

论 著  
(基础研究)

## 磁牵引技术辅助经脐自然腔道软式内镜切除胆囊的实验研究

黄剑潇, 江传燊, 洪东贵, 王 雯, 李达周, 何小建, 郑允平, 李 瀚, 陈新江, 王晓玲, 戴玲双, 刘美艳

**【摘要】 目的** 探讨磁牵引辅助下经脐自然腔道软式内镜(MAG-E-NOTES)切除胆囊的可行性及安全性。**方法** 采用 8 只比格犬, 用经脐自然腔道软式内镜手术的方式, 在磁牵引辅助下切除胆囊, 记录手术时间、有无出血、胆瘘、穿孔、肝损伤、腹腔器官损伤等并发症情况。**结果** 8 只比格犬均顺利完成磁牵引辅助下经脐自然腔道软式内镜胆囊切除术, 平均手术时间为(97.38±23.79)min, 除 1 只比格犬出现胆瘘外, 其余比格犬在术中均无大出血、穿孔、胆瘘、腹部器官损伤等情况发生, 3 个月后均健康存活。**结论** 牵引辅助下经脐自然腔道软式内镜胆囊切除术(E-NOTES)胆囊切除术是安全、可行的, 值得进一步研究为临床提供更多胆囊切除术的手术方式。

**【关键词】** 胆囊切除术; 经脐自然腔道内镜手术; 磁牵引技术

**【中图分类号】** R656 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1672-271X(2022)04-0337-04

**【DOI】** 10.3969/j.issn.1672-271X.2022.04.001

## Clinical value of cholecystectomy through natural orifice transluminal endoscopic surgery by magnetic anchoring and guidance system

HUANG Jian-xiao, JIANG Chuan-shen, HONG Dong-gui, WANG Wen, LI Da-zhou, HE Xiao-jian, ZHENG Yun-ping, LI Han, CHEN Xin-jiang, WANG Xiao-ling, DAI Ling-shuang, LIU Mei-yan

(Department of Gastroenterology, Fuzhou Clinical Medical College, Fujian Medical University/the 900th Hospital of the Joint Logistics Support Force, PLA, Fuzhou 350025, Fujian, China)

**【Abstract】 Objective** To explore the feasibility and safety of cholecystectomy through natural orifice transluminal endoscopic surgery by magnetic anchoring and guidance system. **Methods** 8 Beagle dogs were used in this study and completed cholecystectomy by natural orifice transluminal endoscopic surgery(NOTES). Recording the operation time, whether a massive hemorrhage, biliary fistula, liver damage, abdominal organ damage or not and other complications. **Results** All the 8 Beagle dogs have completed cholecystectomy by natural orifice transluminal endoscopic surgery successfully. The mean operative time was(97.38±23.79)min. The operation was expected to be completed successfully in all cases. There were no adverse reactions such as massive hemorrhage, bile leakage, liver damage, abdominal organ damage and other complications except bile leakage occurred in one Beagle dog. **Conclusion** Cholecystectomy through natural orifice transluminal endoscopic surgery by magnetic anchoring and guidance system is safe and feasible, which

is worthy of further study and providing clinical value for cholecystectomy.

**【Key words】** cholecystectomy; embryonic natural orifice transluminal endoscopic surgery; magnetic anchor technique

**基金项目:**福建省科技计划项目(2019I0026);福建省科技厅科技创新联合资金项目(2018Y9116)

**作者单位:**350025 福州,福建医科大学福总临床医学院(解放军联勤保障部队第九〇〇医院)消化内科(黄剑潇、江传燊、洪东贵、王 雯、李达周、何小建、郑允平、李 瀚、陈新江、王晓玲、戴玲双、刘美艳)

**通信作者:**李达周, E-mail:ldz7302999@sina.com

## 0 引言

由于外科手术技术的不断发展,人们对于微创的要求不断提升,外科手术发展的主流方向已经逐渐向微创化转变<sup>[1-2]</sup>。目前,腹腔镜手术已经取代了传统的开腹手术,随着对于微创技术的不断探索,经自然腔道内镜手术(natural orifice transluminal endoscopic surgery, NOTES)随之问世,它是经过人体的自然腔道(口腔、胃、阴道、尿道)将软式内镜送入胸腔、腹腔进行诊断、治疗的技术。这种手术方式比之腹腔镜手术大大减低了手术切口对于人体的创伤,具有减少手术疤痕、减少住院时间、减轻术后疼痛、加快恢复速度等优点<sup>[3]</sup>。2005 年, Park 等<sup>[4]</sup>成功完成了第一例经胃途径内镜下切除胆囊的动物实验,开创了胆囊切除术的新方法。经过多年的发展,NOTES 却逐渐进入了瓶颈,目前的主要问题集中在由于缺乏可靠的能够提供牵引力的“第二只手”,难以保持手术视野的清晰,难以形成可靠的操作三角。因此,单纯的 NOTES 胆囊切除术目前较少,更多的是在腹腔镜的辅助下完成的杂合 NOTES 手术<sup>[5]</sup>。为了解决这个问题,我们需要一种牵引方法来充当这“第二只手”。而磁牵引技术(magnetic anchor technique, MAT)则是一种新的牵引方法,它是利用两个磁体之间、或者磁体与磁性物质之间的磁性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<sup>[6]</sup>。MAT 一般分为锚定磁体(anchor magnet, AM)和靶磁体(target magnet, TM)两个部分,靶磁体是作为被动牵引的部分,需要选择具有强力磁性的物质,比如钕铁硼磁体。而锚定磁体在磁牵引系统中则作为主动施力的部分,可以通过在体外移动锚定磁体的位置从而调节所需磁力的大小和施力方向,联动靶磁体实现牵引。这不仅为 NOTES 手术提供了“第二只手”,并且还可通过灵活移动锚定磁体来改变牵引的方向以提高术区暴露效果,为安全、有效地手术提供重要的辅助。因此,本研究旨在探究磁牵引辅助下经脐自然腔道软式内镜手术切除胆囊的可行性、安全性。

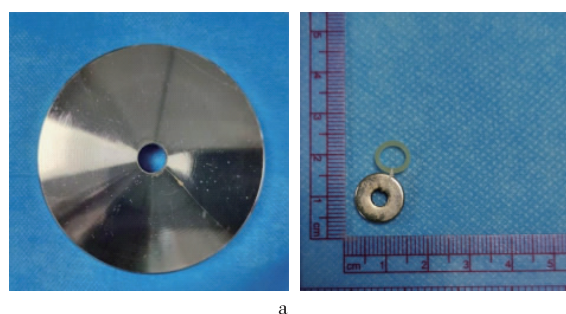
## 1 材料与方法

**1.1 实验动物** 8 只比格犬, 12~18 月龄, 雌雄不限, 体重为 9~13 kg。动物房温度 16~28℃, 相对湿度为 40%~80%、动物照度 100~200 lx, 室内设有暖气、排风、照明、投食和饮水等装置。实验动物均由解放军联勤保障部队第九〇〇医院比较医学科提供[实验动物生产许可证: SCXK(闽)2018-00001]。整个研究过程均严格遵守我国 1988 年

发布实施的《实验动物管理-条例》。所有参与者均取得动物实验资格。本实验通过我院动物实验伦理审核(批准号: IACUC-2021-008)。

**1.2 实验材料** 高清电子软式内镜主机(CV-260, 日本 OLYMPUS 公司)、胃镜(GIF-H260J, 日本 OLYMPUS 公司)、高频电凝装置(VIO-200S, 德国 ERBE 公司)、12 mm 一次性使用套管穿刺器(Trocar, 上海鸿迈医疗器械有限公司)、钛夹(ROCC-D-26-195, 南京微创医学科技股份有限公司)、HOOK 刀(KD-620LR, 日本 OLYMPUS 公司)、Dual 刀(KD-650L, 日本 OLYMPUS 公司)、注射针(ATE-ZSZ-18X1200X25X4, 江苏安特尔医疗科技有限公司)、圈套器(ATE-QTQ-TY-18x1200x20, 江苏安特尔医疗科技有限公司)、先端帽(MAJ-1990, 日本 OLYMPUS 公司)、橡皮圈(YF0627, 深圳市裕丰硅橡胶制品有限公司)等。胃镜经洗消中心清洗消毒后采用环氧乙烷灭菌。

磁牵引装置: 包括锚定磁体和靶磁体装置两部分, 磁体均为钕铁硼材料构成。锚定磁体为直径 10 cm、高 2 cm 的圆柱状磁体, 靶磁体装置为靶磁体、连接线、橡皮圈三个部分构成。靶磁体为直径 1 cm、高 0.2 cm 的圆柱体, 并用 5 mm 长的缝线将其与直径为 8 mm 的橡皮圈相连接, 见图 1。



a: 锚定磁体; b: 靶磁体装置

图 1 磁牵引装置

**1.3 手术过程** 术前实验犬禁食 12 h, 自由饮水, 并肌肉注射盐酸赛拉唑啉(陆眠灵 I) 0.1~0.2 mL/10 kg 诱导麻醉, 呼吸、心率平稳, 刺激动物无反应即为麻醉成功。麻醉成功后对比格犬进行脐周备皮, 连接心电监护仪监测其生命体征。在术中观察苏醒情况, 并且根据情况随时追加麻醉, 每次追加剂量为首次用量的 1/2~1/3。

所有手术人员均按照外科手术无菌原则常规戴口罩、帽子、消毒洗手、穿戴无菌手术衣、戴无菌手套。将实验动物取仰卧位, 用碘伏以脐为中心进行常规消毒、铺巾。以比格犬肚脐为中心, 切开约 10 mm 大小的切口, 随时清理切口渗血, 保持其创面

干净,置入 trocar,在确认其成功进入腹腔之后将胃镜经 trocar 进入腹腔中,CO<sub>2</sub> 建立气腹,将腹腔压力维持在 10 mmHg 左右,并用气腹针监测气腹压力。随后将 trocar 指向胆囊位置,胃镜经 trocar 的引导找到胆囊。并将靶磁体用钛夹固定于胆囊底部,将锚定磁体至于比格犬的右上腹壁,锚定磁体与靶磁体隔着腹壁相吸,助手移动锚定磁体即可改变内部牵引方向,提供牵引力,选择合适的牵引方向从而暴露出胆囊床,术中助手可随时调整锚定磁体距离及位置调整牵引方向及牵引力,随后沿着肝逐步用 HOOK 刀剥离胆囊床并暴露胆囊三角,之后游离胆囊动脉,用钛夹夹闭胆囊动脉两侧后将用 HOOK 刀其离断,随后逐渐游离胆囊管,两端用钛夹夹闭后用 HOOK 刀离断,之后用圈套器将切下的胆囊套牢后将其随着内镜取出。腹腔内用等渗盐水进行冲洗,随后确认无胆漏、出血、腹腔器官损伤后。吸净腹腔内 CO<sub>2</sub> 后,拔出 Trocar,并用丝线缝合脐部切口。术后 24 h 比格犬采用流质饮食,后逐渐恢复到正常饮食。

**1.4 观察指标** 比格犬的体重、切口大小、胆囊探查时间、手术时间(从开腹到腹壁缝合的时间),术中有无出血、有无胆瘘、感染、穿孔、肝损伤、其余腹腔器官损伤、中转开腹,3 个月生存率等情况。

## 2 结 果

8 只犬的平均体重为(10.64±1.54)kg。所有比格犬在磁牵引技术辅助下均成功完成了 MAG-E-NOTES 切除胆囊手术,成功率 100%,平均手术时间(97.3±23.79)min,胆囊平均暴露时间为(17.25±16.54)min,其中 2 只犬术中误伤肝表面血管导致出血,予以电凝后均成功止血。1 只犬剥离胆囊床时出现胆瘘,予以钛夹夹闭后未再出现胆瘘,其余均未见胆瘘、胆囊穿孔、肝损伤、其余腹腔器官损伤等情况。术后 3 个月,所有比格犬均存活且体重较前有所增长,平均体重为(10.80±1.55)kg,与术前比较,差异无统计学意义( $P<0.05$ )。

## 3 讨 论

由于与传统开放手术相比有许多的优势,腹腔镜手术在外科手术中越来越受欢迎<sup>[7]</sup>。然而,腹腔镜手术仍然需要多个腹部切口,这会带来出血、感染的风险,同时较多的手术疤痕也影响术后美观。为了减少腹腔镜手术的侵入性,外科医师试图减少腹部切口,提出了单孔腹腔镜,但是真正的单孔腹腔镜手术由于器械之间相互干扰、手术三角缺失等缺点,难以确保良好的术野暴露及术者操作的灵活

性,大大增加了手术难度,难以在临床推广<sup>[8]</sup>。而 NOTES 则被描述为实现无套管针或无疤痕腹部手术的新型手术方法<sup>[9-10]</sup>,大大减少了术后创伤,具有创伤小、恢复快、疼痛少等优点。

在开腹胆囊切除术及腹腔镜胆囊切除术后,NOTES 是我们所寻找的新一代的手术方式<sup>[11]</sup>。人们探寻着各种不同的方式进行 NOTES 下胆囊切除术。目前 NOTES 切除胆囊有着各种各样的手术入路,有经阴、经胃、经结直肠等途径。Schwaitzberg 等<sup>[12]</sup>成功完成了经胃和阴道入路 NOTES 胆囊切除术。但是经消化道途径的 NOTES 手术常常面临着消化道瘘导致的感染等问题,Ryska 等<sup>[13]</sup>在对动物进行经直肠胆囊切除术时,部分实验动物因术后腹腔感染导致了实验动物的死亡。而经阴道途径虽然可以避免这种风险,但是这种手术入路仍然存在特有的局限性,阴道是女性特有的器官,仅限于女性人群适用。并且由于经阴道手术可能存在的不孕不育等副作用及某些道德伦理问题,人们对于经阴道入路存在一定的抗拒心理<sup>[14]</sup>。而经脐入路,因切口位于体表,可以采用外科手术消毒的方式,大大减少腹腔感染的可能性,创口闭合牢固,且避免了性别局限性,可以成为 NOTES 切胆囊的新型入路。本研究团队早期已经通过动物实验证实了经脐自然腔道内镜手术技术的可行性,具有简单、有效、创伤小等特点<sup>[15-16]</sup>。

然而,由于内窥镜轴固有的柔韧性、有限的工作通道以及力轴和视轴的平行方式以及缺乏额外的牵引力导致操作三角的缺失,软式内窥镜在复制复杂精细手术过程中受到限制,无法获得足够的手术视野。因此,目前有许多 NOTES 手术均是混合 NOTES,至少有一根或多根套管针穿过腹壁。为了克服这些问题,并使用纯 NOTES 进行手术,需要有一种新的仪器来解决这个问题。

而磁牵引技术作为牵引技术的一种可以很好的解决这个问题<sup>[17]</sup>。目前,该技术已经初步应用于内镜黏膜下剥离术及 NOTES 手术,并且取得了良好的效果。2018 年,Matsuzaki 等<sup>[18]</sup>首先在人体中对 50 例胃早癌患者实施了磁锚引导内镜黏膜下剥离术(MAG-ESD)术,术后均未出现明显并发症,证明了在切除胃部病变中使用 MAG-ESD 的可行性。同样,应用此方法,磁牵引技术已经成功应用于阑尾切除术、腹腔镜胆囊切除术等<sup>[19]</sup>。Scott 等<sup>[20]</sup>对 4 例猪进行了经阴道 NOTES 胆囊切除术。Ryou 和 Thompson<sup>[21]</sup>还报道了成功使用磁技术系统经结肠 NOTES 胆囊切除术。在此过程中,磁牵引技术最重要的优点是使用简单,操作方便。本研究使用了



普通的钕磁铁,它的强度足以维持穿过腹壁的磁力,且钕磁铁易于购买且价格低廉,可以轻易获得。

在本实验中,所有动物均完成了胆囊切除,且胆囊探查时间总体呈下降趋势。总结实验,有以下体会:①在使用磁力锚定牵引技术进行胆囊切除术时,内窥镜器械偶尔会意外偏离磁铁,这可能是由于磁场干扰所致,但是这种磁场干扰不足以阻碍手术,今后进一步改进手术器械可以有效防止该现象发生。②磁牵引的最大限制是磁力的大小,磁力会随着距离呈指数衰减。因此,磁力的强度根据患者的腹部厚度而变化的,而腹部厚度主要取决于腹部脂肪的量。实验研究证明,在锚定牵引引导内镜黏膜下剥离术系统(magnetic anchor guidance for endoscopic submucosal dissection, MAG-ESD)中,可用的腹壁最大厚度变化为 1.5~4 cm<sup>[17]</sup>。因此,目前 MAG-ESD 不能用于肥胖患者,仅限于瘦弱和小儿患者。同样的,磁牵引经脐自然腔道软式内镜胆囊切除手术同样会存在这个问题。为了克服这个问题,可能需要一个更强的磁力系统。因此我们尝试增大体外的锚定磁体,采取了直径 10 cm、高 2 cm 的圆柱体大小的钕磁铁作为锚定磁体(垂直拉力为 1500 N),所产生磁力基本可满足牵引的需求。当然,在人体中使用该装置所需要的磁力大小仍需进一步研究。但是,我们使用的磁铁越强大,产生的磁铁干扰就越强。最后,可能会导致过度牵引引起靶磁体从胆囊滑落。在最初的预实验中,就曾出现靶磁体由于牵引力过强导致掉落的情况,为此,我们改进了靶磁体装置,在基础靶磁体上联合橡皮圈进行牵引,当磁力牵引过强时,橡皮圈的弹性可起到一个缓冲的作用来减少过度牵引导致装置掉落的情况发生。③在手术过程中,靶磁体是由钛夹带入体内,部分实验中靶磁体置入过程中脱落,导致手术时间延长。此后我们直接将靶磁体捆绑至钛夹上再由钛夹带入体内则避免了这个问题。

本研究动物实验证明,磁牵引辅助下软式内镜经脐切除胆囊是安全可行的,有望成为一种新型的胆囊切除手术方式。

#### 【参考文献】

- [1] Salem JF, Gummadi S, Marks JH. Minimally Invasive Surgical Approaches to Colon Cancer[J]. *Surg Oncol Clin N Am*, 2018, 27(2): 303-318.
- [2] Batirel HF. Minimally invasive techniques in thymic surgery: a worldwide perspective[J]. *J Vis Surg*, 2018, 4: 7.
- [3] 李 闻. NOTES 带来了什么: 内镜外科学[J]. *中华消化内镜杂志*, 2018, 35(12): 865-870.
- [4] Park PO, Bergström M, Ikeda K, et al. Experimental studies of transgastric gallbladder surgery: cholecystectomy and cholecysto-gastric anastomosis (videos) [J]. *Gastrointest Endosc*, 2005, 61(4): 601-606.
- [5] Zornig C, Siemssen L, Emmermann A, et al. NOTES cholecystectomy: matched-pair analysis comparing the transvaginal hybrid and conventional laparoscopic techniques in a series of 216 patients[J]. *Surg Endosc*, 2011, 25(6): 1822-1826.
- [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] Harrell AG, Heniford BT. Minimally invasive abdominal surgery: lux et veritas past, present, and future[J]. *Am J Surg*, 2005, 190: 239-243.
- [8] Cao J, Liu B, Li X, et al. Analysis of delayed discharge after day-surgery laparoscopic cholecystectomy[J]. *Int J Surg*, 2017, 40: 33-37.
- [9] Wagh MS, Thompson CC. Surgery insight: natural orifice transluminal endoscopic surgery-an analysis of work to date[J]. *Nat Clin Pract Gastroenterol Hepatol*, 2007, 4(7): 386-392.
- [10] McGee MF, Rosen MJ, Marks J, et al. A primer on natural orifice transluminal endoscopic surgery: building a new paradigm [J]. *Surg Innov*, 2006, 13(2): 86-93.
- [11] Rolanda C, Lima E, Pêgo JM, et al. Third-generation cholecystectomy by natural orifices: transgastric and transvesical combined approach (with video) [J]. *Gastrointest Endosc*, 2007, 65(1): 111-117.
- [12] Ryska O, Filipkova T, Martinek J, et al. Transrectal hybrid NOTES versus laparoscopic cholecystectomy: a randomized prospective study in a large laboratory animal[J]. *Rozhl Chir*, 2011, 90(12): 695-700.
- [13] Seftel AD. Re: Women's Perception of Transvaginal Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery (NOTES): Results of a Survey of Female Medical Staff and Literature Review[J]. *J Urol*, 2016, 195(2): 442-443.
- [14] 李达周, 江传桑, 洪东贵, 等. 经脐入路内镜诊治腹部创伤的实验研究[J]. *东南国防医药*, 2019, 21(4): 343-347.
- [15] 江传桑, 杨炳灿, 李达周, 等. 软式内窥镜在腹部创伤中诊治作用的实验研究[J]. *东南国防医药*, 2020, 22(4): 351-355.
- [16] 李 艳, 马 锋, 王浩华, 等. 磁锚定牵引技术及临床研究进展[J]. *腹腔镜外科杂志*, 2019, 24(10): 786-789.
- [17] Matsuzaki I, Hattori M, Hirose K, et al. Magnetic anchor-guided endoscopic submucosal dissection for gastric lesions (with video) [J]. *Gastrointest Endosc*, 2018, 87(6): 1576-1580.
- [18] Zhu H, Shang Y, Ma T, et al. 10-mm Laparo-Endoscopic Single-Site Cholecystectomy Using Multiple Magnetically Anchored and Controlled Instruments[J]. *J Surg Res*, 2019, 239: 166-172.
- [19] Scott DJ, Tang SJ, Fernandez R, et al. Completely transvaginal NOTES cholecystectomy using magnetically anchored instruments [J]. *Surg Endosc*, 2007, 21(12): 2308-2316.
- [20] Ryou M, Thompson CC. Magnetic retraction in natural-orifice transluminal endoscopic surgery (NOTES): addressing the problem of traction and countertraction[J]. *Endoscopy*, 2009, 41(2): 143-148.

(收稿日期: 2022-02-06; 修回日期: 2022-05-08)

(责任编辑: 叶华珍; 英文编辑: 吕锋烽)