

DOI:10.3969/j.issn.1005-202X.2026.08.013

医学信号处理与医学仪器

国产智能反馈超声刀在早期肺癌胸腔镜解剖性肺段切除术中的应用

宋源凯¹,熊新明¹,杨鑫¹,刘士强¹,曹良启²,王伟¹

1.广州医科大学附属第二医院胸外科,广东广州 510260;2.广州医科大学附属第二医院肝胆外科,广东广州 510260

【摘要】目的:评估具有智能算法功能及精细刀头的国产新型超声刀在解剖性肺段切除手术中的安全性、有效性及可操作性。**方法:**通过对比单极电钩、常规国产超声刀(酷卡秀)、具有智能算法功能及精细刀头的国产新型超声刀(迈瑞UP700系列)、进口超声刀(强生Harmonic ACE+7)在解剖性肺段切除手术中的安全性、有效性及可操作性。对比4组患者的平均手术时间、术中平均出血量、术后24 h引流量、术后住院时间、术后疼痛评分、术后并发症发生率,以及手术医师对能量器械的使用评价。**结果:**使用国产新型超声刀和进口超声刀组患者的手术时长、术中出血量、术后24 h引流量均明显低于使用单极电钩和国产常规超声刀组患者($P<0.05$),使用国产新型超声刀和进口超声刀的两组患者之间无明显差异。使用国产新型超声刀和进口超声刀组患者术后咳嗽的程度更轻,手术医师对国产新型超声刀和进口超声刀的使用评价更高。**结论:**在解剖性肺段切除手术中,应用国产新型超声刀的安全性、有效性及可操作性均优于单极电钩、常规国产超声刀,且效果不劣于进口超声刀。

【关键词】超声刀;肺癌;肺段切除术

【中图分类号】R318;R734.2

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2026)08-1085-08

Application of domestic intelligent feedback ultrasonic scalpel in thoracoscopic anatomical segmentectomy for early-stage lung cancer

SONG Yuankai¹, XIONG Xinming¹, YANG Xin¹, LIU Shiqiang¹, CAO Liangqi², WANG Wei¹

1. Department of Thoracic Surgery, the Second Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510260, China;

2. Department of Hepatobiliary Surgery, the Second Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510260, China

Abstract: Objective To evaluate the safety, efficacy and operability of a novel domestic ultrasonic scalpel with intelligent algorithm capabilities and a precision blade in anatomical lung segmentectomy. **Methods** The safety, efficacy and operability of monopolar electrocautery hook, conventional domestic ultrasonic scalpel (CoagCutSure), novel domestic ultrasonic scalpel with intelligent algorithm capabilities and a precision blade (Mindray UP700 series), and imported ultrasonic scalpel (Johnson & Johnson Harmonic ACE+7) in anatomical lung segmentectomy were compared. Mean operative time, intraoperative blood loss, 24-hour postoperative drainage volume, postoperative length of hospital stay, postoperative pain score, and postoperative complication rate in 4 groups were compared. Surgeons' assessments of energy-based instruments were also compared. **Results** The operative time, intraoperative blood loss, and 24-hour postoperative drainage volume of the patients in the novel domestic and imported ultrasonic scalpel therapy groups were significantly lower than those in the monopolar electrocautery hook and conventional domestic ultrasonic scalpel therapy groups ($P<0.05$), and there was no significant difference between the novel domestic and imported ultrasonic scalpel therapy groups. The postoperative cough of the patients in the novel domestic and imported ultrasonic scalpel therapy groups were milder. The surgeons rated the novel domestic and imported ultrasonic scalpel higher. **Conclusion** For anatomical lung segmentectomy, the novel domestic ultrasonic scalpel exhibits superior safety, efficacy and operability relative to monopolar electrocautery hook and conventional domestic ultrasonic scalpel, with efficacy comparable to the imported ultrasonic scalpel.

Keywords: ultrasonic scalpel; lung cancer; anatomical lung segmentectomy

【收稿日期】2026-03-18

【基金项目】广东省基础与应用基础研究基金(2023A1515220144, 2024A1515220142)

【作者简介】宋源凯,主治医师,研究方向:肺癌的综合诊疗,E-mail: songyuankai1995@163.com

【通信作者】王伟,副教授,研究方向:肺癌和食管癌的微创诊疗,E-mail: rswangwei@126.com

前言

肺癌是发病率和致死率最高的恶性肿瘤之一,近年来随着人们健康意识的提高和低剂量螺旋CT的广泛应用,早期肺癌的检出率显著增高^[1-3]。针对早期肺癌的治疗,保留更多肺功能的胸腔镜肺段切

除术开展得越来越广泛^[4-5]。与传统肺叶切除术相比,解剖性肺段切除术需要更精细的段间平面识别和更精准的组织分离技术,这就需要更精细的手术器械进行辅助^[6]。超声刀广泛用于胸腔镜下肺部手术,有减少出血、改善手术进程、减少并发症等作用^[1,7-8]。但在肺段切除术中,由于组织致密、间隙不明、血管解剖变异较大等原因^[9-10],即使超声刀具有更强的止血、切割效果,但目前对组织的游离以及淋巴结的清扫还是以单极电凝钩为主,对段间平面的处理仍以直线切割缝合器为主^[1,7,11-12]。这与目前超声刀粗大的刀头、不易进行精细游离有很大关系。另外,国产超声刀虽具有价格优势,但大部分刀头粗大不易进行精细操作,且缺少先进的能量平台及智能算法而不能进行稳定的能量输出,易导致热辐射损伤周围组织,且无法保证对小血管的离断止血效应^[8,13-14],进口的强生 Harmonic ACE+7 超声刀已被证实能安全用于直径小于 7 mm 血管的离断,但价格昂贵,增加手术费用和医疗支出^[15-16]。因此,对于具有智能算法功能及精细刀头的国产新型超声刀,运用于解剖性肺段切除具有良好的前景,其应用效果、安全性及可操作性仍需进一步评估。本研究旨在对比单极电钩、常规国产超声刀、具有智能算法功能及精细刀头的国产新型超声刀、进口超声刀在解剖性肺段切除术中的安全性、有效性及可操作性。

1 资料与方法

本研究为单中心前瞻性随机对照临床试验,研究经广州医科大学附属第二医院伦理委员会审核通过(伦理审批号:KY-EC2024-035)。研究患者入组时间段为2024年2月~2025年12月。

1.1 研究对象

广州医科大学附属第二医院胸外科收治并施行胸腔镜解剖性肺段切除术的患者。所有患者为肺内单发结节,既往无放化疗及胸部手术史。肺段切除手术指征符合《中华医学会肺癌临床诊疗指南(2025版)》^[17]、《原发性肺癌诊疗指南(2022年版)》^[18]及美国国立综合癌症网络指南^[19]中对亚肺叶切除及肺段切除适应症的建议。

依据单盲原则,通过随机数表将患者随机分为4组,术中分别使用单极电钩、常规国产超声刀(酷卡秀)、具有智能算法功能及精细刀头的国产新型超声刀(迈瑞UP700)及进口超声刀(强生 Harmonic ACE+7)进行游离等操作,每组纳入30例患者,共纳入120例患者。收集入组患者的基线数据,包括患者的性别、年龄、体质量指数(BMI)、吸烟史、基础疾病、既往史、术前检验和检查结果,以及肺功能、心功能等评估情况,结果如表1所示,4组患者基线资料无显著差异。

表1 患者基线资料比较
Table 1 Comparison of the baseline data of patients

基线资料	单极电钩(<i>n</i> =30)	酷卡秀(<i>n</i> =30)	迈瑞 UP700(<i>n</i> =30)	强生 ACE+7(<i>n</i> =30)	<i>P</i> 值
年龄(岁, $\bar{x}\pm s$)	51.45±8.28	53.15±9.45	52.95±9.16	52.05±7.98	0.776
性别(男/女)	15/15	14/16	17/13	14/16	0.849
BMI(kg·m ⁻² , $\bar{x}\pm s$)	22.81±1.16	23.23±1.54	22.66±1.35	23.12±1.28	0.490
FEV1%($\bar{x}\pm s$)	78.55±5.48	75.78±5.96	76.94±4.98	78.12±5.21	0.794
LVEF(% , $\bar{x}\pm s$)	63.65±6.47	65.28±7.05	64.74±6.21	64.35±6.45	0.918
糖尿病(有/无)	5/25	3/27	5/25	5/25	0.853
COPD(有/无)	3/27	3/27	5/25	4/26	0.840
吸烟史(有/无)	10/20	10/20	11/19	8/22	0.868

FEV1%:第1秒用力呼气容积占预计值的百分比;LVEF:左心室射血分数;COPD:慢性阻塞性肺疾病

依据医保收费细则,肺部手术中使用超声刀为固定收费项目,不再收取超声刀耗材费用,因此使用各品牌超声刀的收费相同,但医疗成本有明显差异。3种超声刀的基本参数如表2所示。

1.2 手术方法

以右上肺后段(RS2)切除术为例,手术流程及技

术^[11,20-25]如下:患者静吸复合麻醉后,予双腔气管插管全麻。取左侧卧位,以腋中线与腋前线之间第4肋间做约4 cm长切口,以切口保护套覆盖切口。经切口腹侧角置入10 mm胸腔镜,探查胸腔内情况,松解可能存在的胸膜黏连等。结合术前胸部CT和三维重建影像及术中触诊再次确定结节位置后,分别使

表2 超声刀的基本参数

Table 2 Basic parameters of ultrasonic scalpels

参数	酷卡秀	迈瑞 UP700	强生 ACE+7
刀头厚度/mm	4.40	3.40	4.11
支持臂厚度/mm	2.15	2.06	2.14
能量头宽度/mm	2.40	1.48	2.12
支持臂宽度/mm	2.95	1.95	2.44
凝闭血管直径/mm	3	5	7
刀头涂层	无	有	有
支持臂涂层	无	有	无
成本费用/元	490	1 290	2 499

用电钩、常规国产超声刀(酷卡秀)、国产新型超声刀(迈瑞 UP700)及进口超声刀(强生 ACE+7)进行组织分离。切开肺门上缘纵隔胸膜,于右肺斜裂和水平裂交界处打开叶间裂,显示中心静脉,辨认前段静脉 V3、后段静脉 V2 以及 V2 的属支 V2t。离断 V2t 后,从其起点处继续向深处游离后段静脉主干,显露和辨认 V2a+b 及 V2c。解剖显露出右肺动脉主干,从水平裂和斜裂的交汇处向远端分离,暴露右肺上叶后升支动脉 A2b 并离断。游离后段支气管 B2,夹闭后,麻醉医生配合膨肺,见右肺上叶前段及中下叶膨胀后,切割闭合器离断右肺上叶支气管 B2。继续向远端游离后段静脉 V2a+b,显露 V2b,予离断。再次嘱麻醉医生配合膨肺,胸腔镜调整为荧光模式,经中心静脉导管注射适量吲哚菁绿,同时使用“荧光法”+“膨胀-萎陷法”确认段间平面后,以切割闭合器沿着右肺上叶后段与尖端、前段之间的界限,完整切除右肺上叶后段。用标本袋取出标本,将病灶及后段支气管断端送快速冰冻病理检查。根据病理检查结果选择是否清扫肺门及纵隔淋巴结。膨肺试漏,修补漏气点。充分止血,创面覆盖止血纱并喷洒生物胶水。查无明显活动性出血后,留置 20 号胸腔闭式引流管并接水封瓶,逐层缝合关胸。麻醉复苏后拔除气管插管,返回病房,术后 72 h 内均予以自控镇痛,必要时追加口服镇痛药物。如图 1 所示,分别使用单极电钩、酷卡秀超声刀、迈瑞 UP700 超声刀和强生 ACE+7 超声刀进行游离操作。

1.3 数据收集

(1)基线数据:包括患者的性别、年龄、BMI、吸烟史、基础疾病、既往史、术前检验和检查结果,以及肺功能、心功能等评估情况。(2)围手术期相关数据收集:手术相关资料包括病灶大小、手术部位、手术时间、术中出血量,术后资料包括病理结果、恶性肿瘤

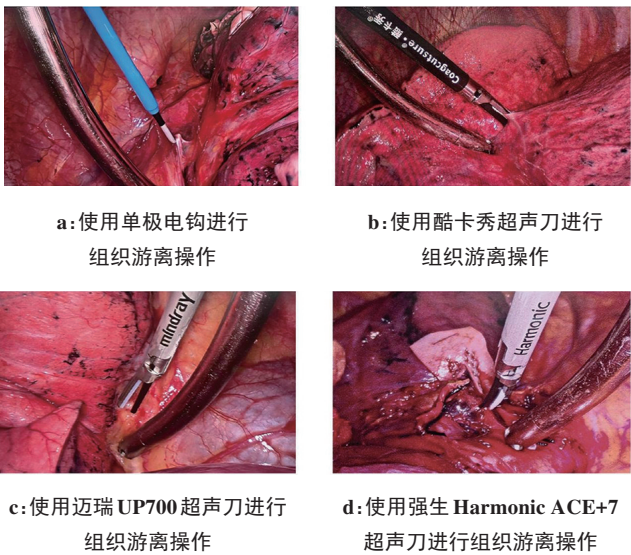


图1 超声刀在手术中的游离操作

Figure 1 Dissection maneuvers of the ultrasonic scalpel in surgical procedures

TNM 分期、术后胸腔引流管留置时间、引流量(术后第 1、2、3 天)、术后住院时间、术后疼痛 VAS 评分(术后第 1、2、3、7 天)、术后咳嗽情况(术后第 7 天)、术后并发症情况(术后漏气、肺炎等)、手术费用等,术后第 7 天时若患者已出院则行电话随访。(3)手术医师评价及反馈:根据《超声手术系统综合评估专家共识(2023)》^[13],设计问卷调查表,评估手术医师在手术过程中对相应器械在安全性、有效性、可操作性等方面的主观评价及建议。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件分析数据,经检验满足正态性及方差齐性要求的计量资料采用均数±标准差表示,重复测量计量数据采用重复测量方差分析,组内 LSD-*t* 检验,两组组间对比采用独立样本 *t* 检验,多组间对比采用 ANOVA 检验并进行 Bonferroni 校正。计数资料用[例(%)]表示,行卡方检验或 Fisher 确切概率法。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者的基线资料和手术情况

4 组患者的基线资料如表 1 所示,包括年龄、性别、BMI、术前 FEV1%、LVEF、吸烟史、合并 2 型糖尿病、合并 COPD 等情况,组间进行比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),提示 4 组患者之间可比性良好。4 组能量器械在组织抓持、分离、裸化血管等术中操作的应用情况如图 1 所示,其均能达到手术效果及要求。

4 组患者的术后病理结果、恶性肿瘤 TNM 分期

如表3所示。对手术标本进行石蜡病理检查,其良恶性占比、恶性肿瘤TNM分期均无明显差异。对于恶性肿瘤病例,均为IA~IB期,未见II期,未见区域淋巴结转移病例。4组患者手术切除的肺段情况如表3所

示,对比术前CT定位及术中切除评估情况,术前及术中定位基本相符,各肺段均有涵盖,组间分布无明显差异。

表3 患者病理分期及手术部位
Table 3 Pathological stages and surgical sites

病理分期及手术部位		单极电钩(n=30)	酷卡秀(n=30)	迈瑞UP700(n=30)	强生ACE+7(n=30)
病理及TNM分期	良性病变	3	4	4	2
	0期	4	5	3	6
	IA1期	7	7	6	8
	IA2期	7	6	8	5
	IA3期	6	5	6	6
	IB期	3	3	3	3
右肺切除情况	尖段S1	3	3	2	4
	后段S2	2	4	3	3
	前段S3	2	3	4	3
	背段S6	3	3	3	2
	内基底段S7	0	1	0	1
	前基底段S8	2	1	1	1
	后基底段S10	0	1	1	0
	尖后段S1+S2	2	1	1	3
左肺切除情况	固有段S1+S2+S3	4	5	5	3
	前段S3	1	2	2	0
	舌段S4+S5	4	3	4	6
	背段S6	4	2	2	3
	前内基底段S7+S8	2	1	1	0
	后基底段S10	1	0	1	1

2.2 患者术中情况及术后并发症比较

4组患者的手术情况如表4所示,使用单极电钩和酷卡秀超声刀组患者的手术时长、术中出血量和术后24 h引流量均明显高于使用迈瑞UP700超声刀组和强生ACE+7超声刀组患者,差异均有统计学意义($P<0.05$),其中单极电钩组和酷卡秀超声刀组之间、迈瑞UP700超声刀组和强生ACE+7超声刀组之间差异无统计学意义($P>0.05$)。术后第1、2、3天的引流情况如图2所示,使用迈瑞UP700超声刀组和强生ACE+7超声刀组患者的术后前3 d引流情况差异无统计学意义($P>0.05$),但从术后第1天起均明显低于使用单极电钩和酷卡秀超声刀组患者($P<0.05$)。

使用迈瑞UP700超声刀组和强生ACE+7超声刀组患者术后并发症发生率明显更低。UP700组仅有1人出现术后漏气,ACE+7组有2人出现术后漏气,

明显低于使用单极电钩和酷卡秀超声刀组患者,差异有统计学意义($P<0.05$)。使用迈瑞UP700超声刀组和强生ACE+7超声刀组患者术后肺炎发生率更低,约为使用单极电钩和酷卡秀超声刀组患者的一半。但4组患者术后胸管留置天数、术后住院时长差异均无统计学意义($P>0.05$)。

2.3 患者术后疼痛评分及咳嗽情况

随访患者术后第1、2、3、7天时的疼痛VAS评分(表5),发现4组患者术后疼痛VAS评分无明显差异,提示其疼痛程度相当。术后第1天大部分患者VAS评分集中在6~7分,部分患者需要额外的口服镇痛药物干预。随后患者疼痛程度逐渐下降,待拔除引流管或术后7天左右,疼痛VAS评分约为1~2分,基本不影响日常生活的水平,提示术后恢复情况良好。因术后早期要求患者主动咳嗽,故对患者术后

表4 患者术中情况及术后并发症
Table 4 Intraoperative conditions and postoperative complications

术中情况及并发症	单极电钩(n=30)	酷卡秀(n=30)	迈瑞UP700(n=30)	强生ACE+7(n=30)
手术时长(min, $\bar{x}\pm s$)	158.6±36.75 ^{&}	155.1±35.44 ^{&}	122.7±32.68 ^{*#}	123.5±37.28 ^{*#}
术中出血量(mL, $\bar{x}\pm s$)	72.6±31.85	65.8±30.48	42.5±21.97 ^{*#}	40.9±24.68 ^{*#}
术后24 h引流量(mL, $\bar{x}\pm s$)	141.7±27.18	136.7±31.88	90.33±36.81 ^{*#}	83.67±43.59 ^{*#}
术后漏气[例(%)]	10(33.33)	8(26.67)	1(3.33) ^{*#}	2(6.67) ^{*#}
术后肺炎[例(%)]	9(30.00)	10(33.33)	5(16.67)	4(13.33)
胸管留置天数(d, $\bar{x}\pm s$)	3.53±0.82	3.47±0.90	3.27±0.69	3.30±0.70
术后住院时长(d, $\bar{x}\pm s$)	4.43±0.77	4.40±0.89	4.57±0.90	4.47±0.82

与单极电钩比较,**P*<0.05;与酷卡秀比较,#*P*<0.05;与迈瑞UP700比较,&*P*<0.05

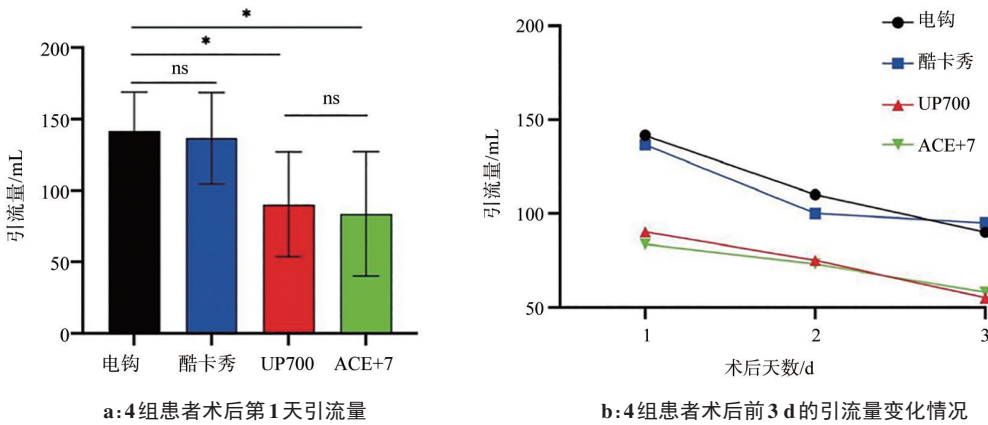


图2 术后前3 d引流情况
Figure 2 Drainage status in the first 3 days after surgery

**P*<0.05;ns:无统计学差异

第7天的咳嗽情况进行评估,此时大部分患者已出院。使用迈瑞UP700超声刀和强生ACE+7超声刀组患者术后咳嗽的程度更轻,其主要为轻至中度咳嗽,大部分患者可忍受,自行服用“润喉”含片后可明显缓解,对生活及睡眠基本无影响。而使用单极电钩和酷卡秀超声刀组患者术后第7天主要为重度咳嗽,

对生活及睡眠影响大,需就医开具止咳药物治疗。(轻度:偶有咳嗽,不影响日常生活及睡眠。中度:咳嗽频发发作,伴有咽喉部不适,对日常生活及睡眠有一定影响。重度:持续发作的咳嗽,影响日常生活及睡眠,单一止咳药物干预可明显改善。极重度:持续剧烈咳嗽,导致呕吐等并发症,需多种药物干预)。

表5 患者术后疼痛评分及咳嗽情况
Table 5 Postoperative pain scores and cough status

术后疼痛评分及咳嗽情况	单极电钩(n=30)	酷卡秀(n=30)	迈瑞UP700(n=30)	强生ACE+7(n=30)
术后疼痛 VAS评分(分, $\bar{x}\pm s$)				
术后第1天	6.43±1.36	6.13±1.57	6.27±1.34	6.36±1.47
术后第2天	3.86±1.41	3.77±1.31	3.93±1.46	3.83±1.21
术后第3天	2.97±1.45	2.87±1.33	2.67±1.06	2.6±1.43
术后第7天	1.37±1.00	1.43±0.86	1.33±0.71	1.4±0.97
术后第7天咳嗽程度[例(%)]				
轻度	1(3.33)	2(6.67)	8(26.67)	9(30.00)
中度	9(30.00)	8(26.67)	14(46.66)	13(43.33)
重度	15(50.00)	16(53.33)	6(20.00)	5(16.67)
极重度	5(16.67)	4(13.33)	2(6.67)	3(10.00)

2.4 使用评价及反馈

手术结束后对手术医师及护士进行问卷调查。单极电钩结构简单、安装便捷、故障率低,用于组织分离和切割时表现良好,但抓持和凝血效果较差,不能用于血管的离断,使用时烟雾较大、切缘黏连较重。酷卡秀超声刀可在多种能量平台上使用,抓持性能好、切割速率快,但进行组织分离时较笨重,凝血效果一般,用于血管离断时稳定性差,手柄手感差、易误触,长时间使用手部易疲劳,较易出现机械故障、垫片熔断、性能衰减等异常。强生ACE+7超声刀需使用对应的能量平台主机,抓持、分离、切割和凝血效率较高,效果较稳定,刀头较灵巧,手柄握持感良好,但切割较厚组织时易产生黏连焦痂。迈瑞UP700能量平台可兼容多品牌、多类型能量器械,超声刀手柄握持舒适、不易疲劳,使用时很少出现故障,刀头最灵巧,抓持、分离、切割和凝血效率较高,安装难度较强生ACE+7超声刀更容易。

3 讨论

胸腔镜解剖性肺段切除术已经成为治疗早期肺癌的重要手术方式而广泛开展^[4,23]。在胸腔镜肺段切除手术中存在组织致密、间隙不明、血管解剖变异较大等问题,且该术式的操作空间更深、更狭窄,对组织进行精准分离的操作要求更高,因此对手术分离的能量器械也有更高的要求^[9-10]。单极电钩和超声刀是最常用的两种分离器械,单极电钩小巧灵活,但产热较大,易造成周围组织热辐射损伤^[8]。超声刀止血效果更强、能有效减少热损伤,从而减少并发症^[1,13]。部分研究指出,以进口超声刀为主进行分离段间平面等操作在单孔胸腔镜肺段切除术中是安全可行的^[1,7-8]。但进口的Harmonic ACE+7超声刀价格昂贵,极大增加手术费用和医疗支出。国产超声刀虽具有价格优势,但大部分刀头粗大不易进行精细操作,且缺少先进的能量平台及智能算法而不能进行稳定的能量输出,易导致热辐射损伤周围组织,无法保证对小血管的离断止血效应^[8,13]。

国产的迈瑞UP700超声刀同时兼具智能算法功能及精细刀头,能有效改善传统超声刀的不足,同时具有明显的价格优势。目前一台手术可能需要多种设备,手术间内设备常拥挤不堪,不同设备主机之间交互各不相同,而迈瑞UP700的能量平台可将手术中需要的能量设备融合到一起,其含有超声刀、电刀、单极器械、双极器械的接头,并且可兼容不同品牌的操作手柄,极大程度上节约手术室空间、降低购买其他能量平台的成本。按现行的收费细则,肺段手术中使用超声刀应收费约为1776元,不再加收

超声刀耗材费。因此使用ACE+7超声刀则会导致每台手术亏损约723元,使用酷卡秀超声刀虽未产生亏损,但其术后可能需花更多的时间、精力、金钱成本去促进康复。而使用UP700超声刀,既不产生亏损,又不增加额外的时间、金钱成本,具有明显的价格优势。与国产的酷卡秀超声刀和进口的ACE+7超声刀相比,国产UP700超声刀头更薄、更窄。如表2所示,经测量,UP700超声刀头厚度约3.40 mm,较ACE+7的4.11 mm轻薄约17%,较酷卡秀的4.40 mm轻薄约23%。UP700超声刀头宽约1.95 mm,较ACE+7的2.44 mm缩窄约20%,较酷卡秀的2.95 mm缩窄约34%。更精巧的刀头代表更容易进入组织间隙、精细操作更顺畅,同时UP700的刀尖更圆润,保证其分离时的安全性,减少误伤风险。随着腔镜技术的进步,对手术区域的处理从“围绕血管操作”进步到“紧贴血管操作”,这就要求能量器械输出更稳定、热辐射更少。超声刀因其无电流、无神经肌肉刺激而脱颖而出,UP700超声刀具有实时能量补偿系统,侧向热损伤更少,能有效减少周围组织热辐射损伤,提升手术安全性,这保证在肺段手术中使用超声刀游离裸化血管的安全性和稳定性^[26]。在肺段手术中常遇到一系列“非预期性出血或损伤”情况,通常是由于能量器械使用后产生的黏连撕裂所致,需要花较长时间和精力进行修补,能量器械的防黏连涂层可明显减少此类事件发生。研究中发现使用UP700超声刀组患者较少需要缝合修补、手术时间更短。经查阅资料,UP700的能量头和支持臂均有防黏连涂层,ACE+7超声刀能量头具有防黏连涂层,酷卡秀超声刀均无涂层,这与本研究观察到的黏连现象是一致的。

在胸腔镜解剖性肺段切除手术中,常需使用多种器械搭配完成对组织的抓持、分离、切割、凝血等操作,UP700超声刀具有多功能性,能较好地完成抓持、分离、切割、凝血等操作,减少术中器械更换,能缩短手术时间。结合本研究结果,与单极电钩和酷卡秀超声刀相比,UP700超声刀组患者的术中出血量、手术时间明显更低,提示使用UP700超声刀进行肺段手术切除,能极大地提升手术效率、减少术中出血量,明显降低术后漏气和肺炎的发生率,其应用效果和安全性与进口超声刀相当。UP700超声刀具有先进的能量平台及智能算法以控制稳定的能量输出,在离断小血管及止血效果方面有突破性进展。对于较薄的肺组织,可直接进行游离和切割,很少出现渗血和漏气,对小血管也可直接进行离断,大大减少二次缝合、血管结扎的时间。对比使用单极电钩和普通超声刀的手术病例,平均每台手术可减少1~2

枚切割吻合钉的使用,进一步降低手术费用。本研究发现使用UP700超声刀和强生ACE+7超声刀组患者术后第7天的咳嗽程度更轻,可能与其对迷走神经的热辐射损伤更低有关^[14,27]。另一方面,从术后第1天起,使用UP700超声刀和强生ACE+7超声刀组患者的引流量就更少,约术后3~4 d,4组患者均能达到拔管指征,但UP700和ACE+7组患者拔管前引流更少,提示其局部炎症反应更低、神经刺激较弱,进一步降低术后咳嗽的程度。术后咳嗽程度的减轻,极大改善患者术后感受,进一步提升术后康复的速度,减少医疗费用^[27-28]。

研究中发现各组能量器械的输出稳定性具有较大差异。国产酷卡秀超声刀在使用频率较高、时长较长的手术中易表现出性能快速衰减、故障频发。手术后期出现切割及凝血效率降低、切缘黏连加重、烟雾增多影响视野等情况。UP700超声刀和ACE+7超声刀在长时间手术中性能衰减较少,输出稳定,手术早期和后期表现基本一致,但ACE+7超声刀更易出现切缘黏连情况。护士反馈UP700超声刀安装便捷、调试简单、故障率更低。使用过程中医生反馈酷卡秀超声刀手柄按键扳机贴合度差,整体手感一般,前期易误触,后期按键反应变迟缓,操作中需保持手部持续用力,较易出现手部疲劳。UP700超声刀和ACE+7超声刀手柄手感良好,按键和扳机反馈到位,具有施力缓冲,长期使用不易疲劳。在进行组织分离和钳夹过程中,UP700超声刀刀头具有的特殊弧度,可获得更好的观察视野和更大的操作范围,能进一步提升手术效率和安全性。

本研究的不足之处在于病例较少,且为单中心研究,期待多中心使用国产新型超声刀后能提供更多国产超声刀改进思路,推动国产能量器械发展。

4 结论

迈瑞UP700超声刀能适应狭小操作空间、致密组织间隙的精细操作,具有先进的能量平台及智能算法以控制稳定的能量输出,在解剖性肺段切除术中,应用国产迈瑞UP700超声刀的安全性、有效性及可操作性均优于单极电钩、常规国产超声刀,且效果不劣于进口超声刀,同时还具有明显的价格优势,能明显提升临床效果、手术效率、医生操作满意度,进一步促进术后快速康复、节约医疗成本,具有更好的社会、经济效益。

【参考文献】

[1] 孙继伟,贾敬周. 能量器械结合直线切割缝合器分离段间平面在胸腔镜下肺段切除术中的应用[J]. 癌症进展, 2024, 22(23): 2607-2611.

Sun JW, Jia JZ. Application of energy instrument combined with linear cutting and suturing device to separate intersegment plane in thoracoscopic segmental resection[J]. *Oncology Progress*, 2024, 22(23): 2607-2611.

[2] 赵俊松,崔利,何江波,等. 上海22351例无症状体检者低剂量CT肺癌筛查及随访结果初步分析[J]. 诊断学理论与实践, 2019, 18(2): 183-188.

Zhao JS, Cui L, He JB, et al. Lung cancer screening by low-dose CT in asymptomatic population undergoing physical examination: preliminary analysis of 22 351 cases in Shanghai [J]. *Journal of Diagnostics Concepts & Practice*, 2019, 18(2): 183-188.

[3] Sung H, Ferlay J, Siegel RL, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. *CA Cancer J Clin*, 2021, 71(3): 209-249.

[4] Saji H, Okada M, Tsuboi M, et al. Segmentectomy versus lobectomy in small-sized peripheral non-small-cell lung cancer (JCOG0802/WJOG4607L): a multicentre, open-label, phase 3, randomised, controlled, non-inferiority trial[J]. *Lancet*, 2022, 399(10335): 1607-1617.

[5] Charloux A, Quoix E. Lung segmentectomy: does it offer a real functional benefit over lobectomy?[J]. *Eur Respir Rev*, 2017, 26(146): 170079.

[6] Bertolaccini L, Tralongo AC, Del Re M, et al. Segmentectomy vs. lobectomy in stage IA non-small cell lung cancer: a systematic review and meta-analysis of perioperative and survival outcomes[J]. *Lung Cancer*, 2024, 197: 107990.

[7] 陈刚,汪方清,阮卫民,等. 能量器械与切割缝合器在肺部小结节肺段切除术的应用对比研究[J]. 临床肺科杂志, 2021, 26(4): 499-502.

Chen G, Wang FQ, Ruan WM, et al. A comparative study on the application of energy instruments and cutting staples in pulmonary nodules segmentectomy[J]. *Journal of Clinical Pulmonary Medicine*, 2021, 26(4): 499-502.

[8] 陈昊,黄麟,郑斌,等. 单孔胸腔镜下肺段切除术中超声刀分离段间平面的应用研究[J]. 中华胸部外科电子杂志, 2019, 6(2): 131-135.

Chen H, Huang L, Zheng B, et al. Usefulness of an ultrasonic scalpel in segmental plane separation in single hole thoracoscopic surgery for pulmonary segmentectomy: an applied study[J]. *Chinese Journal of Thoracic Surgery (Electronic Edition)*, 2019, 6(2): 131-135.

[9] Ohtaki Y, Shimizu K. Anatomical thoracoscopic segmentectomy for lung cancer[J]. *Gen Thorac Cardiovasc Surg*, 2014, 62(10): 586-593.

[10] Zhong CX, Fang WT, Mao T, et al. Comparison of thoracoscopic segmentectomy and thoracoscopic lobectomy for small-sized stage IA lung cancer[J]. *Ann Thorac Surg*, 2012, 94(2): 362-367.

[11] 陈亮,王俊,吴卫兵,等. 胸腔镜精准肺段切除术技术流程和质量控制[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2019, 26(1): 21-28.

Chen L, Wang J, Wu WB, et al. Technical process and quality control of precise thoracoscopic lung segmentectomy[J]. *Chinese Journal of Clinical Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 2019, 26(1): 21-28.

[12] 陈亮,吴卫兵. 胸腔镜解剖性肺段切除术技术要点[J]. 中国肺癌杂志, 2016, 19(6): 377-381.

Chen L, Wu WB. The main technical points of thoracoscopic anatomical lung segment resection [J]. *Chinese Journal of Lung Cancer*, 2016, 19(6): 377-381.

[13] 中国医学装备协会应用评价分会. 超声手术系统综合评估专家共识[J]. 中国医学装备, 2023, 20(2): 176-188.

China Association of Medical Equipment-Application Evaluation Branch. An expert consensus of comprehensive assessment on ultrasonic scalpel[J]. *China Medical Equipment*, 2023, 20(2): 176-188.

[14] Wang BK, Wang FQ, Chen G, et al. The impact of using suture ligatures as a replacement for staplers and reducing excessive thermal energy on outcomes after pulmonary segmentectomy: a prospective cohort study[J]. *Front Oncol*, 2025, 15: 1628701.

[15] Jing CQ, Chen YZ, Shang L, et al. Ultrasonic surgical and electrosurgical system (USES) with conventional ultrasonic scalpel (CUS) in gastrectomy: a retrospective cohort study [J]. *Cost Eff Resour Alloc*, 2022, 20(1): 21.

[16] Li CQ, Niu ZY, Xu JM, et al. Evaluation of ultrasonic energy for sealing 5-7 mm blood vessels in thoracoscopic surgery: a noninferiority randomized controlled trial[J]. *Transl Lung Cancer Res*, 2025, 14(9): 3636-3644.

[17] 中华医学会肿瘤学分会. 中华医学会肺癌临床诊疗指南(2025版)[J]. 中华肿瘤杂志, 2025, 47(9): 769-810.

- Oncology Society of Chinese Medical Association. Chinese medical association guideline for clinical diagnosis and treatment of lung cancer (2025 edition)[J]. Chinese Journal of Oncology, 2025, 47(9): 769-810.
- [18] 国家卫生健康委办公厅. 原发性肺癌诊疗指南(2022年版)[J]. 协和医学杂志, 2022, 13(4): 549-570.
General Office of National Health Commission of the People's Republic of China. Clinical practice guideline for primary lung cancer (2022 version)[J]. Medical Journal of Peking Union Medical College Hospital, 2022, 13(4): 549-570.
- [19] Riely GJ, Wood DE, Aisner DL, et al. NCCN guidelines® insights: non-small cell lung cancer, version 7.2025[J]. J Natl Compr Canc Netw, 2025, 23(9): 354-362.
- [20] 贾昱欣, 张家豪, 陈学瑜, 等. 单孔胸腔镜解剖性肺段切除术的临床应用与研究进展[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2022, 29(10): 1376-1383.
Jia YX, Zhang JH, Chen XY, et al. Clinical application and research progress of uniportal video-assisted thoracoscopic anatomic segmentectomy [J]. Chinese Journal of Clinical Thoracic and Cardiovascular Surgery, 2022, 29(10): 1376-1383.
- [21] 许德新, 陈新富. 胸腔镜下复杂肺段切除术吲哚菁绿荧光反染法与改良膨胀萎陷法的对比研究[J]. 中国微创外科杂志, 2023, 23(5): 325-331.
Xu DX, Chen XF. A comparison study of indocyanine green fluorescence reverse staining method and modified inflation-collapse method in thoracoscopic complex segmentectomy[J]. Chinese Journal of Minimally Invasive Surgery, 2023, 23(5): 325-331.
- [22] 晋建, 梁栋, 王云飞, 等. 肺段切除术中段间平面识别的研究进展[J]. 中国微创外科杂志, 2025, 25(3): 180-184.
Jin J, Liang D, Wang YF, et al. Research progress on intersegmental plane identification in pulmonary segmentectomy[J]. Chinese Journal of Minimally Invasive Surgery, 2025, 25(3): 180-184.
- [23] 胡坚, 陈军, 陈昶, 等. 肺部结节(≤ 2 cm)楔形切除胸外科全国专家共识(2023版)[J]. 中国肺癌杂志, 2023, 26(5): 338-347.
Hu J, Chen J, Chen C, et al. Wedge resection of pulmonary nodules (≤ 2 cm): a consensus statement by specialists of thoracic surgery (2023 edition)[J]. Chinese Journal of Lung Cancer, 2023, 26(5): 338-347.
- [24] Zheng B, Xu GB, Fu XY, et al. Management of the inter-segmental plane using the "Combined Dimensional Reduction Method" is safe and viable in uniportal video-assisted thoracoscopic pulmonary segmentectomy[J]. Transl Lung Cancer Res, 2019, 8(5): 658-666.
- [25] Andolfi M, Potenza R, Seguin-Givelet A, et al. Identification of the intersegmental plane during thoracoscopic segmentectomy: state of the art[J]. Interact Cardiovasc Thorac Surg, 2020, 30(3): 329-336.
- [26] Shi YC, Wu SZ, Ma SS, et al. Comparison between wedge resection and lobectomy/segmentectomy for early-stage non-small cell lung cancer: a Bayesian meta-analysis and systematic review[J]. Ann Surg Oncol, 2022, 29(3): 1868-1879.
- [27] Guan H, Han ZJ, Wan QF, et al. Persistent cough after segmental resection, an issue that clinicians need to pay more attention to[J]. Front Oncol, 2025, 15: 1621841.
- [28] Lin RJ, Chen W, Zhu LL, et al. Comparison of postoperative cough-related quality of life and recovery between sublobectomy and lobectomy for early-stage non-small cell lung cancer patients: a longitudinal study[J]. BMC Pulm Med, 2022, 22(1): 154.

(编辑:陈丽霞)