

微创经椎间孔腰椎体间融合术采用混合内固定的学习曲线

肖波, 毛克亚, 王岩, 肖嵩华, 张永刚, 张西峰, 张雪松, 王征, 崔庚, 陆宁, 朱守荣

(中国人民解放军总医院骨科 100853 北京市)

【摘要】目的:探讨微创经椎间孔腰椎体间融合术(minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion, MIS-TLIF)采用椎弓根螺钉结合经椎板关节突螺钉混合内固定的学习曲线。**方法:**回顾性分析我院 2009 年 10 月~2011 年 7 月收治的 48 例单节段腰椎退变性疾病患者,采用单侧切口进行 MIS-TLIF 手术,置入单侧椎弓根螺钉后同一切口向对侧置入经椎板关节突螺钉,按时间先后顺序分成 A~D 四组,每组 12 例。对手术时间、术中出血量、手术并发症、置入经椎板关节突螺钉失败率、融合率及术后疗效进行组间比较。**结果:**随访时间 12~30 个月,平均 16.3 个月。手术时间 A 组为 139.17 ± 18.32 min, B 组为 115.00 ± 14.62 min, C 组为 110.83 ± 11.04 min, D 组为 110.83 ± 18.32 min; 术中出血量 A 组为 140.83 ± 33.76 ml, B 组为 83.33 ± 28.39 ml, C 组为 69.17 ± 25.03 ml, D 组为 64.17 ± 25.75 ml。B、C、D 三组的手术时间和术中出血量均明显小于 A 组,差异有显著性($P < 0.05$),而 B、C、D 三组组间差异无显著性($P > 0.05$)。A 组出现并发症 3 例(25.0%),其中 2 例硬膜囊破裂和 1 例神经损伤;B 组发生 1 例硬膜囊破裂(8.3%),C、D 组无并发症;A 组置入经椎板关节突螺钉失败 2 例(16.7%),B 组失败 1 例(8.3%),C、D 组无失败病例;4 组均无不融合病例。四组间并发症发生率、经椎板关节突螺钉置钉失败率及融合率差异无显著性($P > 0.05$)。术前腰痛/腿痛 VAS 评分 A 组为 4.3 ± 3.2 分/ 5.5 ± 3.1 分, B 组为 4.5 ± 3.8 分/ 6.8 ± 3.7 分, C 组为 4.1 ± 3.5 分/ 5.7 ± 3.6 分, D 组为 4.8 ± 3.1 分/ 6.3 ± 4.1 分; 术后 1 年时 A 组为 1.3 ± 1.1 分/ 0.4 ± 0.3 分, B 组为 1.4 ± 0.9 分/ 0.3 ± 0.2 分, C 组为 1.2 ± 0.8 分/ 0.3 ± 0.4 分, D 组为 1.4 ± 1.0 分/ 0.2 ± 0.2 分。术前 ODI 评分 A 组为 $(40.2 \pm 8.1)\%$, B 组为 $(45.4 \pm 9.7)\%$, C 组为 $(43.2 \pm 7.9)\%$, D 组为 $(39.2 \pm 8.4)\%$; 术后 1 年时 A 组为 $(15.2 \pm 8.7)\%$, B 组为 $(14.8 \pm 9.4)\%$, C 组为 $(13.9 \pm 8.6)\%$, D 组为 $(14.1 \pm 7.9)\%$ 。各组腰痛、腿痛 VAS 评分及 ODI 评分术后 1 年较术前显著改善($P < 0.05$),而各组间差异无显著性($P > 0.05$)。**结论:**MIS-TLIF 采用混合内固定为直视下操作,大大缩短了学习曲线,可获得可靠的融合和满意的临床效果。

【关键词】经椎间孔腰椎间融合术;经椎板关节突螺钉;微创;学习曲线

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2013.03.04

中图分类号:R681.5 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2013)-03-0209-06

The learning curve of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion hybrid using pedicular screws and translamina facet screw system/XIAO Bo, MAO Keya, WANG Yan, et al/Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2013, 23(3): 209-214

【Abstract】 Objectives: To investigate the learning curve of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion(MIS-TLIF) hybrid using pedicular screws and translamina facet screw. **Methods:** A retrospective analysis was performed on 48 patients who underwent MIS-TLIF using pedicular screws and a translamina facet screw complex in our hospital from October 2009 to July 2011. They were divided chronologically into 4 groups with 12 cases in each group. The operation time, intra-operative blood loss, the operative complications, the instrument failure rate, the fusion rate and the clinical outcomes were recorded and compared between every 2 groups. **Results:** The mean follow-up was 16.3 months, and the average operation time was (139.17 ± 18.32) min, (115.00 ± 14.62) min, (110.83 ± 11.04) min, and (110.83 ± 18.32) min for group A-D respectively. The average intra-operative blood loss was (140.83 ± 33.76) ml, (83.33 ± 28.39) ml, (69.17 ± 25.03) ml, and

基金项目:军队十二五课题(编号:CWS11J110),国家自然科学基金(编号:50830102),国家 863 计划(编号:2009AA02Z405)

第一作者简介:男(1983-)主治医师,在读硕士研究生,研究方向:脊柱外科、生物材料

电话:(010)66938302 E-mail:xiaobo94@sina.com

通信作者:毛克亚 E-mail:maokeya@sina.com

(64.17±25.75)ml for group A-D respectively. Group B, C, D had less operation time and blood loss than group A ($P<0.05$), while no statistical difference existed among group B, C, D. Complications were noted in 3 patients, which included 2 dura tearing and 1 neurological injury in group A, 1 dura tearing in group B. The instrument failure was noted in 2 patients in group A, 1 in group B. No case of nonunion was found, there was no statistical difference among 4 groups ($P>0.05$). The visual analogue scales (VAS) for back and leg pain of each group before operation were as follows: A, (4.3±3.2)/(5.5±3.1), B, (4.5±3.8)/(6.8±3.7); C, (4.1±3.5)/(5.7±3.6), D, (4.8±3.1)/(6.3±4.1); 1 year after operation were as follows: A, (1.3±1.1)/(0.4±0.3); B, (1.4±0.9)/(0.3±0.2); C, (1.2±0.8)/(0.3±0.4); D, (1.4±1.0)/(0.2±0.2). The Oswestry disability index (ODI) scores of each group before operation were as follows: A, (40.2±8.1)%; B, (45.4±9.7)%; C, (43.2±7.9)%; D, (39.2±8.4)%; 1 year after operation were as follows: A, (15.2±8.7)%; B, (14.8±9.4)%; C, (13.9±8.6)%; D, (14.1±7.9)%, which all showed significant improvement compared with those of preoperation ($P<0.05$), but no statistical difference existed among 4 groups ($P>0.05$). **Conclusions:** The MIS-TLIF using pedical screws and a translamina facet screw complex working under straight view, that can significantly lower the the learning curve, improve fusion rate and clinical outcome.

[Key words] Transforaminal lumbar interbody fusion; Translamina facet screw; Minimally invasive; Learning curve

[Author's address] Department of Orthopedics, Chinese People's Liberation Army General Hospital, Beijing, 100853, China

1997年 Foley 和 Smith^[1]开发了扩张管道系统用于微创治疗椎间盘突出和侧隐窝狭窄,减少了腰椎后路常规手术对椎旁肌的牵拉和剥离。2003年 Foley 等^[2,3]又报道了微创经椎间孔入路腰椎椎间融合 (MIS-TLIF) 技术。毛克亚等^[4]在 METRx™ X-tube 下将单侧椎弓根螺钉内固定联合对侧椎板关节突螺钉 (UPS+TLFS) 用于微创经椎间孔腰椎椎间融合术 (minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion, MIS-TLIF), 在一个平均 28.6mm 的小切口内实现了减压、椎间盘切除、椎体间融合和双侧混合内固定, 具有创伤小、恢复快、缩短住院时间和减少内固定费用等优点, 获得良好的临床效果; UPS+TLFS 称为混合内固定 (hybrid fixation)。和传统手术相比, 微创手术技术要求和操作难度高, 需特殊设备和工具。尽管很多文章提到微创外科的学习曲线陡峭、长^[5-7], 但很少有专门文章对一项新技术的学习曲线进行讨论分析。笔者通过回顾 2009 年 10 月~2011 年 7 月的 48 例行 MIS-TLIF+混合内固定手术的连续病例, 探讨该项新技术的学习曲线, 以有助于该项技术的学习和推广。

1 资料与方法

1.1 一般资料

2009 年 10 月~2011 年 7 月, 共有连续 48 例腰椎退变性疾病患者在我院行 MIS-TLIF+混合内固定手术, 其中男性 31 例, 女性 17 例; 年龄 22~

68 岁, 平均 (41.8±11.0) 岁; 手术节段: L4/5 22 例, L5/S1 26 例。纳入标准: (1) 严重腰痛和单侧下肢疼痛; (2) 经严格保守治疗 3 个月无效; (3) 影像学表现为单节段腰椎间盘突出严重退变伴单侧突出, 临床症状与影像学特征相符。排除标准: (1) 多节段腰椎间盘病变; (2) 有腰部手术、骨折、肿瘤、感染等病史; (3) 腰椎滑脱和峡部裂。手术均由同一医生主刀完成。患者按接受手术的时间先后顺序编为 1~48 号, 分成 A~D 四组, 每组 12 例。各组临床资料详见表 1。

1.2 手术方法

患者全身麻醉俯卧位, 注意保持腹部悬空和受压部位衬垫。单侧 MIS-TLIF 手术方法参照毛克亚等^[8]的方法。经椎板关节突螺钉 (translaminal facet screw, TFS) 置入方法: 术前在病变节段的 CT 或 MRI 断层影像上测量经椎板关节突螺钉的外倾角度, 正位 X 线片上测量病变节段经椎板关节突螺钉的尾倾角度。术中完成 MIS-TLIF 和单侧的椎弓根螺钉内固定后, 将 METRx™ X-tube 工作套管撑开复原后后撤一部分, 或者将工作套管撤出采用小拉钩暴露棘突根部。进针点位于棘突根部中点后侧 5.0mm 处, 根据术前测量角度进行外倾和尾倾, 依次穿过椎板、对侧小关节到对侧横突的基底部, 进一步采用 C 型臂 X 线机透视确认方向和位置正确后, 在透视监视下使用直径 3.2mm 钻头钻孔, 球头探针确认钉道四壁和前方均为骨壁, 确定位置正确后测量钉道长度, 攻丝后

置入直径 4.5mm 全螺纹皮质骨螺钉, C 型臂 X 线机透视再次确定螺钉位置正确后关闭伤口。在止血彻底的前提下, 可不放置引流。

1.3 观察指标

记录患者围手术期指标, 包括手术时间、术中出血量、并发症和置入经椎板关节突螺钉失败率。术中或术后 3d 行 CT 平扫+三维重建确定内固定位置良好, 术后 3d、3 个月、6 个月、1 年定期复查腰椎正侧位 X 线片, 术后 1 年行 CT 平扫+三维重建, 采用 SUK 融合标准^[9]评估椎间融合情况。术后疗效评价: 分别在术前、术后 5d、术后 1 年采用视觉模拟评分(VAS)进行腰痛、腿痛情况评分, 分别在术前、术后 3 个月、术后 1 年采用 Oswestry 功能障碍指数(ODI)进行评分。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 13.0 统计软件对数据进行统计学分析, 计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 多组计量数据间比较采用 F 检验, 组间比较采用 q 检验, 率的比较采用卡方检验, 以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

A、B、C、D 各组的平均年龄、性别构成和手术节段构成比较差异无统计学意义($P > 0.05$, 表 1)。

各组的手术时间、手术出血量见表 2。B、C、D

三组的手术时间和术中出血量均明显小于 A 组, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 而 B、C、D 三组组间差异无统计学意义($P > 0.05$)。随着术者经验的增加, 手术时间和术中出血量均降低(图 1); 从第 13 例病例开始手术时间和术中出血量平稳, 没有剧烈的波动。

A 组中共出现 3 例并发症, 其中第 3、5 例出现硬脊膜破裂, 第 11 例出现暂时性神经根牵拉损伤。2 例硬脊膜破裂, 由于减压时硬脊膜与黄韧带粘连紧密而手术视野小造成硬脊膜破裂, 因通道底部直径只有 40mm, 无法直接缝合修补, 以纤维蛋白胶和明胶海绵覆盖, 严密缝合伤口, 放置引流, 术后未发生脑脊液漏, 由于引流量少, 在术后 2d 左右拔除引流管。1 例神经根损伤术后出现下肢麻木考虑为术中神经根牵拉损伤, 经术后甘露醇脱水、甲强龙抗炎、甲钴胺营养神经对症治疗, 2 周后完全恢复。B 组出现 1 例并发症, 为第 13 例在摘除硬膜囊前方硬化、粘连的髓核时导致硬脊膜撕裂, 修复方法同前, 术后无脑脊液漏发生。C、D 两组未再出现并发症。4 组间并发症发生率差异无统计学意义($P > 0.05$)。

A 组中的第 3、7 例和 B 组中的第 13 例由于 TLFS 位置不理想, 反复置钉 3 次仍不佳, 遂放弃置入 TLFS, 改为对侧行经皮椎弓根螺钉内固定

表 1 四组病例临床资料的比较

Table 1 The comparison of clinical data in 4 groups

	A组(n=12) Group A	B组(n=12) Group B	C组(n=12) Group C	D组(n=12) Group D	P
年龄(岁) Age(year)	39.83±9.00	39.42±12.67	44.67±10.82	43.08±11.74	0.602
性别(男/女) Sex(male/female)	9/3	9/3	6/6	7/5	0.483
手术节段(L4/5)/(L5/S1) Operation segment	3/9	9/3	4/8	6/6	0.070

表 2 四组病例间手术时间、手术出血量、并发症和置入 TLFS 失败数的比较

Table 2 The comparison of operation time, blood loss, complication and failed TLFS placement number in 4 groups

	A组(n=12) Group A	B组(n=12) Group B	C组(n=12) Group C	D组(n=12) Group D
手术时间(min) Operation time	139.17±18.32	115.00±14.62 ^①	110.83 ±11.04 ^①	110.83±18.32 ^①
手术出血量(ml) Blood loss	140.83±33.76	83.33±28.39 ^①	69.17±25.03 ^①	64.17±25.75 ^①
并发症 Complication	3(25%)	1(8.33%)	0	0
置入 TLFS 失败数 Failed TLFS placement number	2(16.67%)	1(8.33%)	0	0

注: ①与 A 组比较 $P < 0.05$

Note: Compared with group A, $P < 0.05$

术。C、D 两组未再出现置入 TLFS 失败的情况。所有病例均未出现 MIS-TLIF 改为开放手术的情况。四组间置入 TLFS 失败率差异无统计学意义 ($P>0.05$)。

所有患者平均随访 16.3 个月,临床症状均缓解。术后 1 年与术前的腰痛、腿痛 VAS 评分及 ODI 评分差异存在统计学意义 ($P<0.05$,表 3)。4 组间腰痛、腿痛 VAS 评分及 ODI 评分差异无统计学意义 ($P>0.05$,表 3)。影像学复查示内固定位置良好(图 2),A、B、C、D 四组的融合情况见表 3,组间比较差异无统计学意义 ($P>0.05$)。

3 讨论

3.1 描述学习曲线的意义

学习曲线常用来评价一种手术技术的学习难易程度,学习曲线短、平缓表示该技术容易掌握。描述学习曲线的优点有两方面:首先,学习曲线为决定学习新技术的外科医生提供有价值的信息。如果新方法相对简单仅仅是已熟悉技术的小扩

展,那么外科医生只需要在相对短的时间内即可整合这项新技术。如果新方法具有较长或陡峭的学习曲线,那他们需要严谨的学习策略,包括在尸体标本上进行练习和跟随有经验的外科医生学习。其次,学习曲线可能影响临床结果的研究。新技术与传统方法的对比研究应从外科医生达到学习曲线的平稳期开始,否则在评价新技术临床效果时会产生不利的偏倚^[10]。

3.2 混合内固定的优点

MIS-TLIF 行内固定的目的是通过初始的机械稳定性来实现早期下地行走和提高椎体间的融合率,而选用何种内固定方式存在争议。Schleicher 等^[11]采用 8 具新鲜尸体腰椎比较 TLIF 手术中几种内固定的生物力学强度,结果显示双侧椎弓根螺钉固定强度与混合内固定相比差异无统计学意义,二者强度均显著高于单侧椎弓根螺钉,证实采用单侧椎弓根螺钉结合对侧经椎板关节突螺钉混合内固定在生物力学上具有可行性。尽管 Suk 等^[12]认为采用单侧椎弓根螺钉固定行腰椎融合的临床效果和融合率等同于双侧椎弓根固定,其报道的单侧椎弓根螺钉固定发生内固定失败的几率是 12.8%明显高于双侧组的 5.0%。Aoki 等^[13]认为单侧椎弓根内固定有发生椎间融合器向后移位的潜在风险。我们认为单侧椎弓根内固定力学性能的局限性及术后椎间融合器移位、内固定失败的可能需要引起临床医生的重视。故我们认为 MIS-TLIF 采用单侧椎弓根螺钉结合对侧经椎板关节突螺钉混合内固定是一个有益的尝试。而我们的研究也显示,术后随访 1 年未出现不融合的情况,腰痛、腿痛 VAS 评分及 ODI 评分显著低于术前,获得良好的融合及临床疗效。同时我们采用

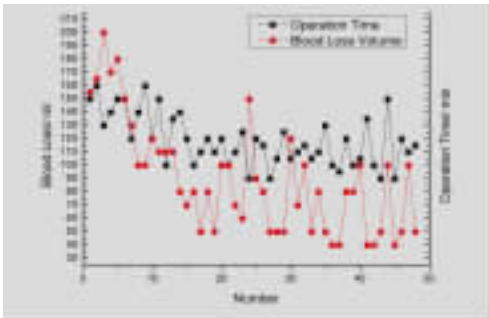


图 1 手术时间和术中出血量与病例序号的关系
Figure 1 The relationship between operation time/blood loss volume and case serial number

表 3 四组病例间融合情况、疗效评分的比较
Table 3 The comparison of fusion and clinical outcome in 4 groups

	融合/可能融合 (术后 1 年) Fusion/probable fusion(POD 1year)	腰痛 VAS(分) VAS for back pain			腿痛 VAS(分) VAS for leg pain			ODI(%)		
		术前 PreOP	术后 5d POD 5 day	术后 1 年 POD 1 year	术前 PreOP	术后 5d POD 5 day	术后 1 年 POD 1 year	术前 PreOP	术后 5d POD 5 day	术后 1 年 POD 1 year
A组 Group A	5/7	4.3±3.2	3.8±2.5	1.3±1.1 ^①	5.5±3.1	2.8±1.5	0.4±0.3 ^①	40.2±8.1	22.7±9.9	15.2±8.7 ^①
B组 Group B	5/7	4.5±3.8	3.9±1.9	1.4±0.9 ^①	6.8±3.7	2.4±1.3	0.3±0.2 ^①	45.4±9.7	21.3±8.6	14.8±9.4 ^①
C组 Group C	7/5	4.1±3.5	3.4±2.3	1.2±0.8 ^①	5.7±3.6	2.6±1.4	0.3±0.4 ^①	43.2±7.9	22.3±9.2	13.9±8.6 ^①
D组 Group D	8/4	4.8±3.1	3.6±2.7	1.4±1.0 ^①	6.3±4.1	2.3±0.9	0.2±0.2 ^①	39.2±8.4	19.2±7.5	14.1±7.9 ^①

注:①与术前相比 $P<0.05$
Note: ①Compared with preoperative, $P<0.05$ (PreOP=preoperative, POD=postoperative day)

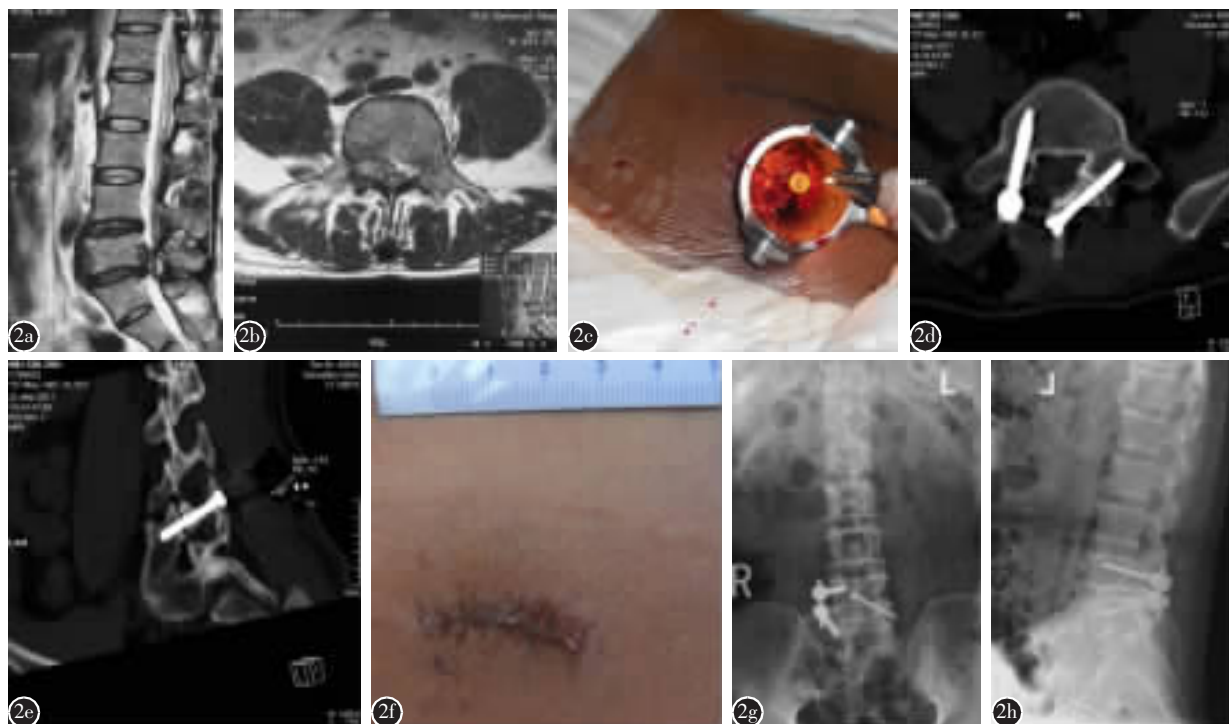


图2 患者,男性,43岁,腰部疼痛2年,加重伴右侧下肢放射痛15d a、b 术前腰椎MRI示L5/S1椎间盘脱出 c 经通道直视下置入经椎板关节突螺钉 d、e 术后横断面及矢状面CT示经椎板关节突螺钉位置良好 f 手术切口长约2.8cm g、h 术后腰椎正侧位X线片示内固定位置良好

Figure 2 Male, 43 years, low back pain for 2 years, deterioration and combined with right lower extremity pain for 15 days a, b Preoperative MRI show intervertebral disc prolapsed at L4/5 c Placing translamina facet screw under straight view using a working tube d, e Cross section and sagittal plane CT show good position of translamina facet screw f The incision was about 2.8cm long g, h Postoperative lumbar radiographs showed well position of internal fixations

1枚普通皮质骨螺钉固定对侧,降低了内固定费用,具有较高成本效益。

3.3 MIS-TLIF 采用混合内固定的学习曲线

外科医生需要大量时间来掌握新的手术方法并使技术熟练^[14]。微创外科技术(minimally invasive surgical techniques, MIST)的学习曲线比传统外科技术更长、更陡峭,这时由于它的手术视野受限和需要特殊外科器械造成的^[15,16]。手术的学习曲线由下面几个因素决定:手术时间、术中出血量、手术完成情况和并发症^[17]。随着术者技术的成熟、经验丰富,学习曲线的波幅趋于平缓。本研究分析了本科同一手术小组连续完成的48例X-tube下单节段MIS-TLIF采用混合内固定手术。从图2显示,前12例MIS-TLIF采用混合内固定手术完成以后,其余手术病例的手术时间明显缩短,术中出血量也明显减少。此外,统计学分析显示:A组手术时间与B、C、D组差异有统计学意义,而后3组之间差异无统计学意义;A组手术出

血量与B、C、D组间差异有统计学意义,而后3组之间差异无统计学意义;表明在前12例病例之后,术者进行此项新技术的手术时间、术中出血量基本保持不变。从手术并发症来看,4例手术并发症中3例发生于前12例,可能与手术视野小、手术操作不熟练有关。3例由于置钉经验不足,TLFS位置反复置入3次仍不佳,遂放弃置入,改为对侧行经椎弓根螺钉内固定,也主要发生于前12例,通过改进置钉方法,后面的病例未出现置钉失败的情况。随着手术例数的增加,手术技巧提高,手术时间、术中出血量、并发症和手术完成情况达到一个相对稳定的阶段。由此推断,X-tube下单节段MIS-TLIF采用混合内固定的学习曲线为12例左右,学习曲线短、平缓,适合于推广学习。

3.4 影响学习曲线的因素

影响学习曲线的因素包括:患者的选择、术者的解剖知识和术者的心理素质等^[18]。最初的病例选择很重要。在我们的研究中,最初的病例选择年

龄轻、只有单侧症状的腰椎间盘突出症患者,排除多节段、骨质增生严重、椎管狭窄严重的病例。最初病例的成功将鼓舞外科医生并增加他们的自信,有助于缩短训练周期。随着术者经验的积累,在后期术者可在一侧完成双侧的减压,手术的适应证扩展至有双侧症状的腰椎管狭窄症伴腰椎不稳等。此外,丰富的解剖知识也有助于缩短训练周期,MIST 不但需要传统的大体解剖知识,还需要更多微创解剖和影像学解剖知识来指导临床工作。

3.5 直视下操作对 MIS-TLIF 采用混合内固定学习曲线的影响

本研究在 X-tube 通道和光源辅助下完成 MIS-TLIF 采用混合内固定术,减压、椎间融合及内固定置入均可在直视下完成,学习曲线明显缩短,仅 12 例左右,而且没有显著增加早期学习病例并发症的发生,四组间并发症发生率差异无统计学意义($P>0.05$)。Nowitzke^[19]报道了内窥镜下行微创椎间盘切除术的学习曲线为 30 例左右。这个数目超过了本研究学习曲线的 2 倍,分析原因:前者是在直视下完成手术,后者是在内窥镜下完成手术。内窥镜下操作会给术者带来很大的限制,如电视影像为二维图像,操作时手眼分离,管道仅 18mm、操作空间狭小等。相反,直视下操作可认为是传统开放手术操作的延伸,手眼协同要求降低,操作空间相对增加,具有熟练开放手术经验的医师可以快速掌握该技术,缩短学习曲线。

4 参考文献

1. Foley KT, Smith MM. Microendoscopic discectomy[J]. Tech Neurosurg, 1997, 3(4): 301-307.
2. Foley KT, Lefkowitz MA. Advances in minimally invasive spine surgery[J]. Clin Neurosurg, 2002, 49: 499-517.
3. Foley KT, Holly LT, Schwender JD. Minimally invasive lumbar fusion[J]. Spine, 2003, 28(15 Suppl): S26-35.
4. 毛克亚, 王岩, 肖嵩华, 等. 单侧微创经椎间孔腰椎体间融合术采用椎弓根螺钉结合经椎板关节突螺钉混合内固定可行性研究[J]. 中华外科杂志. 2011, 49(12): 1067-1070.
5. Peng CW, Yue WM, Poh SY, et al. Clinical and radiological outcomes of minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion[J]. Spine, 2009, 34(13): 1385-1389.
6. Wu RH, Fraser JF, Hartl R. Minimal access versus open transforaminal lumbar interbody fusion: meta-analysis of fusion rates[J]. Spine, 2010, 35(26): 2273-2281.
7. Wang J, Zhou Y, Zhang ZF, et al. Minimally invasive or open transforaminal lumbar interbody fusion as revision surgery for patients previously treated by open discectomy and decompression of the lumbar spine[J]. Eur Spine J, 2011, 20(4): 623-628.
8. 毛克亚, 王岩, 肖嵩华, 等. 微创手术治疗单节段腰椎管狭窄症的疗效评价[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2011, 21(2): 113-117.
9. Suk SI, Lee CK, Kim WJ, et al. Adding posterior lumbar interbody fusion to pedicle screw fixation and posterolateral fusion after decompression in spondylolytic spondylolisthesis[J]. Spine, 1997, 22(2): 210-219.
10. McLoughlin GS, Fournay DR. The learning curve of minimally-invasive lumbar microdiscectomy [J]. Can J Neurol Sci. 2008, 35(1): 75-78.
11. Schleicher P, Beth P, Ottenbacher A, et al. Biomechanical evaluation of different asymmetrical posterior stabilization methods for minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion[J]. J Neurosurg Spine, 2008, 9(4): 363-371.
12. Suk KS, Lee HM, Kim NH, et al. Unilateral versus bilateral pedicle screw fixation in lumbar spinal fusion [J]. Spine, 2000, 25(14): 1843-1847.
13. Aoki Y, Yamagata M, Nakajima F, et al. Examining risk factors for posterior migration of fusion cages following transforaminal lumbar interbody fusion: a possible limitation of unilateral pedicle screw fixation[J]. J Neurosurg Spine, 2010, 13(3): 381-387.
14. Newton PO, Parent S, Marks M, et al. Prospective evaluation of 50 consecutive scoliosis patients surgically treated with thoracoscopic anterior instrumentation[J]. Spine, 2005, 30(17 Suppl): S100-109.
15. Boursier J, Konate A, Guilly M, et al. Learning curve and interobserver reproducibility evaluation of liver stiffness measurement by transient elastography[J]. Eur J Gastroenterol Hepatol, 2008, 20(7): 693-701.
16. Jamali FR, Soweid AM, Dimassi H, et al. Evaluating the degree of difficulty of laparoscopic colorectal surgery[J]. Arch Surg, 2008, 143(8): 762-767.
17. Righesso O, Falavigna A, Avanzi O. Comparison of open discectomy with microendoscopic discectomy in lumbar disc herniations: results of a randomized controlled trial[J]. Neurosurgery, 2007, 61(3): 545-549.
18. Son-Hing JP, Blakemore LC, Poe-Kochert C, et al. Video-assisted thoracoscopic surgery in idiopathic scoliosis: evaluation of the learning curve[J]. Spine, 2007, 32(6): 703-707.
19. Nowitzke AM. Assessment of the learning curve for lumbar microendoscopic discectomy[J]. Neurosurgery, 2005, 56(4): 755-762.

(收稿日期:2012-11-04 修回日期:2012-12-09)

(英文编审 蒋欣/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)