

辅助胸腔镜手术的磁锚定组织抓钳及夹持器的设计

宋伟伦^{1a}, 马锋^{1a,1b}, 周振宇², 汤博², 刘科², 严小鹏^{1b,1c}, 史爱华^{1a,1b}, 陈雯雯^{1d,3}, 雷凤萍^{1d,3}, 杨程^{1d,3}, 付军科^{1d}, 王浩华^{1a,1b,1c}, 吕毅^{1a,1b,1c}, 张勇^{1b,1d}

1. 西安交通大学第一附属医院 a. 陕西省再生医学与外科工程研究中心; b. 精准外科与再生医学国家地方联合工程研究中心; c. 肝胆外科; d. 胸外科, 陕西 西安 710061; 2. 西安迈格纳特医疗科技有限公司, 陕西 西安 710038;
3. 西安交通大学 启德书院, 陕西 西安 710061

[摘要] 目的 基于磁锚定技术设计适用于胸腔镜手术的磁锚定组织抓钳及夹持器。方法 基于腹腔镜手术的磁锚定器械, 组织抓钳头部采用T型结构、高波界面, 尾部开有通孔; 双关节结构的组织抓钳轴突与组织抓钳尾部通孔相配合将组织抓钳打开, 夹持靶器官(肺或食管)组织, 其手持端锯齿型锁扣, 可定位锁止夹持器。结果 特殊结构设计的磁锚定组织抓钳及夹持器, 在刚度、夹持力、组织受损程度、操作等方面获得极大改善。结论 该胸腔镜手术磁锚定组织抓钳及夹持器设计巧妙, 适合胸腔环境, 操作简便, 能够有效地缓解胸腔镜手术中器械之间相互干扰的问题, 改善了术野显露, 具有一定的临床推广应用价值。

[关键词] 磁锚定技术; 胸腔镜手术; 组织抓钳; 夹持器

Design of Magnetic Anchoring Tissue Clamp and Clamp Holder For Thoracoscopic Surgery
SONG Weilun^{1a}, MA Feng^{1a,1b}, ZHOU Zhenyu², TANG Bo², LIU Ke², YAN Xiaopeng^{1b,1c}, SHI Aihua^{1a,1b}, CHEN Wenwen^{1d,3}, LEI Fengping^{1d,3}, YANG Cheng^{1d}, FU Junke^{1d}, WANG Haohua^{1a,1b,1c}, LV Yi^{1a,1b,1c}, ZHANG Yong^{1b,1d}

1. a. Shaanxi Province Center for Regenerative Medicine and Surgery Engineering Research; b. National Local Joint Engineering Research Center for Precision Surgery & Regenerative Medicine; c. Department of Hepatobiliary Surgery; d. Department of Thoracic Surgery, The First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an Shaanxi 710061, China; 2. Xi'an Magnetic Medical Technology Co., Ltd., Xi'an Shaanxi 710038, China; 3. Qide College, Xi'an Jiaotong University, Xi'an Shaanxi 710061, China

Abstract: Objective To design the magnetic anchoring tissue clamp and the clamp holder for thoracoscopic surgery based on magnetic anchoring technique. Methods Based on the magnetic anchoring device of laparoscopic surgery, the heads of the tissue clamp adopted T-shaped structure, high-wave interface, and a through hole in the tail. The clamp holder with double joint structure was matched with the through-hole of the tail of the tissue clamp to open the tissue clamp. The hand-held side of the clamp holder had a serrated lock to position and lock the holder. Results With the application of the tissue clamp and the clamp holder, great improvements have been made in rigidity, gripping force, tissue damage, manipulation and so on. Conclusion The magnetic anchored tissue clamp and the clamp holder have the advantages of ingenious design, easy to operate, and can effectively alleviate the problem of interference between instruments in thoracoscopic surgery, improve the exposure of the operative field, and have certain clinical application value.

Key words: magnetic anchoring technique; thoracoscopic surgery; tissue clamp; clamp holder

[中图分类号] R197.39

[文献标识码] A

doi: 10.3969/j.issn.1674-1633.2021.09.010

[文章编号] 1674-1633(2021)09-0045-03

引言

2011年, Gonzalez-Rivas等^[1]首次报道单孔胸腔镜下

肺叶切除术, 由于单孔胸腔镜手术创口更小、疼痛感更低, 与微创理念更加契合^[2], 于是其得到了胸外科医生的广泛认可并开始快速发展。但是, 单孔操作对手术技术的要求较高, 主要表现在置于同一操作口中的器械之间相互碰撞干扰及手术野暴露难度增加^[3-4]。

收稿日期: 2021-01-14

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金(xzd012020026); 陕西省重点研发计划(2019SF-014); 白求恩公益基金项目(HZB-20181119-070); 陕西省卫生计生委计划项目(2018D056); 西安交通大学第一附属医院横向课题(HX201739); 西安交通大学新医疗新技术项目(XJLS-2019-048); 西安交通大学第一附属医院新医疗新技术项目(XJYFY-2019W3); 西安交通大学大学生创新训练项目(GJ201910698151; SJ202010698274)。

通信作者: 张勇, 副主任医师, 主要研究方向为磁外科技术在胸外科的应用, 手术机器人、食管癌、肺癌的基础与临床研究。

通信作者邮箱: zhangyongyang05@163.com

磁锚定技术(Magnetic Anchor Technique, MAT)是利用磁体与磁体或磁体与顺磁性物质之间的磁场吸引力, 使锚定磁体对靶磁体进行非接触性空间锚定的技术^[5-6]。MAT已经应用在腹腔镜胆囊切除术^[7]、经脐LESS卵巢囊肿切

除术^[8]、腹腔镜摄像系统^[9]等方面。但在胸腔镜手术方面应用较少^[2]，在前期设计辅助腹腔镜磁锚定装置的基础上，本研究拟设计一种辅助胸腔镜手术的磁锚定装置，目的是减少胸腔镜手术中器械之间的相互干扰，改善手术野的显露。

1 设计思路

MAT 在辅助腹腔镜手术方面，利用体外的锚定磁体调整体内的靶磁体可以有效减少腹腔镜器械的数量，戳卡的直径及器械之间的干扰，同时可以充分地暴露术野^[9-11]。通过查找文献资料^[12-13]，对比 MAT 在腹腔镜中的应用，结合临床经验进行了大量的动物实验，设计了适合于辅助胸腔镜手术的磁锚定装置，可以良好暴露术野，并减少器械的相互碰撞干扰。

2 基本结构

辅助胸腔镜手术的磁锚定装置结构如图 1 所示，由锚定磁体、靶磁体及组织抓钳、组织抓钳夹持器三部分构成。锚定磁体和靶磁体沿用团队腹腔镜磁锚定装置，对组织抓钳和组织抓钳夹持器进行重新设计。

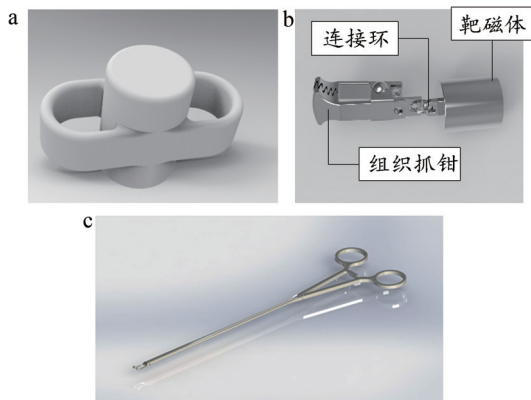


图1 辅助胸腔镜手术的磁锚定装置

注：a. 锚定磁体；b. 靶磁体及组织抓钳；c. 组织抓钳夹持器。

2.1 组织抓钳

组织抓钳如图 2 所示，采用医用不锈钢或钛合金材料，其头部采用 T 型结构，能够增强夹钳整体刚度，可增大与组织夹持的面积，增大夹持力^[14-16]。高波钳头界面不容易与组织发生滑脱，且安全系数较高，不易对组织产生损伤^[14-15,17-21]。为了方便夹持器钳夹，组织抓钳尾部对称开两个圆形通孔，组织抓钳夹持器夹持端两侧轴突与其配合，可以将组织抓钳张开^[22-23]。

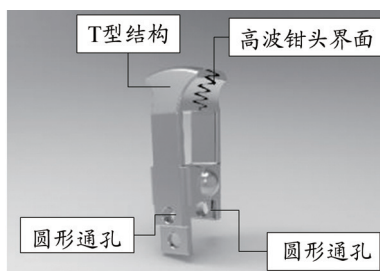


图2 组织抓钳

2.2 组织抓钳夹持器

组织抓钳夹持器如图 3 所示，可采用医用不锈钢或钛合金材料，整体采用双关节结构，夹持端和把手均为短杆结构，方便在胸腔镜下操作^[24]。另外，组织抓钳夹持器夹持端两侧对称位置带有轴突定位，其手持端带有锯齿型锁扣，可定位锁止夹持器。

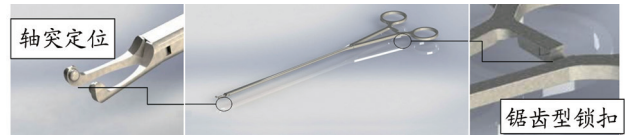


图3 组织抓钳夹持器

3 操作过程

西安交通大学第一附属医院伦理委员会对此项目审批[2019 伦审医字第(W03)号]通过后，进行了临床验证，术中操作过程如下所述(图 4)：① 靶磁体及组织抓钳置入胸腔：在胸腔镜直视下利用组织抓钳夹持器将靶磁体及组织抓钳通过戳卡或操作孔置入胸腔；② 夹持组织：利用夹持器将组织抓钳打开，夹持靶器官(肺或食管)组织；③ 锚定：利用夹持器将靶磁体置于胸壁内侧，同时将外磁体移动至体外胸壁相应位置，实现内外磁单元的相互吸引；④ 调整暴露：移动外磁体，通过改变组织抓钳的位置和方向，牵拉靶器官以暴露术野；⑤ 靶磁体及组织抓钳取出：术毕，利用夹持器将靶磁体及组织抓钳通过戳卡或操作孔取出。

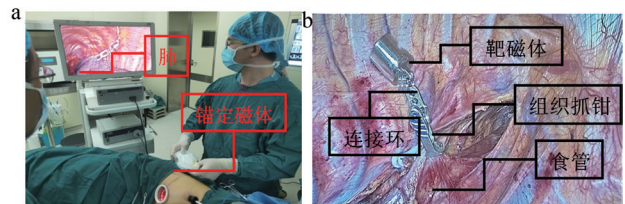


图4 术中操作过程

注：a. MAT 辅助胸腔镜下肺切除术；b. MAT 辅助胸腔镜下食管切除术。

胸腔镜下肺切除手术，原本需要 3~4 个操作孔，在 MAT 辅助下，操作孔可以减少至 2 个或者 1 个(图 4 a)；同样，在胸腔镜下食管切除手术中，原本需要 4 个操作孔，在 MAT 辅助下，可以将操作孔减少至 3 个或者 1 个(图 4 b)，而且由于进出主操作孔的器械数量减少，使得手术操作更加流畅。

4 讨论

传统开胸手术需要经侧胸壁切开 15~20 cm 大小不等的切口，术后患者疼痛等不适症状明显，而且影响美观。胸腔镜手术的应用不仅减轻了患者疼痛，而且增加了美容效果。传统的胸腔镜手术需要在侧胸壁建立 2~3 个 1 cm 左右的小孔，1 个 3~5 cm 的操作孔，即 3 孔或 4 孔胸腔镜手术。之后，2 孔(1 个操作孔+1 个镜孔)胸腔镜手术逐渐增多，随着手术技术的进步及手术器械的更新换代，人们意识到镜孔也是可以省略的，胸腔镜及操作器械均经操作孔进出

也可以完成手术,即现在的单孔胸腔镜手术。在单孔胸腔镜手术中^[25],器械之间的相互干扰是难以避免的,为了缓解器械之间的相互碰撞,改善术野显露,将磁锚定装置引入到胸腔镜手术中。

现有的磁锚定装置,大多部分是根据腹腔解剖结构设计^[11,26]:①腹腔镜手术均需要建立气腹,因此所用磁锚定装置需要经腹腔镜戳卡置入,直径必须小于腹腔镜戳卡的直径(一般为1 cm左右)^[27];②腹壁为一肌性结构,有一定可塑性,因此腹腔空间对磁力衰减的影响较小;③腹壁器官表面均有浆膜层覆盖,因此对组织夹钳口的设计要求较低。相对于腹壁结构,胸腔结构的不同之处在于:①胸腔镜手术大部分不需要建立人工气胸,而且大部分胸腔镜手术需要一个3~5 cm相对较大的切口,因此所用磁锚定装置直径可以适当增加;②胸壁为一骨性结构,无法根据手术需要进行塑型,因此胸腔空间对磁力衰减的影响较大;③食管手术在胸部手术中占有相当大的比例,但是食管表面缺乏浆膜层,因此对组织夹钳口的设计要求较高,更要注重对组织的保护。

根据以上所述胸腔和腹腔的解剖差异以及手术需求不同,设计了适合胸腔镜手术的磁锚定装置,本设计的优势在于以下几点:①组织抓钳头部采用T型结构增强了结构整体刚度,增加了组织抓钳夹持力;②组织抓钳高波钳头界面既可以保证组织不宜脱落,同时也避免了组织受到损伤;③组织抓钳夹持器采用双关节结构方便置入戳卡内进行操作,从而方便在胸腔镜下操作;④组织抓钳夹持器夹持端的轴突定位很好地控制了组织抓钳的开合;⑤组织抓钳夹持器手持端锯齿型锁扣可定位锁止组织抓钳夹持器夹持端的开口大小,从而控制组织抓钳开口大小。

本装置是在团队研发的腹腔镜磁锚定装置的基础上,针对胸腔镜手术的特点,进行的创新拓展设计,有效地缓解了胸腔镜手术的中器械之间的相互干扰,改善了术野显露,具有一定的临床推广应用价值。

[参考文献]

- [1] Gonzalez-Rivas D, Fieira E, Mendez L, et al. Single-port video-assisted thoracoscopic anatomic segmentectomy and right upper lobectomy[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2012, 42(6): e169-e171.
- [2] 严小鹏, 李益行, 付军科, 等. 磁锚定技术辅助胸腔镜肺楔形切除三例[J]. *中国胸心血管外科临床杂志*, 2020, 27(2): 228-229.
- [3] Wang L, Liu D, Lu J, et al. The feasibility and advantage of uniportal video-assisted thoracoscopic surgery (VATS) in pulmonary lobectomy[J]. *BMC Cancer*, 2017, 17(1): 75.
- [4] Martin-Ucar AE, Aragon J, Bolufer N S, et al. The influence of prior multiport experience on the learning curve for single-port thoracoscopic lobectomy: a multicentre comparative study[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2017, 51(6): 1183-1187.
- [5] 任斯宇, 张家辉, 李益行, 等. 磁锚定技术的研究现状及临床应用分析[J]. *中华普通外科杂志*, 2020, 35(4): 343-345.

- [6] 严小鹏, 商澎, 史爱华, 等. 磁外科学体系的探索与建立[J]. *科学通报*, 2019, 64(8): 815-826.
- [7] Scott D J, Tang S J, Fernandez R, et al. Completely transvaginal NOTES cholecystectomy using magnetically anchored instruments[J]. *Surg Endosc*, 2007, 21(12): 2308-2316.
- [8] Padilla B E, Dominguez G, Millan C, et al. The use of magnets with single-site umbilical laparoscopic surgery[J]. *Semin Pediatr Surg*, 2011, 20(4): 224-231.
- [9] 张勇, 熊力, 李奇灵, 等. 磁锚定技术及其临床应用[J]. *科学通报*, 2020, 65(13): 1274-1282.
- [10] 董鼎辉, 朱皓阳, 马涛, 等. 面向单孔腹腔镜手术应用的水平式微型磁锚定腹腔镜的设计[J]. *中国医疗设备*, 2019, 34(9): 49-51.
- [11] Rivas H, Robles I, Riquelme F, et al. Magnetic surgery: results from first prospective clinical trial in 50 patients[J]. *Ann Surg*, 2018, 267(1): 88-93.
- [12] Gonzalez-Rivas D. Unisurgeon' uniportal video-assisted thoracoscopic surgery lobectomy[J]. *J Vis Surg*, 2017, 3: 163.
- [13] Giaccone A, Solli P, Bertolaccini L. Magnetic anchoring guidance system in video-assisted thoracic surgery[J]. *J Vis Surg*, 2017, 3: 17.
- [14] 郭利华. 基于鳄鱼吻部力学特征的仿生微创手术器械[D]. 大连: 大连理工大学, 2017.
- [15] Heijnsdijk EA, de Visser H, Dankelman J, et al. Slip and damage properties of jaws of laparoscopic graspers[J]. *Surg Endosc*, 2004, 18(6): 974-979.
- [16] Wang J, Li W, Zhou Z. Security research of laparoscopic graspers during tissue clamping operation[J]. *Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue Za Zhi*, 2018, 35(1): 49-56.
- [17] 李伟正. 微创手术钳头界面评价方法研究[D]. 长沙: 中南大学, 2014.
- [18] Erickson GM, Gignac PM, Steppan SJ, et al. Insights into the ecology and evolutionary success of crocodylians revealed through bite-force and tooth-pressure experimentation[J]. *PLoS One*, 2012, 7(3): e31781.
- [19] 田云鹏, 闫士举, 宋成利, 等. 钳齿形貌对腹腔镜夹钳安全性的影响[J]. *中国医学物理学杂志*, 2020, 37(6): 774-779.
- [20] Li W, Jia ZG, Wang J, et al. Friction behavior at minimally invasive grasper/liver tissue interface[J]. *Tribol Int*, 2015, 81(1): 190-198.
- [21] Marucci DD, Cartmill JA, Walsh WR, et al. Patterns of failure at the instrument-tissue interface[J]. *J Surg Res*, 2000, 93(1): 16-20.
- [22] Louw DF, Asfora WT, Sutherland GR, 等. 动脉瘤夹简史[J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2005, (4): 233-235.
- [23] 索来春, 姚智慧, 王晓群, 等. 颅内脑动脉瘤夹结构的研究[J].

下转第53页

- neurodevelopmental outcome in extremely preterm infants[J]. *Pediatrics*,2015,135(1):e32-e42.
- [6] Barnett ML,Tusor N,Ball G,*et al*.Exploring the multiple-hit hypothesis of preterm white matter damage using diffusion MRI[J].*Neuroimage-Clin*,2018,17:596-606.
- [7] 林志超,王莹,陈卓铭,等.磁共振多模态影像对儿童孤独症评估[J].*中国医疗设备*,2020,35(10):78-81.
- [8] Wagenaar N,Verhage CH,de Vries LS,*et al*.Early prediction of unilateral cerebral palsy in infants at risk: MRI versus the hand assessment for infants[J].*Pediatr Res*,2020,87(5):932-939.
- [9] Plaisier A,Raets MMA,vander Starre C,*et al*.Safety of routine early MRI in preterm infants[J].*Pediatr Radiol*,2012,42(10):1205-1211.
- [10] Mamakou V,Spyropoulos B.A patient medical imaging referral support system based on medical-managerial and patient-safety criteria[J].*E J Sci & Technol*,2015,47-57.
- [11] Jorgensen S,Edman M,Freking M,*et al*.MRI-Compatible Infant Warmer[J].*BME*,2018,200(300).
- [12] O' Regan K,Filan P,Pandit N,*et al*.Image quality associated with the use of an MR-compatible incubator in neonatal neuroimaging[J].*Brit J Radiol*,2012,85(1012):363-367.
- [13] Cho HH,Kim IO,Cheon JE,*et al*.Changes in brain magnetic resonance imaging patterns for preterm infants after introduction of a magnetic resonance-compatible incubator coil system: 5-year experience at a single institution[J].*Eur J Radiol*,2016,85(9):1564-1568.
- [14] Müller F,Proquitté H,Herrmann KH,*et al*.Comparison of image quality in brain MRI with and without MR compatible incubator and predictive value of brain MRI at expected delivery date in preterm babies[J].*J Perinat Med*,2020,48(7):733-743.
- [15] 奚蒲轮,朱国柱,冯允文,等.兼容核磁共振婴儿培育箱:中国,CN302925561S[P],2014.
- [16] 中国超导婴儿磁共振系统亮相北美放射年会[J].*中国医学计算机成像杂志*,2014,20(1):41.
- [17] Blüml S,Friedlich P,Erberich S,*et al*.MR imaging of newborns by using an MR-compatible incubator with integrated radiofrequency coils: initial experience[J].*Radiology*,2004,231(2):594-601.
- [18] Whitby EH,Griffiths PD,Lonneker-Lammers T,*et al*.Ultrafast magnetic resonance imaging of the neonate in a magnetic resonance-compatible incubator with a built-in coil[J].*Pediatrics*,2004,113(2):e150-e152.
- [19] Lopez Rios N,Foias A,Lodygensky G,*et al*.Size-adaptable 13-channel receive array for brain MRI in human neonates at 3 T[J].*NMR Biomed*,2018,31(8):e3944.
- [20] World Health Organization.Thermal protection of the newborn: a practical guide[R].World Health Organization,1997.
- [21] Wilson E,Maier RF,Norman M,*et al*.Admission hypothermia in very preterm infants and neonatal mortality and morbidity[J].*J Pediatr*,2016,175:61-67.
- [22] O'Brien EA,Colaizy TT,Brumbaugh JE,*et al*.Body temperatures of very low birth weight infants on admission to a neonatal intensive care unit[J].*J Matern-Fetal Neo M*,2019,32(16):2763-2766.
- [23] Monika BF,Ewa H,Magdalena R,*et al*.Magnetic resonance imaging of neonates in the magnetic resonance compatible incubator[J].*Arch Med Sci*,2016,12(5):1064.
- [24] Paley MNJ,Hart AR,Lait M,*et al*.An MR-compatible neonatal incubator[J].*Brit J Radiol*,2012,85(1015):952-958.
- 本文编辑 崔丽君
-
- 上接第47页
- 哈尔滨工业大学学报,1996(5):124-127.
- [24] Manasayakorn S,Cuschieri A,Hanna GB.Ideal manipulation angle and instrument length in hand-assisted laparoscopic surgery[J].*Surg Endosc*,2008,22(4):924-929.
- [25] Wu CF,Paradela M,Wu CY,*et al*.Novice training: the time course for developing competence in single port video-assisted thoracoscopic lobectomy[J].*Medicine (Baltimore)*,2020,99(12):e19459.
- [26] Dominguez G,Durand L,De Rosa J,*et al*.Retraction and triangulation with neodymium magnetic forceps for single-port laparoscopic cholecystectomy[J].*Surg Endosc*,2009,23(7):1660-1666.
- [27] 田波彦,马佳,刘豪,等.磁控腹腔镜手术内置抓钳离合系统的设计[J].*中国医疗设备*,2018,33(8):70-73.
- 本文编辑 崔丽君