

单侧双通道脊柱内镜技术治疗腰椎管狭窄症的临床疗效和学习曲线研究

邵佳申 张志武 孟海 杨雍 费琦

【摘要】 目的 单侧双通道脊柱内镜(UBE)技术被广泛应用于腰椎间盘突出症和腰椎管狭窄症的治疗。本研究通过分析该技术的学习曲线,旨在为此类手术方式的实施和学习流程提供参考。**方法** 回顾性分析了2021年6月至2023年12月期间在首都医科大学附属北京友谊医院骨科中心脊柱外科接受UBE的腰椎管狭窄症患者情况。收集所有患者的基线信息、手术时间、失血量、并发症以及主观评分。采用累积总和法(CUSUM)对学习曲线进行评估。**结果** 共纳入122例接受单节段UBE-ULBD手术的患者。平均随访时间为 (10.51 ± 2.44) 个月(8~20个月),手术节段包括L_{2/3}(3例)、L_{3/4}(13例)、L_{4/5}(85例)和L_{5/S₁}(21例)。根据手术时间曲线拟合的结果,对患者队列根据不同的掌握熟练度进行分组。即学习阶段组(第1~38例)和掌握阶段组(第39~122例)。学习阶段组的手术时间长于掌握阶段组 $[(153.3\pm 44.0)\text{min}$ 与 $(129.2\pm 34.5)\text{min}$, $t=2.978$, $P<0.05$],失血量高于掌握阶段组 $[(62.4\pm 42.3)\text{min}$ 与 $(53.1\pm 31.5)\text{min}$, $t=1.209$, $P>0.05$],但隐性失血量低于掌握阶段组 $[(207.1\pm 140.5)\text{min}$ 与 $(211.2\pm 110.9)\text{min}$, $t=-0.160$, $P>0.05$]。学习阶段组的引流量多于掌握阶段组 $[(64.1\pm 43.1)\text{min}$ 与 $(29.4\pm 34.4)\text{min}$, $t=-4.752$, $P<0.05$]。两组患者术前、术后即刻、末次随访时进行重复测量设计的方差分析显示两组患者的ODI评分不同组别间差异无统计学意义($F=3.502$, $P=0.062$),不同时间点间差异有统计学意义($F=347.190$, $P<0.001$),组别与时间点间无交互作用($F=0.071$, $P=0.931$);腰痛的VAS评分方面发现不同组别间差异有统计学意义($F=32.691$, $P=0.000$),不同时间点间差异有统计学意义($F=866.102$, $P<0.001$),组别与时间点间无交互作用($F=0.665$, $P=0.862$)。腿痛的VAS评分方面发现不同组别间差异有统计学意义($F=24.980$, $P<0.001$),不同时间点间差异有统计学意义($F=693.920$, $P<0.001$),组别与时间点间无交互作用($F=1.986$, $P=0.139$)。**结论** 作为一种治疗腰椎管狭窄症的有效微创脊柱内镜技术,UBE-ULBD手术需要大约38例才能克服学习曲线。如果能成功克服学习曲线,该技术将具有手术微创、操作灵活高效、术后恢复快等优点。

【关键词】 脊柱内镜; 单侧双通道脊柱内镜; 腰椎管狭窄症; 学习曲线

Clinical efficacy and surgical learning curve study of unilateral biportal endoscopy unilateral laminectomy bilateral decompression technique in the treatment of lumbar spinal stenosis Shao Jiashen, Zhang Zhiwu, Meng Hai, Yang Yong, Fei Qi. Department of Spine Surgery, Orthopaedic Center, Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University, Beijing 100050, China
Corresponding author: Fei Qi, Email: spinefei@126.com

【Abstract】 Objective Unilateral biportal endoscopy (UBE) technique is widely used in the treatment of lumbar disc herniation and lumbar spinal stenosis. By analyzing the learning curve of this technique, this study aims to inform the implementation and learning process of such surgical modalities. **Methods** Patients with lumbar spinal stenosis who underwent UBE between June 2021 and December 2023 in the Department of Spine Surgery, Orthopaedic Center, Beijing Friendship Hospital, Capital Medical University, were retrospectively analyzed. Baseline information, operative time, blood loss, complications, and subjective scores were collected from all patients. The learning curve was evaluated using the cumulative sum (CUSUM) method. **Results** A total of 122 patients who underwent single-segment UBE-ULBD were included.

The mean follow-up time was (10.51 ± 2.44) months (8-20 months), and the operated segments included L_{2/3} (3 patients), L_{3/4} (13 patients), L_{4/5} (85 patients), and L₅/S₁ (21 patients). Based on the results of surgical time curve fitting, the patient cohort was divided into groups according to different levels of mastery proficiency. Namely, the learning phase group (1-38 cases) and the mastery phase group (39-122 cases). The learning stage group had a longer operative time than the mastery stage group (153.3 ± 44.0 min 与 129.2 ± 34.5 min, $t=2.978$, $P<0.05$), higher blood loss than the mastery stage group (62.4 ± 42.3 min 与 53.1 ± 31.5 min, $t=1.209$, $P>0.05$), but lower hidden blood loss than the mastery stage group (207.1 ± 140.5 min 与 211.2 ± 110.9 min, $t=-0.160$, $P>0.05$). There was more drainage in the learning stage group than in the mastery stage group (64.1 ± 43.1 min 与 29.4 ± 34.4 min, $t=-4.752$, $P<0.05$). ANOVA with repeated measures design at preoperative, immediate postoperative, and final follow-up showed no statistically significant difference in ODI scores between the two groups ($F=3.502$, $P=0.062$), statistically significant difference between different time points ($F=347.190$, $P=0.000$), and no interaction between group and time point ($F=0.071$, $P=0.931$); For VAS scores for low back pain a statistically significant difference was found between groups ($F=32.691$, $P=0.000$), between time points ($F=866.102$, $P=0.000$) and no interaction between groups and time points ($F=0.665$, $P=0.862$). In terms of VAS scores for leg pain a statistically significant difference was found between different groups ($F=24.980$, $P=0.000$), between different time points ($F=693.920$, $P=0.000$), and no interaction between groups and time points ($F=1.986$, $P=0.139$). **Conclusions** As an effective minimally invasive spinal endoscopic technique for the treatment of lumbar spinal stenosis, the UBE-ULBD procedure requires approximately 38 cases to overcome the learning curve. If the learning curve can be successfully overcome, the technique will have the advantages of minimally invasive surgery, flexible and efficient operation, and fast post-operative recovery.

【Key words】 Spinal endoscopy; Unilateral biportal endoscopy; Lumbar spinal stenosis; Learning curve

椎管狭窄症是最常见的脊柱退行性疾病之一^[1]。其特征性病变包括黄韧带肥厚、关节突肥厚和椎间盘突出等。上述病变导致的椎管容积减少、椎间孔或侧隐窝变窄会压迫神经根或硬膜囊,从而引起下腰痛、下肢疼痛和间歇性跛行等症状^[2]。目前,针对腰椎管狭窄症广泛应用的手术技术包括经椎间孔腰椎椎间融合术(transforaminal lumbar interbody fusion, TLIF)、后路腰椎椎间固定融合术(Posterior lumbar interbody fusion, PLIF)以及显微镜和脊柱内镜下单侧椎板切除双侧减压技术(unilateral laminectomy for bilateral decompression, ULBD)^[3-6]。然而,最佳的治疗方法仍存在争议,掌握各种手术技术的学习曲线也各不相同。

近年来,单侧双通道脊柱内镜(unilateral biportal endoscopy, UBE)技术被广泛应用于腰椎间盘突出症和腰椎管狭窄症的治疗^[7]。多项研究报告显示,与其他技术相比,单侧双通道脊柱内镜技术的临床疗效令人满意^[8-11]。与开放手术相比,脊柱内镜手术切口较小、对椎旁肌肉的剥离和损伤程度较小,而且在水介质的辅助下视野更清晰^[12]。此外,与单通道脊柱内镜相比,UBE技术使外科医生拥有更宽阔

的视野和操作空间。

作为一项新兴技术,其操作细节和掌握难度受到了更广泛的关注。脊柱外科医生急需掌握脊柱内镜技术,但有关UBE或UBE-ULBD学习曲线的研究目前仍然较少^[13,14]。近年来,脊柱内镜手术量呈逐年上升趋势,我们希望通过分析我院骨科单个脊柱外科医生的学习曲线,为此类手术方式的实施和学习流程提供参考。同时,我们必须认识到,单个中心或外科医生的经验可能不具有广泛的代表性,但本研究的结果可能对那些希望在确保患者安全的前提下,将此类手术纳入常规手术方式的外科医生而言有一定的参考价值。

资料和方法

一、患者选择

本研究回顾性分析了2021年6月至2023年12月期间在首都医科大学附属北京友谊医院骨科中心脊柱外科接受UBE的患者情况。所纳入所有患者采取的手术方法为单侧椎板切除下双侧减压手术(UBE-ULBD)。所有手术均由同一位外科医生完

成,该医师在脊柱开放手术和脊柱内镜手术方面具有丰富经验,但从未实施过UBE-ULBD手术。本研究获得了北京友谊医院机构审查委员会(2022KY087)的批准。除住院期间的常规治疗外,患者没有接受与本研究相关的其他治疗。

纳入标准:(1)患者存在明显的间歇性跛行症状,伴有或不伴有腰背痛;(2)腰椎核磁共振成像显示椎管、侧隐窝或椎间孔区狭窄;(3)经过3个月以上标准化、系统化的保守治疗后症状仍无法缓解;(4)由同一外科医生进行的手术。排除标准:(1)通过UBE进行的单纯腰椎间盘切除术;(2)超过2个节段的手术;(3)腰椎严重不稳或退变性脊柱侧凸的患者;(4)在同一腰椎节段接受过腰椎减压手术或腰椎椎间融合手术的患者;(5)脊柱感染、肿瘤或结核患者。

二、手术技术

患者在全身麻醉下俯卧在脊柱床上。在C型臂透视下,确定脊柱中线、椎间隙水平和椎弓根的表面投影,调整手术台,使目标椎间隙尽可能与地面垂直。在同侧椎弓根内侧线的椎间隙水平上方和下方1.5厘米处做两个2厘米的切口。左侧切口作为观察通道,右侧切口作为工作通道。垂直于皮肤切口切开深筋膜。使用渐进式扩张套管扩张双侧通道,两个扩张套管均可进入椎板和椎间隙并在椎板和椎间隙交汇。外科医生左手持脊柱内镜,右手持操作器械。通过这两个通道,内镜镜头和器械将在水介质中相遇。调整生理盐水的高度,以确保高度距离切口约70~100厘米。

在射频探头(BONSS,中国江苏)下处理椎间隙表面的软组织,逐渐暴露上椎板下缘、棘突基底、关节突关节和下椎板上缘。用磨钻、骨刀和椎板咬骨钳切除部分骨质(包括部分椎板下缘、椎板上缘和关节突),暴露同侧黄韧带起始部后,切除同侧黄韧带,减压范围至椎弓根内壁。然后用磨钻切除部分棘突基底。以对侧椎弓根壁为参照,对对侧黄韧带进行减压。最后,完成双侧黄韧带的完全减压切除。确认完全减压后,使用射频探针进行止血。然后关闭切口,放置引流管。

三、数据收集与分析

收集所有患者的一般资料信息,包括年龄、性别、身高体重、基础疾病、手术节段、吸烟和饮酒情况、用药情况以及ASA分级等。记录手术时间、估算失血量(estimated blood loss, EBL)、隐性失血量(hidden blood loss, HBL)、引流量、并发症以及术前

和术后主观评分,包括Oswestry功能障碍指数(Oswestry disability index, ODI)、腰痛的视觉模拟评分表(visual analogue scale, VAS)和腿痛的视觉模拟评分表(visual analogue scale, VAS)。手术时间按从麻醉开始到切口关闭计算。VAS评分用于评估腰部和腿部疼痛程度,ODI评分用于评估下肢功能恢复。记录术前、术后3天和最后一次随访的主观评分。

累积总和是一种序贯分析统计方法,近年来已广泛应用于医疗保健领域。本研究采用累积总和法(cumulative Sum, CUSUM)对学习曲线进行评估^[5]。通过CUSUM分析计算基于手术时间的学习曲线。公式定义如下 $CUSUM = \sum_{i=1}^n (X_i - U)$ 。以手术时间为例, X_i 代表每个病例的手术时间, U 代表所有病例的平均手术时间, n 代表按时间顺序排列的连续病例编号,即从最早的手术日期到最晚的手术日期。当CUSUM图中出现拐点时,学习曲线被认为是完整的。CUSUM分析结果的散点图由Microsoft Excel 2019(Microsoft公司,美国)绘制,函数公式通过曲线拟合获得。曲线拟合程度由系数 R^2 判断, R^2 越接近1,曲线拟合程度越高, R^2 最高的模型为最佳拟合模型。首先得出拟合曲线,然后根据曲线的斜率值确定拟合曲线的峰值,从而对学习阶段进行相应的划分。

四、统计学方法

本研究使用R studio 4.4.0(R Foundation for Statistical Computing公司,奥地利)进行统计分析。连续变量的比较采用student-t检验或Mann-Whitney U检验。对分类变量的比较采用卡方检验(Chi-square test)或Fisher精确检验(Fisher's exact test)。P值小于0.05视为具有统计学意义。重复测量数据采用重复测量设计的方差分析,存在交互作用后,进一步分析单独效应,多重比较采用Bonferroni矫正,P值小于0.05视为差异有统计学意义。

结 果

一、一般结果

本研究共纳入了连续的122例接受单节段UBE-ULBD手术的患者。平均随访时间为(10.51±2.44)个月(8~20个月)。其中男性45例,女性77例,平均年龄(66.6±10.0)岁(54~91岁),平均体重指数(26.05±3.70)kg/m²。手术节段包括L_{2/3}(3例)、L_{3/4}(13例)、L_{4/5}(85例)和L₅/S₁(21例)。表1显示了所有

表1 纳入腰椎管狭窄症患者的基线资料

组别	例数	年龄 (岁, $\bar{x} \pm s$)	性别[例(%)]		BMI (kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	高血压[例(%)]		糖尿病[例(%)]	
			男	女		否	是	否	是
学习阶段	38	68.4 \pm 11.9	12 (31.6)	26 (68.4)	25.3 \pm 4.2	13 (34.2)	25 (65.8)	28 (73.7)	10 (26.3)
掌握阶段	84	65.8 \pm 9.0	33 (39.3)	51 (60.7)	26.4 \pm 3.4	31 (36.9)	53 (63.1)	67 (79.8)	17 (20.2)
统计值		1.240	0.378		-1.373	0.007		0.264	
P值		0.173	0.415		0.141	0.774		0.455	

组别	例数	冠心病[例(%)]		吸烟[例(%)]		饮酒[例(%)]		ASA分级[例(%)]			
		否	是	否	是	否	是	1	2	3	4
学习阶段	38	32 (84.2)	6 (15.8)	34 (89.5)	4 (10.5)	37 (97.4)	1 (2.6)	0 (0)	28 (73.7)	9 (23.7)	1 (2.6)
掌握阶段	84	75 (89.3)	9 (10.7)	69 (82.1)	15 (17.9)	75 (89.3)	9 (10.7)	2 (2.4)	59 (70.2)	23 (27.4)	0 (0)
统计值		0.243		0.585		1.324		3.295			
P值		0.432		0.306		0.165		0.348			

患者的详细基线特征。

二、围术期情况及术后主观评分的对比结果

手术时间的CUSUM值被用来绘制散点图和拟合曲线^[15]。手术时间曲线拟合结果显示,随着手术例数的增加,在第38例时学习曲线的斜率由正变负(图1)。以往的类似研究都是利用手术时间的变化

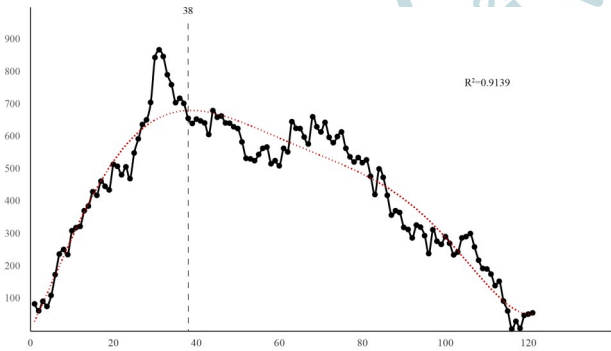


图1 基于手术时间的UBE-ULBD手术学习曲线

来划分学习阶段,因此我们根据手术时间将达到技术熟练阶段的分界点设定为38例。为了比较前后的数据,我们将学习曲线分为两个阶段:学习阶段(1~38例)和掌握阶段(39~122例)。不同阶段的患者特征和围手术期变量比较见表2。随着熟练程度的提高,手术时间和术后引流管拔除时间都有所缩短($P<0.05$)。学习阶段组的手术时间长于掌握阶段组[(153.3 \pm 44.0) min, (129.2 \pm 34.5) min, $t=2.978$, $P<0.05$],失血量高于掌握阶段组[(62.4 \pm 42.3) min, (53.1 \pm 31.5) min, $t=1.209$, $P>0.05$],但隐性失血量低于掌握阶段组[(207.1 \pm 140.5) min,

(211.2 \pm 110.9) min, $t=-0.160$, $P>0.05$]。学习阶段组的引流量多于掌握阶段组[(64.1 \pm 43.1) min, (29.4 \pm 34.4) min, $t=-4.752$, $P<0.05$]。

VAS和ODI评分数据经重复测量设计的方差分析,ODI评分方面发现不同组别间差异无统计学意义($F=3.502$, $P=0.062$),不同时间点间差异有统计学意义($F=347.190$, $P<0.001$),组别与时间点间无交互作用($F=0.071$, $P=0.931$)。说明不同时间点的,且随着时间的延长ODI评分逐渐下降,不同组别的ODI评分差异无显著性;腰痛的VAS评分方面发现不同组别间差异有统计学意义($F=32.691$, $P<0.001$),不同时间点间差异有统计学意义($F=866.102$, $P<0.001$),组别与时间点间无交互作用($F=0.665$, $P=0.862$)。说明不同时间点的,且随着时间的延长腰痛的VAS评分逐渐下降,不同组别的腰痛的VAS评分差异存在显著性;腿痛的VAS评分方面发现不同组别间差异有统计学意义($F=24.980$, $P<0.001$),不同时间点间差异有统计学意义($F=693.920$, $P<0.001$),组别与时间点间无交互作用($F=1.986$, $P=0.139$)。说明不同时间点的,且随着时间的延长腿痛的VAS评分逐渐下降,不同组别的腿痛的VAS评分差异存在显著性(表3)。

三、术后并发症情况

学习阶段组和掌握阶段组的并发症发生率分别为7.9%和3.6%。共有3名患者因术中黄韧带与硬膜的严重粘连导致硬膜撕裂,这3名患者均在术中用可吸收硬脊膜补片进行修补,术后未发现大量脑脊液漏、假性脑膜囊肿或脑膜炎等并发症。学习阶

表2 两组腰椎管狭窄症患者围术期情况比较

组别	例数	手术时间 (min, $\bar{x} \pm s$)	估算失血量 (mL, $\bar{x} \pm s$)	隐性失血量 (mL, $\bar{x} \pm s$)	引流量 (mL, $\bar{x} \pm s$)	并发症例数 [例(%)]
学习阶段	38	153.3±44.0	62.4±42.3	207.1±140.5	64.1±43.1	3 (7.9)
掌握阶段	84	129.2±34.5	53.1±31.5	211.2±110.9	29.4±34.4	3 (3.6)
统计值		2.978	1.209	-0.160	-4.752	1.420
P值		0.003	0.188	0.860	0.001	0.664

表3 两组腰椎管狭窄症患者主观评分比较(分, $\bar{x} \pm s$)

组别	例数	ODI 评分			F值	P值
		术前	术后	末次		
学习阶段	38	45.08±2.11	25.33±1.28	22.32±1.37	347.190	<0.001
掌握阶段	84	45.37±1.32	24.89±2.18	22.03±2.09		
F值			3.502			
P值			0.062			

组别	例数	腰痛 VAS 评分			F值	P值
		术前	术后	末次		
学习阶段	38	6.63±0.96	3.13±0.56	2.24±1.23	866.102	<0.001
掌握阶段	84	7.19±1.05	3.29±3.19	2.69±3.53		
F值			32.691			
P值			<0.001			

组别	例数	腿痛 VAS 评分			F值	P值
		术前	术后	末次		
学习阶段	38	6.34±0.96	3.11±0.83	3.18±0.72	693.920	<0.001
掌握阶段	84	7.19±1.14	3.36±0.78	3.58±0.89		
F值			24.980			
P值			<0.001			

段(第26例)和掌握阶段(第86例)各有一名患者因减压不充足而出现术后残留症状。其中,一名患者(第26例)在接受保守治疗后症状得到了改善。另一名患者(第86例)在术后3个月接受了后路腰椎椎间融合手术后症状有所改善。典型病例见图2~6。

讨 论

一、UBE技术发展现状

对于经保守治疗后仍有症状的腰椎管狭窄症,手术是一种有效的治疗方式。手术的主要目的是减轻神经压迫,扩大椎管容量,从而缓解症状。治疗腰椎管狭窄症的手术方法有多种,包括开放手术、显微镜下微创手术和经皮脊柱内镜手术。近年来,UBE技术在脊柱疾病中的应用越来越广泛。该技术的主

要特点是通过皮肤直接创建通道,因此器械移动范围大,减压彻底,骨量切除少。有研究指出,UBE-ULBD的同侧和对侧关节突的保留率分别为78%和85%^[6],而骨量去除较少意味着对腰椎稳定性的影响也较小。作为一项新兴技术,UBE需要一段时间的练习才能完全掌握。学习曲线反映了在一定时期内掌握该技术的速度,也可以显示达到熟练程度所需的手术例数。虽然学习曲线受到某些主观变量的影响,但它可以在一定程度上总结手术经验,提供训练阶段时的参考。

二、学习曲线在UBE技术掌握中的应用

CUSUM分析是对学习曲线进行定量评估的统计指标,可为医生提供及时的图形反馈^[7]。CUSUM准确地表示了按时间顺序排列的手术病例数与外科医生执行特定手术任务的能力之间的时间关系。在

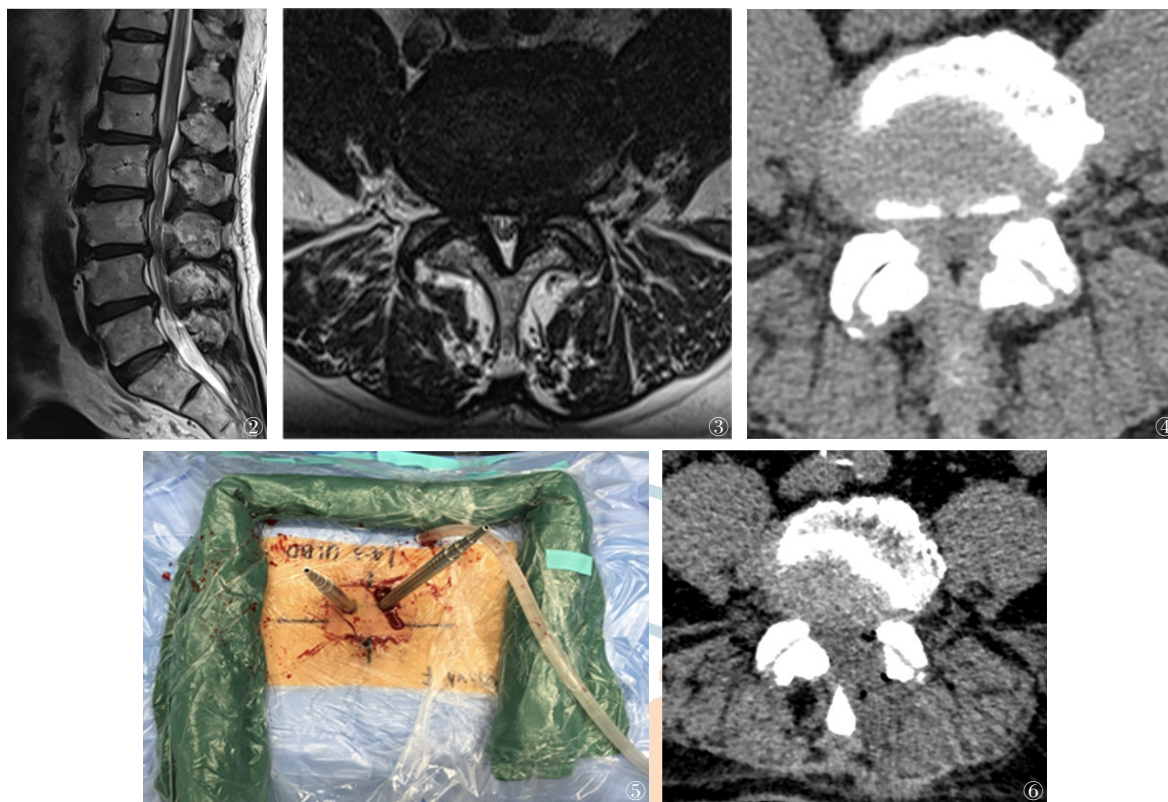


图2~6 患者男性,64岁,诊断为腰椎管狭窄症,行左侧入路下单侧椎板切除下双侧减压手术(UBE-ULBD)。图2~4 术前腰椎MRI及CT提示L_{4/5}节段椎管明显狭窄;图5 术中切口选择及工作通道建立;图6 术后CT平扫横断面示椎管减压充分

整个培训过程中,这种图形表示法对医生来说是一种强有力的形成性评估。在本研究中,我们使用CUSUM方法确定了基于手术时间的学习曲线。结果证实,对于一名在开放和微创脊柱手术方面有一定基础的脊柱外科医生来说,多达38例手术可能就足以掌握该技术。

三、微创脊柱手术学习曲线的相关研究和结果

一些研究报告了其他脊柱手术的学习曲线。Nandyala等^[18]研究了MIS-TLIF手术的学习曲线,发现33例手术后,手术时间逐渐稳定,证明手术技术已经初步掌握。Xu等^[14]对UBE手术的学习曲线进行了初步研究,发现手术时间从第54例开始逐渐稳定并开始缩短。Choi等^[19]报告说,第36例UBE手术后,手术时间可以保持稳定。Kim等^[20]认为至少需要34例手术才能充分掌握UBE下腰椎椎间融合术。本研究对手术时间的CUSUM分析显示,掌握UBE-ULBD技术的分界点为38例。掌握阶段的平均手术时间比学习阶段缩短了约半小时(153.3 min与129.2 min)。此外,掌握阶段的平均失血量和引流量也比学习阶段短。通常,手术时间是评价外科

医生掌握该技术能力的关键指标,但从理论上讲,学习曲线应从手术的安全性以及对患者的获益程度方面进行评价,而不是仅从手术熟练程度方面进行评价。因此,在确定学习曲线时,不仅要考虑手术时间,还要考虑并发症的发生率。在本研究中,学习阶段和掌握阶段的并发症发生率没有明显差异(7.9%与3.6%)。

先前的几项研究讨论了全脊柱内镜学习曲线的特点以及达到技术熟练程度所需的临界点。一项系统评价研究纳入了6项应用椎板间入路方法进行脊柱内镜手术的研究,结果显示学习曲线的临界点平均值为(22.17±12.40)例^[21]。这些学习曲线主要是根据手术时间确定的,掌握组的手术时间比学习初期组短($P<0.05$)。此外,他们还发现截断点前后的患者在疼痛量表、功能预后、手术失败率或并发症发生率方面没有明显差异。Gadjradj等^[22]对不同级别外科医生实施经皮椎间孔镜(percutaneous endoscopic transforaminal discectomy, PETD)手术的学习曲线进行了比较研究,发现初级外科医生组的一年内再手术率高于高级别外科医生组。这些研究结果表明,对手术的掌握程度不仅体现在手术时间的显著

缩短上,更体现在手术疗效和再手术率上。在我们的研究中,没有患者在随访期间出现短期复发。然而对这些患者进行更长时间的随访是非常必要的。

四、研究的局限性分析

本研究存在一些局限性。首先,本研究的术者是在一些简单病例中初步尝试了UBE技术后才实施UBE-ULBD手术的,因此学习曲线的分界点可能会受到一些影响。这个问题在很多类似的研究中都存在,例如,在应用某种技术的早期阶段,外科医生往往会尽量选择单侧症状典型、手术指征明确、复杂程度相对较低的病例,在掌握技术后再逐步开展更具挑战性的手术。其次,由于临床病例的异质性,手术时会遇到不同程度的障碍。例如,粘连严重的病例可能会增加手术难度,延长手术时间。不过,以上这些问题在所有研究中都普遍存在。第三,本研究只纳入了单个外科医生的手术病例,没有对不同级别外科医生的学习曲线进行比较研究。在进行UBE手术时,外科医生的不同资历和是否具有内镜经验都会影响学习周期。

参 考 文 献

- 1 Kreiner DS, Shaffer WO, Baisden JL, et al. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of degenerative lumbar spinal stenosis (update) [J]. *Spine J*, 2013, 13(7): 734-743.
- 2 Lai MKL, Cheung PWH, Cheung JPY. A systematic review of developmental lumbar spinal stenosis [J]. *Eur Spine J*, 2020, 29(9): 2173-2187.
- 3 Khalifeh JM, Massie LW, Dibble CF, et al. Decompression of lumbar central spinal canal stenosis following minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion [J]. *Clin Spine Surg*, 2021, 34(8): E439-E449.
- 4 Li W, Wei HB, Zhang R. Different lumbar fusion techniques for lumbar spinal stenosis: a Bayesian network meta-analysis [J]. *BMC Surg*, 2023, 23(1): 345.
- 5 Lin L, Liu XQ, Shi L, et al. Comparison of postoperative outcomes between percutaneous endoscopic lumbar interbody fusion and minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion for lumbar spinal stenosis [J]. *Front Surg*, 2022, 9: 916087.
- 6 Silva PS, Jardim A, Pereira J, et al. Minimally invasive fusion surgery for patients with degenerative spondylolisthesis and severe lumbar spinal stenosis: a comparative study between MIDLIF and TLIF [J]. *Eur Spine J*, 2023, 32(9): 3210-3217.
- 7 Hwa Eum J, Hwa Heo D, Son SK, et al. Percutaneous biportal endoscopic decompression for lumbar spinal stenosis: a technical note and preliminary clinical results [J]. *J Neurosurg Spine*, 2016, 24(4): 602-607.
- 8 Li TS, 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.
- 9 Özer Mİ, Demirtaş OK. Comparison of lumbar microdiscectomy and unilateral biportal endoscopic discectomy outcomes: a single-center experience [J]. *J Neurosurg Spine*, 2024, 40(3): 351-358.
- 10 Tan B, Zheng YH, Lei C, et al. Unilateral biportal endoscopy vs. open decompression for lumbar epidural lipomatosis-cohort study using a prospective registry [J]. *Front Neurol*, 2024, 15: 1366357.
- 11 Wang F, Wang R, Zhang C, et al. Clinical effects of arthroscopic-assisted uni-portal spinal surgery and unilateral bi-portal endoscopy on unilateral laminotomy for bilateral decompression in patients with lumbar spinal stenosis: a retrospective cohort study [J]. *J Orthop Surg Res*, 2024, 19(1): 167.
- 12 He BL, Zhu ZC, Lin LQ, et al. Comparison of biportal endoscopic technique and uniportal endoscopic technique in Unilateral Laminectomy for Bilateral Decompression (ULBD) for lumbar spinal stenosis [J]. *Asian J Surg*, 2024, 47(1): 112-117.
- 13 Guo WL, Ye JY, Li T, et al. Evaluation of the learning curve and complications in unilateral biportal endoscopic transforaminal lumbar interbody fusion: cumulative sum analysis and risk-adjusted cumulative sum analysis [J]. *J Orthop Surg Res*, 2024, 19(1): 194.
- 14 Xu JC, Wang D, Liu JD, et al. Learning curve and complications of unilateral biportal endoscopy: cumulative sum and Risk-Adjusted cumulative sum analysis [J]. *Neurospine*, 2022, 19(3): 792-804.
- 15 Novoa NM and Varela G. Monitoring surgical quality: the cumulative sum (CUSUM) approach [J]. *Mediastinum*, 2020, 4: 4.
- 16 Ito Z, Shibayama M, Nakamura S, et al. Clinical comparison of unilateral biportal endoscopic laminectomy versus microendoscopic laminectomy for Single-Level laminectomy: a Single-Center, retrospective analysis [J]. *World Neurosurg*, 2021, 148: e581-e588.
- 17 Hu YN, Jolissaint JS, Ramirez A, et al. Cumulative sum: a proficiency metric for basic endoscopic training [J]. *J Surg Res*, 2014, 192(1): 62-67.
- 18 Nandyala SV, Fineberg SJ, Pelton M, et al. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: one surgeon's learning curve [J]. *Spine J*, 2014, 14(8): 1460-1465.
- 19 Choi DJ, Choi CM, Jung JT, et al. Learning curve associated with complications in biportal endoscopic spinal surgery: challenges and strategies [J]. *Asian Spine J*, 2016, 10(4): 624-629.
- 20 Kim JE, Yoo HS, Choi DJ, et al. Learning curve and clinical outcome of biportal Endoscopic-Assisted lumbar interbody fusion [J]. *Biomed Res Int*, 2020, 2020: 8815432.
- 21 Ahn Y, Lee S, Son S, et al. Learning curve for interlaminar endoscopic lumbar discectomy: a systematic review [J]. *World Neurosurg*, 2021, 150: 93-100.
- 22 Gadraj PS, Vreeling A, Depauw PR, et al. Surgeons learning curve of transforaminal endoscopic discectomy for sciatica [J]. *Neurospine*, 2022, 19(3): 594-602.

(收稿日期:2024-06-04)

(本文编辑:吕红芝)

邵佳申, 张志武, 孟海, 等. 单侧双通道脊柱内镜技术治疗腰椎管狭窄症的临床疗效和学习曲线研究 [J/CD]. 中华老年骨科与康复电子杂志, 2024, 10(4): 202-208.