

DOI:10.3724/SP.J.1008.2012.00833

不同经脐入路腹腔镜手术置入装置力学评估

谢晓峰¹, 朱江帆^{1*}, 宋成利², 张东升³, 吴文武²

1. 同济大学附属东方医院普通外科, 上海 200120

2. 教育部微创医疗器械工程研究中心, 上海 200093

3. 上海大学力学系, 上海 200444

[摘要] **目的** 对不同经脐入路腹腔镜手术器械置入装置(Port)进行力学评估, 比较在模拟操作过程中这些置入装置的操作灵活性。**方法** 用腹腔镜模拟训练箱和3种常用的经脐入路腹腔镜手术 Port(Multi-ports、TriPort、SILS Port)组建评估平台。用万能材料试验机通过水平、垂直牵引实验产生对应于位移的受力曲线, 对3种 Port 进行水平和垂直方向的力学评估。**结果** 水平牵引实验中, 作用于3组 Port 的牵引力, Multi-ports 组 < SILS Port 组 < TriPort 组, 3组间牵引力差异均有统计学意义($P < 0.05$)。垂直牵引实验中, 手术器械在 Port 通道中垂直推进时受力, Multi-ports 组 < SILS Port 组 < TriPort 组, 3组间差异均有统计学意义($P < 0.05$); 手术器械在通道中垂直退出时受力, Multi-ports 组 < TriPort 组 < SILS Port 组, 3组间差异均有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** 3种常用的经脐入路手术 Port 进行水平和垂直方向移动时, Multi-ports 所需力最小, 操作相对更为灵活。

[关键词] 经脐入路内镜手术; 腹腔镜检查; 置入装置; 力学

[中图分类号] R 616.2 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2012)08-0833-04

Mechanical evaluation of three access devices for transumbilical laparoscopic surgery

XIE Xiao-feng¹, ZHU Jiang-fan^{1*}, SONG Cheng-li², ZHANG Dong-sheng³, WU Wen-wu²

1. Department of General Surgery, East Hospital, Tongji University, Shanghai 200120, China

2. Shanghai Institute for Minimally Invasive Therapy, Shanghai 200093, China

3. Department of Mechanics, Shanghai University, Shanghai 200444, China

[Abstract] **Objective** To make the horizontal and vertical mechanical evaluation for different access devices (Port) in transumbilical laparoscopic surgery, and to compare the maneuverabilities of these devices during the process. **Methods** A laparoscopic training box was combined with Multi-ports, TriPort and SILS Port to construct the evaluation platforms. A universal testing machine was used for evaluating the mechanics of the three devices on horizontal and vertical direction by traction experiments. **Results** In the horizontal traction experiment, the forces were significantly different on the instruments with different access devices (Multi-ports < SILS Port < TriPort, $P < 0.05$). In the vertical friction test, there were also significant differences among the three groups, with the friction forces being Multi-ports < SILS Port < TriPort when the instrument entered the ports ($P < 0.05$) and being Multi-ports < TriPort < SILS Port when the instrument was pulled out ($P < 0.05$). **Conclusion** Compared with SILS Port and TriPort, Multi-port needs the least forces for horizontal and vertical movements, and therefore has superior maneuverability.

[Key words] transumbilical endoscopic surgery; laparoscopy; ports; mechanics

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2012, 33(8): 833-836]

经脐入路内镜手术(transumbilical endoscopic surgery, TUES)为微创外科领域的一大突破, 近年

来得以快速发展。脐周狭小区域内各器械之间相互冲突造成的手术操作困难是这类 TUES 存在的主要

[收稿日期] 2012-05-15 **[接受日期]** 2012-07-07

[基金项目] 浦东新区重点发展学科项目(PWZxk2010-07). Supported by the Key Discipline Program of Pudong New Area of Shanghai (PWZxk2010-07).

[作者简介] 谢晓峰, 硕士生, 主治医师. E-mail: xiexiaofeng1976@163.com

* 通信作者(Corresponding author). Tel: 021-61569944, E-mail: zhujiangfan@hotmail.com

问题。现有的 TUES 手术置入装置中,哪些相对灵活、适用,需要进行客观的评估。本研究试图通过对 Multi-ports、TriPort 和 SILS Port 这 3 种常用的 TUES 手术置入装置(Port)进行水平和垂直方向的力学研究,比较这些置入装置的灵活性。

1 材料和方法

1.1 材料与测试设备 评估平台选用 200 型腹腔镜模拟训练箱,训练箱面板上的模拟腹壁材料为三元乙醚海绵(均为上海瑞红实验室设备有限公司产品),厚度 2 cm。将 3 种常用的 TUES 手术 Port——TriPort(日本奥林巴斯公司)、SILS Port(美国泰科公司)和 Multi-ports(杭州桐庐医达器械设备有限公司,去除末端充气封闭装置的 trocar),分别置入 200 型腹腔镜模拟训练箱面板上的模拟腹壁结构,建立 TUES 操作评估平台(图 1A)。力学评估仪器选用微机控制电子万能试验机(B Z2.5/TSIS 型,德国 ZWICK 公司)与 Instron 万能材料试验机(5960 型,美国 Instron 公司)。

1.2 水平牵引实验(图 1B) 将 3 种 Port 分为 3 组,分别在 Port 中置入同一只腹腔镜分离钳,手柄根部露出 Port 通道外,长度均为 10 cm,与微机控制电子万能试验机在相同部位相连,设置万能试验机牵引器械以 0.33 mm/s 速度水平匀速移动 50 mm,用微机控制电子万能试验机随机专用软件计算移动过程受力值,产生牵引力-位移关系图。每组实验重复 7 次。

1.3 垂直牵引实验(图 1C) 将 3 种 Port 分为 3 组,用同一把腹腔镜分离钳,去除器械手柄,置于待测 Port 中,末端夹持于 Instron 万能材料试验机的夹具。分别自 3 种 Port 的密封帽结构上方 7 mm 处始,垂直置入待测 Port 中,置入长度 210 mm。设置 Instron 万能材料试验机以 0.7 mm/s 速度向外垂直匀速牵引分离钳退出,移动 210 mm。停止后以相同速度垂直匀速推进,同样位移 210 mm,测量在此过程中器械所受的摩擦力。用 Instron 万能材料试验机自带专用软件采集数据,产生摩擦力-位移曲线。每组实验重复 7 次。

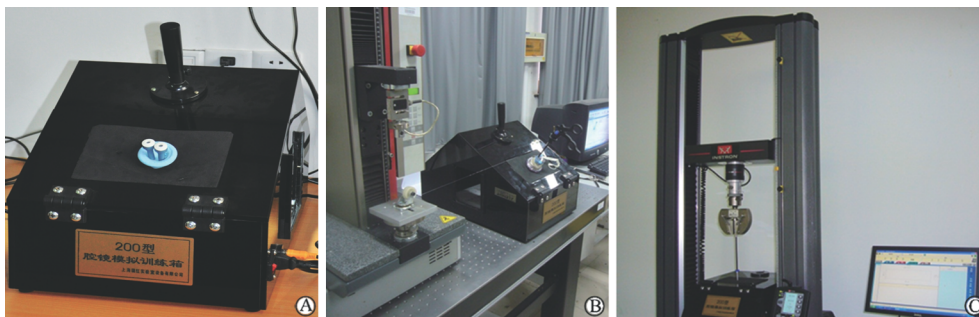


图 1 TUES 操作评估平台及力学评估实验

Fig 1 Evaluation platform of TUES and mechanical behavior evaluation

TUES: Transumbilical endoscopic surgery. A: Evaluation platform of TUES; B: Horizontal traction experiment; C: Vertical traction experiment

1.4 统计学处理 采用 SPSS 17.0 统计软件对数据进行分析,数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间差异比较采用单因素方差分析方法,检验水平(α)为 0.05。

2 结果

2.1 水平牵引实验结果 3 组间的牵引力与位移的平均值呈线性关系(图 2)。分别取位移 20、30、40、50 mm 时的牵引力进行统计分析,结果显示:各位移点牵引力 Multi-ports 组 < SILS Port 组 < Tri-Port 组,组间牵引力差异均有统计学意义($P < 0.05$,

表 1)。

2.2 垂直牵引实验结果 3 种 Port 退出和推进时的摩擦力-位移曲线如图 3 所示。分别取各次实验中最大摩擦力和位移 50、80、110、140 mm 时的摩擦力进行统计分析。器械在通道中退出时受到的摩擦力,Multi-ports 组 < TriPort 组 < SILS Port 组,各组间差异均有统计学意义($P < 0.05$,表 2)。器械在 Port 通道中推进时受到的摩擦力,Multi-ports 组 < SILS Port 组 < TriPort 组,3 组间摩擦力差异均有统计学意义($P < 0.05$,表 3)。

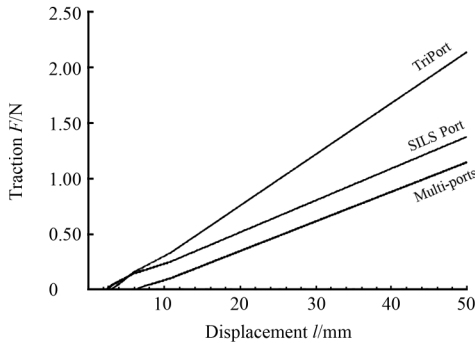


图 2 水平牵引实验的牵引力-位移关系图

Fig 2 Traction-displacement diagram in horizontal traction experiment

表 1 水平牵引实验中不同位移时的器械受力
Tab 1 Traction forces of different displacements in horizontal traction experiment

$n=7, \bar{x} \pm s, F/N$

Displacement l/mm	Multi-ports	TriPort	SILS Port
20	0.33±0.11	0.80±0.18*	0.52±0.04*△
30	0.61±0.07	1.28±0.17*	0.80±0.05*△
40	0.89±0.03	1.68±0.16*	1.08±0.07*△
50	1.15±0.04	2.19±0.11*	1.37±0.09*△

* $P < 0.05$ vs Multi-ports; △ $P < 0.05$ vs TriPort

表 2 器械在 Port 中退出时的摩擦力

Tab 2 Friction forces when the instrument was pulled out of the Ports

$n=7, \bar{x} \pm s, F/N$

Displacement l/mm	Multi-ports	TriPort	SILS Port
50	0.67±0.02	1.28±0.24*	1.81±0.17*△
80	0.76±0.04	1.60±0.32*	2.01±0.12*△
110	0.71±0.03	1.33±0.19*	1.78±0.10*△
140	0.72±0.03	1.07±0.19*	1.79±0.12*△
Maximum friction	1.54±0.05	2.33±0.37*	5.34±0.08*△

* $P < 0.05$ vs Multi-ports; △ $P < 0.05$ vs TriPort

表 3 器械在 Port 中推进时的摩擦力

Tab 3 Friction forces when the instrument entered the Ports

$n=7, \bar{x} \pm s, F/N$

Displacement l/mm	Multi-ports	TriPort	SILS Port
50	0.73±0.06	6.82±0.61*	2.32±0.31*△
80	0.74±0.06	6.65±0.58*	2.16±0.23*△
110	0.63±0.05	6.69±0.58*	1.97±0.18*△
140	0.60±0.05	4.31±0.64*	1.85±0.15*△
Maximum friction	1.22±0.06	7.86±0.99*	3.08±0.43*△

* $P < 0.05$ vs Multi-ports; △ $P < 0.05$ vs TriPort

3 讨论

经济单一部位入路手术作为微创外科的最新进展,描述术语众多,较多见的是 TUES、LESS (laparoendoscopic single-site)、SILS(single-incision laparoscopic surgery)、SPA(single-port access)^[1]。本研究用 TUES 作为表述这一技术的术语。术中脐部狭小空间内器械之间相互碰撞导致的外部冲突、腹腔内器械之间距离较近而引起的内部冲突、以及由于器械几乎呈平行状态而导致的“三角关系”缺失和视野受限是 TUES 面临的主要问题。解决上述问题的途径主要包括研发适用的经济置入装置和改进手术器械。目前已有许多厂商研发了用于 TUES 手术的置入装置^[2-4]。然而,这些装置是否能提供便利的操作、满足 TUES 操作的需求,则需要经过一系列的比较和评估。

近来, Santos 等^[5]用腹腔镜训练箱,对传统腹腔镜 Port 和 SILS Port 完成 FLS(fundamentals of laparoscopic surgery)任务的实际时间和理想时间,用 MISTELS 评分系统计算出总成绩,进行对照研究,结果显示使用传统 Port 组的总成绩要明显优于 SILS Port 组。Brown-Clerk 等^[6]分别用 SILS Port、TriPort、Gelpport 和传统腹腔镜置入装置,在腹

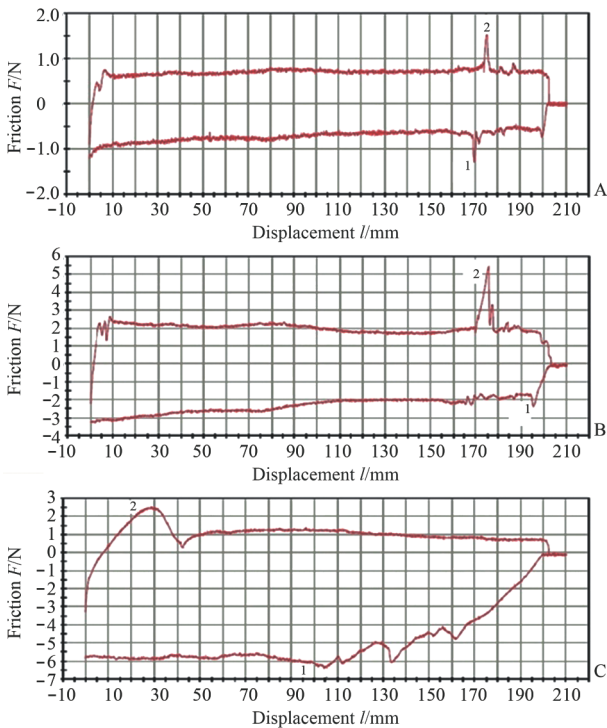


图 3 垂直牵引实验的摩擦力-位移关系

Fig 3 Friction-displacement relationship in vertical traction experiment

A: Multi-ports; B: SILS Port; C: TriPort. 1 showing the friction while the instrument entered the Ports and 2 showing the friction while the instrument was pulled out

腹腔镜训练箱中完成 FLS 任务中的移动任务 (peg transfer),对完成任务的成绩和主观问卷结果进行比较,结果表明:传统腹腔镜置入装置完成移动任务的总平均成绩与 SILS Port、TriPort 和 Gelport 之间差异无统计学意义;而主观问卷结果则显示相较 TriPort,初学者使用 SILS Port 和 Gelport 较容易。此外,一项前瞻性随机对照研究表明:测试普通穿刺器和 SILS Port、TriPort、Gelport 在腹腔镜训练箱上完成 FLS 任务的时间,Multi-ports 用时最少^[7]。

TUES 操作时的基本运动包括平移和器械进出移动,器械在置入装置内移动过程中所需力量越小,则操作时越灵活。在本研究中,我们尝试构建力学评估平台,比较这 3 种 TUES 置入装置水平和垂直方向力学指标。在水平牵引实验中,器械水平移动时所需牵引力 Multi-ports 组最小、SILS Port 组次之、TriPort 最大。可能的原因是 Multi-ports 在做水平移动时只需克服周围模拟腹壁材料的阻力, TriPort 和 SILS Port 不仅要克服模拟腹壁材料的阻力,还要克服自身材料如 TriPort 的外周圆盘和 SILS Port 外周弹性多聚体的阻力^[8]。

3 种置入装置由通道和防漏气密封帽组成,在相同实验条件下,同一器械进出 Port 的摩擦力与该装置的滑动摩擦系数有关。而根据力学原理,滑动摩擦系数只与材料、接触面粗糙程度有关。如图 3 所示:曲线 2 为器械退出时受到的摩擦力,曲线 1 为推进时受到的摩擦力,器械进入或退出防漏气密封帽时会产生摩擦力峰值,完全通过防漏气装置后所受摩擦力趋于平稳。在退出和推进过程中,Multi-ports 的摩擦力均为最小。因为与 TriPort 和 SILS Port 相比,Multi-ports 的入口结构更简单。相较 SILS Port, TriPort 推进时摩擦力要大于 SILS Port,但在退出时摩擦力小于 SILS Port。TriPort 的通道和防漏气密封帽材料为凝胶,推进时连续出现数个摩擦力峰值,不断增大,然后逐渐减小趋稳;退出时则仅出现一个峰值后趋稳,因此推进时摩擦力较大而退出时摩擦力较小。

本研究结果证实,在腹腔镜模拟训练箱上,3 种常用的 TUES 置入装置进行水平和垂直方向移动时 Multi-ports 所需力最小,操作中相对更灵活。需要说明的是本研究仅是体外模拟实验,实际操作中要受腹壁厚度、腹肌紧张度等诸多因素的影响,但通过开展力学测试实验研究,可以为 TUES 置入装置的比较和评估提供一些理论参考。

4 利益冲突

所有作者声明本文不涉及任何利益冲突。

[参考文献]

- [1] Zhu J F. Which term is better: SILS, SPA, LESS, E-NOTES, or TUES[J]. *Surg Endosc*, 2009, 23: 1164-1165.
- [2] Saber A A, El-Ghazaly T H. Early experience with single incision transumbilical laparoscopic adjustable gastric banding using the SILS port[J]. *Int J Surg*, 2009, 7: 456-459.
- [3] Zhu J F, Hu H, Ma Y Z, Xu M Z. Totally transumbilical endoscopic cholecystectomy without visible abdominal scar using improved instruments[J]. *Surg Endosc*, 2009, 23: 1781-1784.
- [4] Romanelli J R, Mark L, Omotosho P A. Single port laparoscopic cholecystectomy with the TriPort system: a case report [J]. *Surg Innov*, 2008, 15: 223-228.
- [5] Santos B F, Enter D, Soper N J, Hungness E S. Single-incision laparoscopic surgery (SILS™) versus standard laparoscopic surgery: a comparison of performance using a surgical simulator [J]. *Surg Endosc*, 2011, 25: 483-490.
- [6] Brown-Clerk B, de Laveaga A E, LaGrange C A, Wirth L M, Lowndes B R, Hallbeck M S. Laparoendoscopic single-site (LESS) surgery versus conventional laparoscopic surgery: comparison of surgical port performance in a surgical simulator with novices[J]. *Surg Endosc*, 2011, 25: 2210-2218.
- [7] Schill M R, Varela J E, Frisella M M, Brunt L M. Comparison of laparoscopic skills performance between single-site access (SSA) devices and an independent-port SSA approach[J]. *Surg Endosc*, 2012, 26: 714-721.
- [8] Froghi F, Sodergren M H, Darzi A, Paraskeva P. Single-incision Laparoscopic Surgery (SILS) in general surgery: a review of current practice [J]. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech*, 2010, 20: 191-204.

[本文编辑] 孙 岩