

# 磁吻合技术治疗先天性长段食管闭锁与吻合口狭窄新进展

刘仕琪<sup>1</sup> 吕毅<sup>2</sup>

**【摘要】** 新生儿先天性食管长段闭锁(congenital esophageal atresia,CEA)和术后吻合口狭窄是小儿外科常见的难题,前者需要多次手术和较长的治疗周期,后者则是食管吻合术后常见的并发症。磁吻合技术(magnetic compressive anastomosis,MCA)通过磁体间压榨作用使受压组织坏死脱落并促进局部相邻组织准确对位愈合从而形成牢固的吻合口。MCA有助于实现长段食管闭锁一期吻合,并可为术后吻合口狭窄的微创治疗提供一种可行的选择。

**【关键词】** 吻合术,外科;食管闭锁/外科学;手术后并发症;吻合口

**【中图分类号】** R726.1 R655.4 TH785<sup>+</sup>.5

**Recent advances of magnetic compression anastomosis technique for esophageal atresia and anastomotic strictures.** Liu Shiqi<sup>1</sup>, Lv Yi<sup>2</sup>. 1. Department of Pediatric Surgery, Municipal Children's Hospital, Xi'an 710003, China; 2. Department of Hepatobiliary Surgery, First Affiliated Hospital, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China. Corresponding author: Lv Yi, Email: luyi169@126.com

**【Abstract】** Neonatal long-gap esophageal atresia (LGEA) and severe refractory esophageal stricture are common and challenging surgical problems in newborns. LGEA requires multi-stage operations with extended treatment periods and anastomotic stricture occurs frequently after esophageal anastomosis. Magnetic compressive anastomosis (MCA) using mated magnets with interposed compressed tissue may result in serosa-to-serosa apposition for organ anastomosis. It creates solid anastomotic connections for LGEA and refractory esophageal stricture in children.

**【Key words】** Anastomosis Surgical; Esophageal Atresia/SU; Postoperative Complications; Stomas

先天性食管闭锁(congenital esophageal atresia, CEA)伴或不伴有气管-食管瘘(tracheoesophageal fistula,TEF),都是较常见的新生儿消化道发育畸形,常合并其他系统与器官发育畸形。无论是传统手术还是近几年开展的胸腔镜手术,都不可避免地造成胸部组织损伤,尤其是对于盲端距离较远的长段型食管闭锁患儿,需分期进行食管延长术或代食管手术等治疗,疗程长且并发症多,严重影响患儿生长发育,且病死率高。传统手术方法已不能满足病情复杂的先天性消化道疾病的治疗。磁压榨吻合技术(magnetic compressive anastomosis, MCA)为治疗儿童消化道疑难病例提供了一种崭新的途径。

## 一、MCA 技术

MCA 是基于永磁合金材料具有恒磁场特殊物理性质的基础上,利用极性相反的一对磁体通过磁场作用相互吸引将需要吻合的空腔脏器连接在一起的技术。通过对压榨在磁体之间的组织产生持续稳定的压力,导致组织缺血坏死。与此同时,旁边的组织重新愈合并连接,磁体通过人体自然腔道排出体外,最终实现空腔脏器连续性的重建。由于此技术巧妙利用了磁性粘接,可以促进组织良好愈合,避免了传统针线缝合技术的弊端,从而使许多难以通过传统手工缝合实现器官组织吻合的手术得以在微创条件下完成。

## 二、MCA 发展历史

应用于小儿手术的医疗器械及相关技术水平明显落后于成人外科,由于缺乏吻合质量标准化的外科手术器械(如胃肠吻合器),目前儿童消化道吻合仍依赖于传统的手工缝合方法。近年来,儿童误吞磁性异物导致消化道损伤并形成内瘘的特殊病

DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2019.06.003

基金项目:陕西省卫生健康委员会自然科学基金项目资助(编号:2014D85)

作者单位:1. 西安市儿童医院儿外科(陕西西安,710043); 2. 西安交通大学第一附属医院肝胆外科(陕西西安,710061)

通信作者:吕毅, luyi169@126.com

例引起了外科专家的注意<sup>[1]</sup>。通过大量体内试验的积累,利用磁体间吸引力导致消化道内瘘的副作用转而实现消化道的准确吻合,随着新型高磁性能材料在生物学领域应用的不断发展,以及机械加工技术的进步,陆续出现应用 MCA 进行小儿消化道吻合获成功的相关报道<sup>[2,3]</sup>。该方法不仅可以避免传统手术造成的副损伤,而且可以减少术中、术后并发症的发生,有良好的应用前景。

### 三、磁性材料的选择、磁场强度及生物安全性

1. 磁性材料的选择:目前已经应用于临床并可长期植入人体的磁性材料主要有第三代稀土材料钕-铁-硼(Nd-Fe-B)和钐-钴(Sa-Co)合金两种永磁材料<sup>[4,5]</sup>。Nd-Fe-B 因价格低廉、易于切割和铸压成型,耐腐蚀等物理性能强,经过钝化及镀膜等表面处理具有极佳的生物相容性,因此比其他永磁材料应用更加广泛。

2. 磁场强度与生物安全性:永磁材料产生的恒磁场不存在电磁辐射的问题。用于治疗人体组织器官疾病的植入式 Nd-Fe-B 和 Sa-Co 合金永磁体表面磁通密度峰值 <300 mT,远低于美国斯坦福直线加速中心与美国能源部提出的职业接触磁场暴露限量 ≤1 000 mT 的标准,且磁场强度随距离增加而迅速降低,因此医用永磁材料产生的磁场作用力是安全的。由 Nd-Fe-B 制成的各种不同规格的磁性植入材料已被广泛应用于人类的牙科手术和肝移植手术后胆道梗阻等严重并发症的微创治疗<sup>[6-9]</sup>。

### 四、MCA 治疗新生儿 EA

1. 新生儿 EA 治疗困境:新生儿 EA 伴或不伴有 TEF 无论是传统开胸手术还是近年开展的胸腔镜手术,均需离断奇静脉才能显露隐藏于其后方气管旁组织间隙里的异常食管结构,不可避免地造成局部正常组织与器官损伤。对于盲端距离较远(>2 cm)的 EA 患儿,一期吻合手术中虽经充分游离食管盲端可以使盲端接近至吻合距离,但因食管自身张力大极易发生吻合口瘘和严重狭窄等并发症;对于盲端距离 ≥3 cm 的 EA 的治疗非常具有挑战性,术后常出现吻合口撕裂、胸腔和纵隔严重感染、发育延迟等并发症<sup>[10]</sup>。这类患儿常常需要分期进行食管延长术、胃代食管或小肠、结肠代食管术等,疗程长达数月至数年,术后吻合口瘘、狭窄、感染等并发症多,部分患儿甚至陷入再手术、再狭窄的恶性循环,严重影响患儿生长发育,增加家庭与社会负担<sup>[11-13]</sup>。

2. MCA 实现 EA 微创治疗:对于传统手术缝合

方法难以治疗的长段 EA,由于磁体感应的距离限制,对于盲端距离 ≤3 cm 的 I 型 EA 患儿,通过内镜和胃造瘘的方法分别在食管远、近盲端置入磁体,利用磁体的非接触作用力实现食管盲端互相接近并最终达到吻合目的,从而避免患儿遭受胸外科手术造成的创伤。2001—2004 年,Zaritzky<sup>[4]</sup>选择了 5 例长段 EA 患儿,其中 3 例伴有 TEF 的婴儿经过外科手术结扎瘘管,2 例为 I 型食管闭锁患儿,均采用 MCA 方法实现食管吻合,术后随访 2 年余无吻合口瘘或狭窄等并发症的发生。由此可见,利用 MCA 技术延长食管盲端并最终完成吻合是治疗此类严重 EA 的一个可选方法。

3. MCA 技术分期治疗长段 EA:在长段 EA 治疗过程中,由于传统的胃代食管或肠管代食管手术并发症较多,MCA 技术为治疗长段型 EA 提供了一种更符合生理特征的食管连续性重建方法。在一期手术结扎气管-食管瘘并行胃造瘘以解决肠内营养问题的同时,分别通过探条定期延长食管盲端,在距离接近磁场感应的有效范围(≤2 cm)时,在内镜帮助下分别经口和胃造瘘管向远、近端闭锁食管腔内各置入一枚磁体,利用磁体间持续作用力实现食管重建与通畅的目的,这一方法有效缩短了治疗周期并减少相关并发症<sup>[14-16]</sup>。

### 五、MCA 技术实现食管狭窄微创治疗

吻合口狭窄是食管吻合术后最常见并发症,传统的治疗方法是内镜下进行狭窄部位球囊扩张,对于多次扩张无效的狭窄瘢痕需要再次手术切除瘢痕重新吻合食管,但术后仍然存在再次狭窄的可能。采用 MCA 技术可疏通狭窄部位使患儿避免遭受再次开胸手术的打击。

近年,日本医学界有相关文献报道 EA 患儿接受食管吻合术后发生吻合口严重狭窄的部分病例,虽经反复多次球囊扩张但效果不理想,最终采用了与 MCA 解除肝移植术后发生胆道梗阻相同的方法疏通食管<sup>[17]</sup>。这些食管吻合口发生严重狭窄的患儿在采用 MCA 技术治疗过程中,通过消化道内镜在食管狭窄部位上下端各放置了一个圆盘形的永磁体,通过磁体间吸引力持续压榨吻合口的瘢痕组织,待食管狭窄部位疏通完成后将磁体经口腔取出。治疗后患儿未再出现食管狭窄,最终获得良好的治疗效果<sup>[5,18,19]</sup>。可见,MCA 技术为食管吻合口狭窄提供了一种新的微创治疗方法。

六、MCA 技术在儿童食管吻合手术中的局限性与应用前景

目前国外采用 MCA 技术治疗新生儿 EA 多用于不伴有 TEF 的 I 型食管闭锁(约占 EA 患儿的 6%)非手术治疗,对于存在 TEF 的大多数 EA 患儿,仍需常规经手术结扎瘻管,故限制了该技术在 EA 治疗中的应用。对于食管盲端距离较远的 EA 患儿,因吻合口张力较大,经探条延长食管后即使采用 MCA 方法,术后仍存在狭窄的可能。西安交通大学第一附属医院吕毅团队对磁性材料在外科手术中的应用进行了长期动物实验与临床研究,并取得了突破性的研究成果<sup>[16,20,21]</sup>。笔者在 MCA 临床应用过程中发现,对于 EA 术后吻合口狭窄的患儿采用磁吻合技术疏通食管,仍然存在再次狭窄的可能。

总之,MCA 技术在消化道吻合中有一定的适用范围和局限性,对于部分盲端距离较远的 EA 患儿采用 MCA 技术可以缩短治疗时间,对于吻合口瘢痕形成导致的难治性食管狭窄可以在消化道内镜辅助下利用 MCA 技术实现微创治疗,无需再次开胸手术。MCA 技术对于复杂的食管闭锁或狭窄是一种非常前景的治疗方法。

### 参考文献

- 1 Liu S, Li J, Lv Y. Gastrointestinal damage caused by swallowing multiple magnets [J]. *Front Med*, 2012, 6(3): 280-287. DOI:10.1007/s11684-012-0207-5.
- 2 Toselli L, Martinez-Ferro M, Cervio G, et al. Magnetic compression anastomosis (magnamosis) for functional undiversion of ileostomy in pediatric patients [J]. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2017, 27(12): 1314-1317. DOI: 10.1089/lap.2017.0300.
- 3 Greenstein J, Elios M, Tiernan K, et al. Magnetic Anastomosis as a Minimally Invasive Treatment for Esophageal Atresia [J]. *American Academy of Pediatrics*, 2018, 19(9): e533-e538. DOI:10.1542/neo.19-9-e533.
- 4 Zaritzky M, Ben R, Zylberg GI, et al. Magnetic compression anastomosis as a nonsurgical treatment for esophageal atresia [J]. *Pediatr Radiol*, 2009, 39(9): 945-949. DOI:10.1007/s00247-009-1305-7.
- 5 Takamizawa S, Yamanouchi E, Muraji T, et al. MCRA of an anastomotic stenosis after esophagoesophagostomy for long gap esophageal atresia: a case report [J]. *J Pediatr Surg*, 2007, 42(5): 769-772. DOI:10.1016/j.jpedsurg.2006.12.042.
- 6 Naser-Ud-Din S. An analysis of force between attractive magnets used in orthodontics [J]. *J Coll Physicians Surg Pak*, 2005, 15(10): 634-637.
- 7 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. DOI:10.1097/SLA.0000000000002045.
- 8 Masahide H, Kazuo C, Jiro O, et al. A case of complete common hepatic duct obstruction treated by magnetic compression anastomosis [J]. *JJBA*, 2008, 22(4): 558-562.
- 9 Koksall AS, Eminler AT, Parlak E, et al. Management of biliary anastomotic strictures after liver transplantation [J]. *Transplant Rev (Orlando)*, 2017, 31(3): 207-217. DOI: 10.1016/j.trre.2017.03.002.
- 10 Upadhyaya VD, Gangopadhyaya AN, Gupta DK, et al. Prognosis of congenital tracheoesophageal fistula with esophageal atresia on the basis of gap length [J]. *Pediatr Surg Int*, 2007, 23(8): 767-771. DOI:10.1007/s00383-007-1964-0.
- 11 张宏伟, 刘丰丽, 曾战东. 一期胃代食管术治疗新生儿长段型食管闭锁的疗效分析 [J]. *临床小儿外科杂志*, 2017, 16(6): 588-591. DOI:10.3969/j.issn.1671-6353.2017.06.014.  
Zhang HW, Liu FL, Zeng ZD. Application of one-stage gastric transposition for long-gap esophageal atresia in neonates [J]. *J Clin Ped Sur*, 2017, 16(6): 588-591. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2017.06.014.
- 12 Bakal U, Ersoz F, Eker I, et al. Long-Term Prognosis of Patients with Esophageal Atresia and/or Tracheoesophageal Fistula [J]. *Indian J Pediatr*, 2016, 83(5): 401-404. DOI: 10.1007/s12098-015-1930-0.
- 13 Koziarkiewicz M, Taczalska A, Jasinska-Jaskula I, et al. Long-term Complications of Congenital Esophageal Atresia, Single Institution Experience [J]. *Indian Pediatr*, 2015, 52(6): 499-501. DOI:10.1007/s13312-015-0664-4.
- 14 Harold NL, Christopher MB, Melissa ED, et al. Staged repair of esophageal atresia: Pouch approximation and catheter-based magnetic anastomosis [J]. *J Ped Surg Case Reports*, 2014, 2(4): 170-175. DOI:10.1016/j.epsc.2014.03.004.
- 15 Dorman RM, Vali K, Harmon CM, et al. Repair of esophageal atresia with proximal fistula using endoscopic magnetic compression anastomosis (magnamosis) after staged lengthening [J]. *Pediatr Surg Int*, 2016, 32(5): 525-528. DOI: 10.1007/s00383-016-3889-y.
- 16 刘仕琪, 吕毅, 赵静儒, 等. 磁吻合技术治疗新生儿远距离食管闭锁一例并文献复习 [J]. *中华小儿外科杂志*, 2018, 39(8): 594-596. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-3006.2018.08.008.  
Liu SQ, Lv Y, Zhao JR, et al. Magnetic compression anastomosis for congenital esophageal atresia: 1 case report with a review of literature [J]. *Chin J Pediatr Surg*, 2018, 39(8): 594-596. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-3006.2018.08.008.

(下转第 455 页)

- 14 Koivusalo A, Turunen P, Rintala RJ, et al. Is routine dilatation after repair of esophageal atresia with distal fistula better than dilatation when symptoms arise comparison of results of two european pediatric surgical centers[J]. J Pediatr Surg, 2004, 39(11): 1643-1647. DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2004.07.011.
- 15 Wallner O, Wallner B. Balloon dilation of benign esophageal rings or strictures: a randomized clinical trial comparing two different inflation times[J]. Dis Esophagus, 2014, 27(2): 109-111. DOI: 10.1111/dote.12080.
- 16 Stenström P, Anderberg M, Börjesson A, et al. Dilations of anastomotic strictures over time after repair of esophageal atresia[J]. Pediatr Surg Int, 2017, 33(2): 191-195. DOI: 10.1007/s00383-016-4013-z.
- 17 Allin B, Knight M, Johnson P, et al. Outcomes at one-year post anastomosis from a national cohort of infants with oesophageal atresia[J]. PLoS One, 2014, 9(8): e106149. DOI: 10.1371/journal.pone.0106149.
- 18 Antoniou D, Soutis M, Christopoulos-Geroulanos G. Anastomotic strictures following esophageal atresia repair: a 20-year experience with endoscopic balloon dilatation[J]. J Pediatr Gastroenterol Nutr, 2010, 51(4): 464-467. DOI: 10.1097/MPG.0b013e3181d682ac.
- 19 Manfredi MA. Endoscopic management of anastomotic esophageal strictures secondary to esophageal atresia[J]. Gastrointest Endosc Clin N Am, 2016, 26(1): 201-219. DOI: 10.1016/j.giec.2015.09.002.
- 20 Ko HK, Ji HS, Song HY, et al. Balloon dilation of anastomotic strictures secondary to surgical repair of esophageal atresia in a pediatric population: long-term results[J]. J Vasc Interv Radiol, 2006, 17(8): 1327-1333. DOI: 10.1097/01.RVI.0000232686.29864.0A.

(收稿日期: 2019-04-20)

**本文引用格式:** 谷一超, 黄金狮, 陈永卫, 等. 胃镜下球囊扩张治疗食管闭锁术后吻合口狭窄的疗效分析[J]. 临床小儿外科杂志, 2019, 18(6): 450-455. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2019.06.004.

**Citing this article as:** Gu YC, Huang JS, Chen YW, et al. Analysis of effectiveness of endoscopy-guided balloon dilatation for anastomotic strictures after repairing esophageal atresia[J]. J Clin Ped Sur, 2019, 18(6): 450-455. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2019.06.004.

(上接第449页)

- 17 Haruta H, Yamanouchi E, Hosoya Y, et al. Magnetic compression revision anastomosis of a severe anastomotic stenosis after esophagoesophagostomy for long gap esophageal atresia: a case report[J]. Gastroenterological Endoscopy, 2011, 53(8): 2001-2005.
- 18 Woo R, Wong CM, Trimble Z, et al. Magnetic Compression Strictureplasty For Treatment of Refractory Esophageal Strictures in Children: Technique and Lessons Learned[J]. Surg Innov, 2017, 24(5): 432-439. DOI: 10.1177/1553350617720994.
- 19 Okata Y, Hisamatsu C, Bitoh Y, et al. Efficacy and histopathological esophageal wall damage of biodegradable esophageal stents for treatment of severe refractory esophageal anastomotic stricture in a child with long gap esophageal atresia[J]. Clin J Gastroenterol, 2014, 7(6): 496-501. DOI: 10.1007/s12328-014-0537-8.
- 20 Xue F, Guo HC, Li JP, et al. Choledochojunostomy with an innovative magnetic compressive anastomosis: How to determine optimal pressure? [J]. World J Gastroenterol, 2016, 22(7): 2326-2335. DOI: 10.3748/wjg.v22.i7.2326.
- 21 Liu SQ, Lei P, Cui XH, et al. Sutureless anastomoses using magnetic rings in canine liver transplantation model[J]. J Surg Res, 2013, 185(2): 923-933. DOI: 10.1016/j.jss.2013.07.025.

(收稿日期: 2019-04-07)

**本文引用格式:** 刘仕琪, 吕毅. 磁吻合技术治疗先天性长段食管闭锁与吻合口狭窄新进展[J]. 临床小儿外科杂志, 2019, 18(6): 447-449. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2019.06.003.

**Citing this article as:** Liu SQ, Lv Y. Recent advances of magnetic compression anastomosis technique for esophageal atresia and anastomotic strictures[J]. J Clin Ped Sur, 2019, 18(6): 447-449. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2019.06.003.