)	常规组 (n=40)	P 值
年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$ )		48.5±8.7	46.8±8.0	0.725
性别 (例, 男/女)		24/16	22/18	0.651
病程 (月, $\bar{x} \pm s$ )		11.7±4.0	12.0±4.6	0.763
BMI ( $\text{kg}/\text{m}^2$ , $\bar{x} \pm s$ )		23.7±1.7	23.8±1.7	0.820
节段 (例, L <sub>3/4</sub> /L <sub>4/5</sub> /L <sub>5</sub> S <sub>1</sub> )		3/21/16	4/24/12	0.633
手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$ )		53.3±8.8	74.8±13.4	<0.001
术中失血量 (ml, $\bar{x} \pm s$ )		21.8±6.9	22.6±4.5	0.633
透视次数 (次, $\bar{x} \pm s$ )		2.9±0.7	8.3±2.6	<0.001
穿刺次数 (次, $\bar{x} \pm s$ )		1.9±0.7	4.5±1.3	<0.001
术后下地时间 (d, $\bar{x} \pm s$ )		1.4±0.2	2.6±0.5	<0.001
住院时间 (d, $\bar{x} \pm s$ )		6.3±1.3	6.6±1.3	0.383
VAS 评分 (分, $\bar{x} \pm s$ )	术前	7.0±1.3	7.0±1.0	0.844
	术后 1 周	1.0±0.3	1.9±0.5	<0.001
	术后 1 个月	0.8±0.4	0.9±0.4	0.397
	P 值	<0.001	<0.001	
RMDQ 评分 (% , $\bar{x} \pm s$ )	术前	18.7±3.5	18.6±3.7	0.901
	术后 1 周	2.2±0.8	4.0±1.5	<0.001
	术后 1 个月	1.0±0.5	1.1±0.4	0.440
	P 值	<0.001	<0.001	
椎管占位率 (% , $\bar{x} \pm s$ )	术前	25.4±2.2	25.7±2.7	0.720
	术后	14.9±2.2	15.6±2.6	0.712
	P 值	<0.001	<0.001	

## 3 讨论

虽然 90% 的 LDH 患者通过保守治疗可取得满意的疗效<sup>[5]</sup>, 但是仍有 10% 的患者需要进行手术治疗。传统开放手术对脊柱后纵韧带复合体造成损伤, 虽然能够缓解症状, 但增加了术后腰椎退变、不稳及滑脱的风险<sup>[6, 7]</sup>。研究表明, 经皮内窥镜椎间盘切除术总体上具有最佳的安全性和有效性, 推荐采用经皮内窥镜椎间盘切除术作为手术治疗 LDH 的首选方

式<sup>[8]</sup>。PTED 治疗 LDH 对术者的操作技术要求高, 初学者学习曲线长, 反复穿刺增加术中神经血管损伤、术后感染的风险<sup>[9, 10]</sup>。本研究采用 CAD/RP 个性化导板辅助微创 PTED 下腰椎间盘髓核摘除, 个性化导板的应用提高了穿刺的成功率。CAD 技术将患者影像数据导入模拟软件, 通过图像分割、重建功能生成软组织与骨组织蒙版, 通过增材建造形成三维模型<sup>[11]</sup>。利用 CAD 技术可直接进行手术模拟操作, 个性化导板是在 CAD 技术辅助下通过 RP 技术完成, 符合个性化设计, 既提高了穿刺准确性, 也保证了穿刺



的安全性<sup>[12, 13]</sup>。通过应用 CAD/3D 打印个性化导板, 导板组的透视次数、穿刺次数明显减少; 手术时间、术后下地时间相应缩短; 术后短期 VAS 评分和 RMDQ 评分导板组明显优于常规组。麻凤玉等<sup>[14]</sup>研究表明术前影像三维测量有利于制定个性化穿刺规划, 指导术中安全准确地穿刺。汤长华等<sup>[15]</sup>分析数字定位结合 3D 打印导板辅助 PTED 下治疗腰椎管狭窄症, 具有术后康复快, 可早期下床功能锻炼等优势。CAD/3D 打印导板技术虽然能够提高穿刺的准确性, 但是个性化导板制作易受影像数据采集造成的误差; 导板制作完成后应尽快手术, 避免因时间过长患者软组织厚度改变造成导板失准; 导板可通过胶带黏贴固定, 固定时勿给予皮肤加压造成误差加大。

综上所述, 应用 CAD/3D 打印导板微创 PTED 治疗 LDH, 可有效提高穿刺成功率, 降低初学者学习曲线, 术后可短期内缓解疼痛和增强腰部功能。

#### 参考文献

- [1] 孙天胜, 沈建雄, 刘忠军, 等. 中国脊柱手术加速康复——围术期管理策略专家共识 [J]. 中华骨与关节外科杂志, 2017, 10 (4): 271-279. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2017.04-01. Sun TS, Shen JX, Liu ZJ, et al. Expert consensus in enhanced recovery after spinal surgery in China: perioperative management [J]. Chin J Bone Joint Surg, 2017, 10 (4): 271-279. DOI: 10.3969/j.issn.2095-9958.2017.04-01.
- [2] 李振宙, 侯树勋. 腰椎退行性疾病微创外科治疗概况及展望 [J]. 中国骨与关节杂志, 2022, 11 (9): 641-647. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2022.09.001. Li ZZ, Hou SX. Overview and prospect of minimally invasive surgical treatment of lumbar degenerative diseases [J]. Chin J Bone Joint, 2022, 11 (9): 641-647. DOI: 10.3969/j.issn.2095-252X.2022.09.001.
- [3] Nicoletti GF, Umata GE, Chaurasia B, et al. Navigation-assisted extraforaminal lumbar disc microdiscectomy: Technical note [J]. J Craniovertebr Junction Spine, 2020, 11 (4): 316-320. DOI: 10.1016/j.spinee.2017.08.258.
- [4] 李娃娃, 姜泽威, 吴瑞, 等. 3D 打印导板辅助后路寰枢椎螺钉固定治疗齿状突骨折 [J]. 中国矫形外科杂志, 2022, 30 (14): 1311-1313, 1317. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.12.16. Li JJ, Jiang ZW, Wu R, et al. 3D printed guider assisted anterior screw fixation for odontoid fractures [J]. Orthop J Chin, 2022, 30 (14): 1311-1313, 1317. DOI: 10.3977/j.issn.1005-8478.2021.12.16.
- [5] 中国康复医学会脊柱脊髓专业委员会基础研究及转化学组. 腰椎间盘突出症诊治与康复管理指南 [J]. 中华外科杂志, 2022, 60 (5): 401-408. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20211122-00548. Basic Research and Transformation Society, Professional Committee of Spine and Spinal Cord, Chinese Association of Rehabilitation Medicine. Guideline for diagnosis, treatment and rehabilitation of lumbar disc herniation [J]. Chin J Surg, 2022, 60 (5): 401-408. DOI: 10.3760/cma.j.cn112139-20211122-00548.
- [6] 肖亚杰, 刘士臣, 李惠贞, 等. 经皮脊柱内镜技术与传统开放手术治疗腰椎间盘突出症并发症的系统评价与 Meta 分析 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2019, 29 (4): 325-335. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2019.04.06. Xiao YJ, Liu SC, Li HZ, et al. Percutaneous spinal endoscopy vs traditional open surgery: systematic evaluation and Meta-analysis of operative complication in lumbar disc herniation [J]. Chin J Spine Spinal Cord, 2019, 29 (4): 325-335. DOI: 10.3969/j.issn.1004-406X.2019.04.06.
- [7] 苏萌, 曾腾辉, 陈扬, 等. 椎间孔镜 TESSYS 技术与开放手术治疗单节段腰椎间盘突出症疗效比较 [J]. 中国骨与关节损伤杂志, 2019, 34 (1): 79-81. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2019.01.027. Su M, Zeng TH, Chen Y, et al. Comparison of curative effect between Intervertebral foramen endoscopic TESSYS technique and open surgery for single level lumbar disc herniation [J]. Chin J Bone Joint Injury, 2019, 34 (1): 79-81. DOI: 10.7531/j.issn.1672-9935.2019.01.027.
- [8] Wei FL, Zhou CP, Zhu KL, et al. Comparison of different operative approaches for lumbar disc herniation: a network meta-analysis and systematic review [J]. Pain Physician, 2021, 24 (4): 381-392. PMID: 34213864.
- [9] 吴健, 范胜利, 关月红, 等. 经椎间孔镜髓核摘除术后感觉异常及穿刺操作技巧分析: 附 4 例报告 [J]. 中国微创外科杂志, 2017, 17 (7): 670-672. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6604.2017.07.026. Wu J, Fan SL, Guan YH, et al. Analysis of abnormal sensation and puncture skills after percutaneous Intervertebral foramen discectomy: report of 4 cases [J]. Chin J Min Inv Surg, 2017, 17 (7): 670-672. DOI: 10.3969/j.issn.1009-6604.2017.07.026.
- [10] 谭洪栋, 许良. 简易穿刺定位法在经椎间孔入路经皮内镜下腰椎间盘切除术中的临床应用 [J]. 脊柱外科杂志, 2021, 19 (5): 308-312. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2957.2021.05.004. Tan HD, Xu L. Clinical application of simple puncture positioning method in percutaneous endoscopic transforaminal discectomy [J]. J Spinal Surg, 2021, 19 (5): 308-312. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2957.2021.05.004.
- [11] 万林祥, 石志良. 基于图切割的骨组织 CT 图像分割方法 [J]. 数字制造科学, 2018, 16 (2): 129-132. DOI: 10.3963/j.issn.1672-3236.2018.02.011. Wan LX, Shi ZL. Segmentation of Bone Tissue CT Images Based on Graph Cuts [J]. Dig Manuf Sci, 2018, 16 (2): 129-132. DOI: 10.3963/j.issn.1672-3236.2018.02.011.
- [12] Azimi P, Yazdani T, Benzell EC, et al. 3D-printed navigation template in cervical spine fusion: a systematic review and meta-analysis [J]. Eur Spine J, 2021, 30 (2): 389-401. DOI: 10.1007/s00586-020-06601-6.

(下转 2201 页)