

消化外科手术的内镜化途径: 磁吻合联合内镜

严小鹏, 刘雯雁, 李涤尘, 吕毅

■背景资料

磁吻合(magnamosis)也称磁压迫吻合(magnetic compression anastomosis, MCA)或磁压迫技术(magnetic compression technique, MCT)是指借助磁体间的吸力来实现空腔脏器吻合重建的方法。磁吻合与内镜技术结合可使一些传统的消化外科手术在内镜下即可完成, 这将对这些疾病的治疗带来里程碑式的意义。

严小鹏, 刘雯雁, 吕毅, 西安交通大学第一附属医院肝胆外科 陕西省西安市 710061

严小鹏, 刘雯雁, 吕毅, 西安交通大学先进外科技术与工程研究所 陕西省西安市 710061

李涤尘, 西安交通大学机械制造系统工程国家重点实验室 陕西省西安市 710049

严小鹏, 在读博士, 主要从事肝移植、门脉高压症、磁外科的研究。

卫生部部属(管)医院临床学科重点基金资助项目, No. 2010105

中央高校基本科研业务费专项基金资助项目, No. XKJC2013003

国家自然科学基金科学仪器专项基金资助项目, No. 81127005

作者贡献分布: 本文综述由严小鹏与刘雯雁完成; 严小鹏与刘雯雁对本文所做贡献相等; 李涤尘与吕毅审校。

通讯作者: 吕毅, 教授, 主任医师, 710061, 陕西省西安市雁塔西路277号, 西安交通大学第一附属医院肝胆外科。luyi169@126.com
电话: 029-82657541

收稿日期: 2014-03-24 修回日期: 2014-04-22

接受日期: 2014-05-06 在线出版日期: 2014-07-08

Magnamosis combined with endoscopy: A new endoscopic technique in digestive surgery

Xiao-Peng Yan, Wen-Yan Liu, Di-Chen Li, Yi Lv

Xiao-Peng Yan, Wen-Yan Liu, Yi Lv, Department of Hepatobiliary Surgery, the First Affiliated Hospital, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, Shaanxi Province, China

Xiao-Peng Yan, Wen-Yan Liu, Yi Lv, Research Institution of Advanced Surgical Technology and Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, Shaanxi Province, China

Di-Chen Li, State Key Laboratory of Mechanical System Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, Shaanxi Province, China

Supported by: the Key Foundation Project of Clinical Discipline, Affiliated to the Ministry of Health, No. 2010105; Special Fund of Basic Research Project to Central Universities, No. XKJC2013003; Scientific Instruments Special Fund of National Natural Science Foundation of China, No. 81127005

Correspondence to: Yi Lv, Professor, Chief Physician, Department of Hepatobiliary Surgery, the First Affiliated Hospital, Xi'an Jiaotong University, 277 Yanta West Road, Xi'an 710061, Shaanxi Province, China. luyi169@126.com
Received: 2014-03-24 Revised: 2014-04-22

Accepted: 2014-05-06 Published online: 2014-07-08

Abstract

Conventional hand-sewn technique is the basic method for anastomosis in the gastrointestinal tract. However, with the rapid development of minimally invasive surgery and the spread of

fast track surgery, hand-sewn technique cannot satisfy the requirements of modern surgery. The common goal that the majority of surgeons seek to achieve has changed: to reduce surgical invasion and operative time as minimally as possible, on the premise that therapeutic and anastomotic effects can be guaranteed. Therefore, after more than 30 years of exploration and development, magnamosis as a novel anastomosis technique shows its significant superiority in anastomosis or recanalization in the gastrointestinal tract. Furthermore, the combination of magnamosis and endoscopy may transform part of the surgical procedures into endoscopic procedures. This review aims to elucidate the application and future development of magnamosis combined with endoscopy in anastomosis or recanalization in the gastrointestinal tract.

© 2014 Baishideng Publishing Group Inc. All rights reserved.

Key Words: Digestive system; Surgical intervention; Endoscopy; Magnamosis

Yan XP, Liu WY, Li DC, Lv Y. Magnamosis combined with endoscopy: A new endoscopic technique in digestive surgery. *Shijie Huaren Xiaohua Zazhi* 2014; 22(19): 2716-2721
URL: <http://www.wjgnet.com/1009-3079/22/2716.asp>
DOI: <http://dx.doi.org/10.11569/wcjd.v22.i19.2716>

摘要

传统手工缝线吻合作为消化系吻合重建最基本的方法可以用于任何部位的吻合。但随着微创外科的发展和快速康复外科理念的深入, 手工缝线吻合已不能满足迅速发展的现代外科的需要。在满足治疗效果和保证吻合质量的前提下, 尽可能地减小创伤和缩短手术时间已成为所有外科医生所追求的共同目标。磁吻合作为一种新的吻合方法经历了三十多年的探索和发展后, 在消化系吻合重建中显示出了极大的优越性, 磁吻合与内镜技术结合可将部分外科手术变成内镜操作。本文就磁吻合联合内镜在消化系吻合重建中的应用及未来发展作一综述。

■同行评议者

姜相君, 主任医师, 青岛市市立医院消化科

© 2014年版权归百世登出版集团有限公司所有.

关键词: 消化系统; 外科手术; 内镜; 磁吻合

核心提示: 磁吻合(magnamosis)作为研究热点, 国外已有大量报道, 但国内仅有西安交大一附院吕毅团队进行了深入研究, 而大部分学者持观望态度, 对磁吻合原理、临床应用范围、吻合效果和安全性认识不足. 本文通过综述国内外相关文献对上述问题进行了探讨.

严小鹏, 刘雯雁, 李涤尘, 吕毅. 消化外科手术的内镜化途径: 磁吻合联合内镜. 世界华人消化杂志 2014; 22(19): 2716-2721
URL: <http://www.wjgnet.com/1009-3079/22/2716.asp>
DOI: <http://dx.doi.org/10.11569/wcjd.v22.i19.2716>

0 引言

磁吻合(magnamosis)由Jamshidi^[1]于2009年首先提出, 但其渊源可追溯到20世纪70年代末. 1978年日本学者Obora^[2]创新性地用磁环进行了微血管的无缝线吻合实验并获得成功. 之后, 大量学者用磁环或磁柱来进行空腔器官的吻合重建, 并逐步形成了以磁压迫吻合(magnetic compression anastomosis, MCA)^[3,4]和磁压迫技术(magnetic compression technique, MCT)^[5-8]为主流的提法. 目前, 磁吻合可用来实现消化系管腔、泌尿系管腔和血管的吻合重建, 应用该方法操作简单、吻合速度快、并发症少, 安全性和效果可与传统手工缝线吻合和机械吻合器吻合效果相媲美甚至更好. 磁吻合借助于特殊形式的磁场力从根本上改变了传统的吻合模式, 将磁吻合与内镜技术结合可将消化系统一些原本需要外科手术处理的疾病在内镜操作下就能实现. 本文就磁吻合与内镜技术结合治疗一些消化系统疾病的基础和临床研究报道作一综述.

1 磁吻合的发展历史

1978年Obora等^[2]利用磁体间的吸力设计出了用于血管吻合的无缝线磁吻合器, 并进行了犬和大鼠微血管的端端吻合实验, 平均吻合时间可在8 min内完成, 吻合方法简单、短期血管通畅性良好, 这是有关磁吻合最早的实验研究. 同年, 俄罗斯学者Kanshin^[9]将磁压迫技术用于消化系吻合, 他利用磁体进行了犬的胃十二指肠吻合和空肠侧侧吻合的吻合重建实验, 显示出了良好的吻合效果. 1980年美国学者Jansen^[10]利用聚酯涂层的磁环进行了小肠吻合的动物实验, 结果显示吻合口通畅, 黏膜下层愈合良好. 次年, Jansen等^[11]将此磁

环用于临床, 对21例患者进行了结直肠吻合, 最终2例患者出现了肠漏, 术后磁环排出体外平均时间为9 d, 随访1年未发现吻合口狭窄等并发症. 1992年俄罗斯Stepanov^[12]利用磁吻合器对46例肠漏的儿童进行了旁路吻合, 使儿童肠漏的死亡率由当时的31%降至13%. 1993年俄罗斯Saveliev^[13]报道了内镜下利用磁压迫技术进行胆囊-胃吻合、胆囊-空肠吻合和肠肠吻合的动物实验, 以期用于梗阻性黄疸的治疗. 90年代末, 磁吻合的研究进入到飞速发展阶段, 其中以日本Yamanouchi团队的研究成果最为突出. 经过磁性压迫吻合模式在空腔脏器的成功尝试, 于2002年Yamanouchi将钐-钴稀土永磁材料作为吻合器主体进行压迫吻合的方式正式命名为“山内法(Yamanouchi's method)”^[14]. 2003年美国Ventrica公司推出了产品化的血管侧侧磁性吻合装置, 并称为MVP系统(magnetic vascular positioner system)^[15], 该系统被用于冠状动脉搭桥手术, 取得了良好的临床效果^[16-22]. 国内吕毅教授利用MCT进行了犬门腔分流的实验研究, 虽然尚未进入临床试验, 但这也为MCT的应用研究拓展了思路^[8]. 2013年, “The New England Journal of Medicine”报道了食管下段扩约肌磁性增强元件用于治疗胃食管返流病的临床研究, 其研究结果令人鼓舞^[23], 虽然此研究并未涉及吻合的过程, 但我们认为这仍然可归结于MCT, 这是对MCT更为灵活巧妙的应用范例.

2 磁吻合的原理

在应用磁吻合时, 通常将两个磁体分别置于吻合口两侧, 这两个磁体的形状、尺寸可以完全一样, 也可以不一样. 习惯上将体积较大的或者在压迫吻合过程中位置相对变化较小的磁体称之为母磁体(parent magnet, PM), 而体积较小或位置变化相对较大的磁体称为子磁体(daughter magnet, DM), 当然这样的叫法并非绝对的. 有时也把带有固定牵拉装置的磁体称之为母磁体. 在吻合时, 子母磁体压迫吻合部位组织, 使其发生缺血-坏死-脱落的病理变化过程, 而压榨旁组织则黏连-修复-愈合, 最终完成管腔的吻合重建. 磁吻合实现空腔脏器吻合的原理属于压迫吻合的范畴, 但有别于手工缝线吻合和钉式吻合. 传统的手工缝线和钉式吻合仅需要保证空腔脏器吻合部位良好的接触和连续性即可实现管腔吻合端黏连-修复-愈合, 而压迫吻合则要完成上述两种病理变化过程.

■研发前沿

本文通过对国内外磁吻合在消化道吻合中应用的文献进行综述, 来探讨磁吻合的概念、吻合原理, 介绍磁吻合的相关研究现状及临床应用实例, 提出磁吻合研究中的难点和瓶颈, 为磁吻合的研究和临床应用提供重要的理论依据.

■相关报道

国外磁吻合联合内镜最早由Yamanouchi提出并在临床上获得成功,内镜下胃肠磁吻合则由Chopita最先用于临床,Takamizawa首先报道了磁吻合治疗食管闭锁的成功病例。国内西安交大一附院吕毅于2010年率先开展了磁吻合联合内镜进行肝移植术后狭窄胆道的疏通。

3 磁吻合的特点

磁吻合与传统吻合的区别主要体现在压迫力的产生和压迫过程中压迫力的变化两个方面。一方面,磁吻合中压迫力的产生依赖的是特殊的“非接触性”磁场力,也就是说子母磁体并不需要直接接触就能完成组织间的压迫,而传统吻合时吻合口两端的装置(缝线或吻合器)必须接触才能实现压迫,这也正是此技术能用于一些复杂病例解决特殊外科难题的根本所在。另一方面,一般的机械压迫吻合的压迫力在手术操作完之后就为恒定的力,而磁压迫吻合的压迫力随着受压组织的缺血、组织变薄、组织坏死的变化,子母磁体间的距离在减小,磁场力在增加,因而压迫力是逐步增加的趋势。再者,磁吻合时被压迫组织承受的是一个平面的压力,这有别于手工缝线吻合或钉式吻合时组织受到的纵向牵拉切割力,这使磁吻合能够在组织炎症水肿状态下实现一期吻合^[24-26]。

4 磁吻合联合内镜在消化系统疾病中的应用

4.1 内镜下胆道梗阻的处理 山内法(Yamanouchi's method)将磁压迫技术与内镜技术结合起来通过微创手段处理复杂的胆道梗阻获得成功。2001年,Takao等^[3]利用MCT联合内镜治疗一位胆总管完全梗阻的患者,该患者因胃癌行胃次全切除,术后由于胆管炎造成胆总管完全梗阻,Takao通过内镜在Billroth2术式的输入袢放置一磁体,另一磁体经皮经肝穿刺在导丝引导下置入胆总管,两个磁体相吸32 d后两个磁体贯穿胆总管和肠管形成胆肠吻合。该病例开创了MCT联合内镜处理胆道狭窄或闭塞的先例。2005年Muraoka等^[27]在内镜下应用MCT成功治疗1例活体供肝肝移植术后胆道狭窄的患者,取得了良好的效果。此后,内镜联合MCT处理各种原因引起的胆道狭窄的大量病例被报道^[28-37]。国内西安交通大学第一附属医院磁外科研究团队将MCT与内镜技术结合于2011年进行了我国首例狭窄胆道磁压榨疏通获得成功。

4.2 内镜下胃肠吻合 Cope等^[38,39]在1995年进行了内镜下磁压迫胃肠吻合的动物实验,吻合取得成功并初步探索出手术路径。随后Cope又通过动物实验观察了在磁压迫胃肠吻合口建立之后置入Z型支架(Z stent)和YO-YO支架的长期通畅性^[40,41]。在此基础上,Chopita等^[42]于2005年进行了15例肿瘤引起的恶性十二指肠梗阻患者通过内镜下磁压榨技术建立胃肠吻合口后置入

YO-YO支架的报道,结果显示成功率为88.66%,平均生存期为5.23 mo,有4例患者出现小的并发症。2010年Van Hoof等^[43]报道了内镜下磁压榨技术联合YO-YO支架治疗胃出口恶性梗阻前瞻性多中心研究结果,在该项结果中由于支架导致了严重的并发症和死亡率。因此,有研究^[44-49]认为该项技术暂时不推荐在临床使用,应该继续探索出更加安全可行的技术方法。此后,又有不少学者进行了内镜联合腹腔镜下的胃肠、肠肠磁吻合的相关动物实验研究。

4.3 食管闭锁的内镜下治疗 2007年Takamizawa等^[50]为1例食管吻合术后狭窄的患者用磁压迫技术进行了再疏通,取得了满意的效果。2009年Zaritzky等^[51]用磁压迫技术治疗5位食管闭锁的患儿,除1例需要外科手术治疗外其余4例均获得了成功。MCT联合内镜处理先天性食管闭锁的重大意义在于将以往必须由外科手术的疾病通过内镜处理得以治愈,大大减小了对患者的创伤。

4.4 炎症感染状态下的消化系一期吻合 磁压迫技术以其特殊的吻合原理,还可以用于特殊病理状态(严重感染)下的消化系的一期吻合重建。2008年吕毅团队利用带有子母磁体的磁性胆肠吻合支架进行犬胆道损伤的一期吻合,首次探索了磁压迫技术在炎症感染状态下的应用效果^[24]。2011年又进行了犬小肠漏的一期修补^[25]。这两个动物实验研究结果表明,在炎症感染存在的状态下磁压迫技术仍然能够实现消化系吻合,并且较手工缝线吻合成功率大大提高。这是因为磁吻合时被压迫组织承受的是一个平面的压力,替代了手工缝线吻合或钉式吻合时组织受到的纵向牵拉切割力。这一点提示我们,磁吻合有可能改变以前的炎症感染状态下不能实现一期修复的传统治疗观念,具有极其重大的意义。

5 磁吻合研究亟待解决的问题

尽管大量学者进行了消化系磁吻合的实验和临床研究,但就目前而言,还有许多基础问题亟待解决:(1)胃肠道吻合重建中,子母磁体间吸力(吻合组织间的压迫力)究竟在何范围为安全。磁体间的吸力与所选择的永磁材料、磁体的形状尺寸设计、机械加工程序、充磁条件和参数都有密切关系,就目前相关文献中使用的磁体在以上几方面都不同,因而磁体的吸力也是不同的,这就需要进行一些基础研究,探索出胃肠道磁压迫吻合中子母磁体间的最适吸力;(2)子母

磁体的形状设计. 在研究中, 大部分研究者们所设计的磁体形状为圆柱形和圆环形, 也有学者将其设计成阶梯状的环形^[50]和斜面环形^[51], 究竟哪种形状设计最适合用于胃肠道吻合还需要大量实验进行论证. 在消化系吻合重建时, 吻合口一般要求比较大, 吻合用的磁体截面积也要随之增加, 而这又恰恰不利于内镜操作. 为解决该矛盾, 2011年Cho等^[47]设计了SAMSEN(smart self-assembling magnets for endoscopy)组合式磁体, 并在猪上进行了验证性试验取得成功. 该装置巧妙地利用磁铁间的吸力和斥力, 在置入过程中磁体被压缩成条状, 到达预定位置释放后磁体自动变成四边形, 这样可以扩大吻合口. 这种新颖的设计为以后磁吻合器的设计开辟了一个新的思路, 有极大的借鉴价值; (3)磁压迫技术辅助器械的设计. 为避免手术中磁体与铁磁性手术器械相吸而干扰操作, 需要有一套钛合金手术器械(包括开腹下的常规手术器械和腹腔镜下的手术器械). 此外, 为方便操作, 还应有帮助吻合用的支撑管、推拉杆或释放装置等; (4)多个磁体间的磁力屏蔽. 在同一机体内当需要建立多个吻合时, 距离较近的吻合口部位的磁体会相互吸引, 造成肠管扭曲, 甚至还会压迫周围肠管或重要组织, 因此如何有效避免相邻磁体非计划性相吸也是需要解决的问题. 就作者所在团队多年的研究而言, 我们认为有两种方法可以解决: (1)通过支架进行支撑隔离; (2)在磁体非吸合面包裹磁屏蔽壳, 将非吸合面的磁力线引导至吸合面, 减少非吸合面的磁力线泄漏. 这两种方法各有利弊, 应根据吻合部位的实际情况来看决定.

6 结论

磁吻合联合内镜技术可将原本需要外科手术处理的疾病变成了内镜下可治疗的疾病, 这对于减轻患者创伤和痛苦, 深化快速康复理念有着重大影响. 纵观这些研究可以发现, 大部分仍停留在动物实验验证阶段, 尚未在临床上大规模开展. 因此, 磁吻合的安全性和可靠性仍有待多中心大样本的随机对照实验来验证. 另外, 磁吻合联合内镜的标准化操作规范和适应症有待建立统一标准, 以此才能充分发挥磁吻合简便、高效、安全、微创的特点, 推进医学的发展.

7 参考文献

- Jamshidi R, Stephenson JT, Clay JG, Pichakron KO, Harrison MR. Magnamosis: magnetic compression anastomosis with comparison to suture and staple techniques. *J Pediatr Surg* 2009; 44: 222-228 [PMID: 19159747 DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2008.10.044]
- Obora Y, Tamaki N, Matsumoto S. Nonsuture microvascular anastomosis using magnet rings: preliminary report. *Surg Neurol* 1978; 9: 117-120 [PMID: 625696]
- Takao S, Matsuo Y, Shinchi H, Nakajima S, Aikou T, Iseji T, Yamanouchi E. Magnetic compression anastomosis for benign obstruction of the common bile duct. *Endoscopy* 2001; 33: 988-990 [PMID: 11668410 DOI: 10.1055/s-2001-17923]
- Fan C, Yan XP, Liu SQ, Wang CB, Li JH, Yu L, Wu Z, Lv Y. Roux-en-Y choledochojejunostomy using novel magnetic compressive anastomats in canine model of obstructive jaundice. *Hepatobiliary Pancreat Dis Int* 2012; 11: 81-88 [PMID: 22251474 DOI: 10.1016/S1499-3872(11)60129-X]
- Akita H, Hikita H, Yamanouchi E, Marubashi S, Nagano H, Umeshita K, Dono K, Tsutsui S, Hayashi N, Monden M. Use of a metallic-wall stent in the magnet compression anastomosis technique for bile duct obstruction after liver transplantation. *Liver Transpl* 2008; 14: 118-120 [PMID: 18161766 DOI: 10.1002/lt.21273]
- Marubashi S, Nagano H, Yamanouchi E, Kobayashi S, Eguchi H, Takeda Y, Tanemura M, Maeda N, Tomoda K, Hikita H, Tsutsui S, Doki Y, Mori M. Salvage cystic duct anastomosis using a magnetic compression technique for incomplete bile duct reconstruction in living donor liver transplantation. *Liver Transpl* 2010; 16: 33-37 [PMID: 20035518 DOI: 10.1002/lt.21934]
- Yan XP, Ma J, Li JH, Dong DH, Wang HH, Liu SQ, Wan Z, Wang SP, Ma F, Lv Y. Using novel magnetic compressive portacaval shunt in dog: an experimental study. *HPB* 2013; 15(Suppl. 2): 184
- Yan X, Fan C, Ma J, Li J, Dong D, Wang H, Ma F, Zheng X, Lv Y. Portacaval shunt established in six dogs using magnetic compression technique. *PLoS One* 2013; 8: e76873 [PMID: 24098809 DOI: 10.1371/journal.pone.0076873]
- Kanshin NN, Permiakov NK, Dzhalaioniia RA, Nikulin BI, Kuznetsov AA. [Sutureless anastomoses in gastrointestinal surgery with and without steady magnetic field (experimental study)]. *Arkh Patol* 1978; 40: 56-61 [PMID: 365148]
- Jansen A, Keeman JN, Davies GA, Klopper PJ. Early experiences with magnetic rings in resection of the distal colon. *Neth J Surg* 1980; 32: 20-27 [PMID: 7366876]
- Jansen A, Brummelkamp WH, Davies GA, Klopper PJ, Keeman JN. Clinical applications of magnetic rings in colorectal anastomosis. *Surg Gynecol Obstet* 1981; 153: 537-545 [PMID: 7280943]
- Stepanov EA, Vasil'ev GS, Nikolaev VV. [The treatment of intestinal fistulae in children by applying a by-pass anastomosis using magnetic devices]. *Khirurgiia (Mosk)* 1992; (11-12): 93-95 [PMID: 1294807]
- Saveliev VS, Avaliani MV, Bashirov AD. Endoscopic magnetic cholecystodigestive anastomoses: personal technique for palliative treatment of distal bile duct obstruction. *J Laparoendosc Surg* 1993; 3: 99-112 [PMID: 7686058]
- Yamanouchi E, Kumano R, Kobayashi K, Hattori T, Matsumoto J, Oonishi T, Hayakawa M, Tani

■创新盘点

本文在回顾大量磁吻合文献的基础上, 全面综述了磁吻合联合内镜技术将某些消化外科手术变成内镜下治疗的实验研究和临床应用, 并结合作者自己多年的磁吻合研究经验和思考, 提出了当下磁外科发展面临的难点和亟需解决瓶颈.

■应用要点

本文通过对磁吻合联合内镜技术的大量文献的综述, 不仅为磁吻合实验研究提出了新的研究思路而且也为磁吻合的临床应用和推广提出了理论支持。

- I. [Treatment for bowel or biliary obstruction by magnetic compression anastomosis development of Yamanouchi's method and its clinical evaluation]. *J Nippon Med Sch* 2002; 69: 471-475 [PMID: 12382010 DOI: 10.1272/jnms.69.471]
- 15 Falk V, Walther T, Stein H, Jacobs S, Walther C, Rastan A, Wimmer-Greinecker G, Mohr FW. Facilitated endoscopic beating heart coronary artery bypass grafting using a magnetic coupling device. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 126: 1575-1579 [PMID: 14666035 DOI: 10.1016/S0022-5223(03)00793-1]
- 16 Klima U, Falk V, Marinka M, Bargenda S, Badack S, Moritz A, Mohr F, Haverich A, Wimmer-Greinecker G. Magnetic vascular coupling for distal anastomosis in coronary artery bypass grafting: a multicenter trial. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 126: 1568-1574 [PMID: 14666034 DOI: 10.1016/S0022-5223(03)01314-X]
- 17 Klima, Macvaugh Iii, Marinka, Kirschner, Haverich. Clinical experience with the Ventrica distal anastomotic device in coronary surgery. *Minim Invasive Ther Allied Technol* 2004; 13: 26-31 [PMID: 16754121 DOI: 10.1080/13645700410024805]
- 18 Casselman FP, Meco M, Dom H, Foubert L, Van Praet F, Vanermen H. Multivessel distal sutureless off-pump coronary artery bypass grafting procedure using magnetic connectors. *Ann Thorac Surg* 2004; 78: e38-e40 [PMID: 15276590 DOI: 10.1016/j.athoracsur.2003.07.050]
- 19 Falk V, Walther T, Jacobs S, Wolf RK, Mohr FW. Facilitated MIDCAB using a magnetic coupling device. *Ann Thorac Surg* 2005; 79: 691-693 [PMID: 15680865 DOI: 10.1016/S0003-4975(03)01403-6]
- 20 Vicol C, Eifert S, Oberhoffer M, Boekstegers P, Knez A, Christ F, Reichart B. Early clinical results with a magnetic connector for distal coronary artery anastomoses. *Ann Thorac Surg* 2005; 79: 1738-1742; discussion 1738-1742 [PMID: 15854967 DOI: 10.1016/j.athoracsur.2004.04.096]
- 21 Vicol C, Eifert S, Oberhoffer M, Boekstegers P, Reichart B. Mid-term patency after magnetic coupling for distal bypass anastomosis in coronary surgery. *Ann Thorac Surg* 2006; 82: 1452-1456 [PMID: 16996952 DOI: 10.1016/j.athoracsur.2006.04.090]
- 22 Athanasiou T, Ashrafian H, Krasopoulos G, Purkayastha S, Malinowski V, Al-Ruzzeh S, Glenville B, De La Stanbridge R, Casula R. Clamless arterial coronary artery bypass grafting with the use of magnetic coupling devices. *J Card Surg* 2006; 21: 69-74; discussion 75-6 [PMID: 16426353 DOI: 10.1111/j.1540-8191.2006.00172.x]
- 23 Ganz CM, Peters JH, Horgan S, Bemelman WA, Dunst RA, Edmundowicz SA, Lipham JC, Luketich JD, Melvin WS, Oelschlager BK, Schlack-Haerer SC, Smith CD, Smith CC, Dunn D, Taiganides PA. Esophageal sphincter device for gastroesophageal reflux disease. *N Engl J Med* 2013; 368: 719-727 [PMID: 23425164 DOI: 10.1056/NEJMoa1205544]
- 24 Li J, Lü Y, Qu B, Zhang Z, Liu C, Shi Y, Wang B. Application of a new type of sutureless magnetic biliary-enteric anastomosis stent for one-stage reconstruction of the biliary-enteric continuity after acute bile duct injury: an experimental study. *J Surg Res* 2008; 148: 136-142 [PMID: 18511078 DOI: 10.1016/j.jss.2007.09.014]
- 25 马海军, 王善佩, 樊超, 刘仕琪, 尚亚飞, 严小鹏, 车向明, 吕毅. 应用磁压榨吻合术行肠漏一期修补的实验研究. *中华消化外科杂志* 2011; 10: 64-67
- 26 李建辉, 吕毅, 张智勇, 刘昌, 史源, 王博, 季学闻, 于良, 耿智敏. 急性胆管损伤后应用磁性胆肠吻合支架一期修复胆肠连续性的实验研究. *中华肝胆外科杂志* 2007; 13: 767-770
- 27 Muraoka N, Uematsu H, Yamanouchi E, Kinoshita K, Takeda T, Ihara N, Matsunami H, Itoh H. Yamanouchi magnetic compression anastomosis for bilioenteric anastomotic stricture after living-donor liver transplantation. *J Vasc Interv Radiol* 2005; 16: 1263-1267 [PMID: 16151070 DOI: 10.1097/01.RVI.0000173280.56442.9E]
- 28 Mimuro A, Tsuchida A, Yamanouchi E, Itoi T, Ozawa T, Ikeda T, Nakamura R, Koyanagi Y, Nakamura K. A novel technique of magnetic compression anastomosis for severe biliary stenosis. *Gastrointest Endosc* 2003; 58: 283-287 [PMID: 12872106 DOI: 10.1067/mge.2003.353]
- 29 Itoi T, Yamanouchi E, Ikeda T, Sofuni A, Kurihara T, Tsuchiya T, Tsuchida A, Kasuya K, Moriyasu F. Magnetic compression anastomosis: a novel technique for canalization of severe hilar bile duct strictures. *Endoscopy* 2005; 37: 1248-1251 [PMID: 16329026 DOI: 10.1055/s-2005-870269]
- 30 Okajima H, Kotera A, Takeichi T, Ueno M, Ishiko T, Hirota M, Asonuma K, Yamauchi E, Inomata Y. Magnet compression anastomosis for bile duct stenosis after duct-to-duct biliary reconstruction in living donor liver transplantation. *Liver Transpl* 2005; 11: 473-475 [PMID: 15776404 DOI: 10.1002/lt.20364]
- 31 Matsuno N, Uchiyama M, Nakamura Y, Iwamoto H, Hama K, Ashizawa T, Nagao T, Yamanouchi E. A nonsuture anastomosis using magnetic compression for biliary stricture after living donor liver transplantation. *Hepatogastroenterology* 2009; 56: 47-49 [PMID: 19453026]
- 32 Avaliani M, Chigogidze N, Nechipai A, Dolgushin B. Magnetic compression biliary-enteric anastomosis for palliation of obstructive jaundice: initial clinical results. *J Vasc Interv Radiol* 2009; 20: 614-623 [PMID: 19393505 DOI: 10.1016/j.jvir.2009.01.019]
- 33 Itoi T, Yamanouchi E, Ikeuchi N, Kasuya K, Iwamoto H, Tsuchida A. Magnetic Compression Duct-to-duct Anastomosis for Biliary Obstruction in a Patient with Living Donor Liver Transplantation. *Gut Liver* 2010; 4 Suppl 1: S96-S98 [PMID: 21103303 DOI: 10.5009/gnl.2010.4.S1.S96]
- 34 Suyama K, Takamori H, Yamanouchi E, Tanaka H, Sakamoto Y, Ikuta Y, Maki Y, Sakurai K, Hirota M, Baba H. Recanalization of obstructed choledochojunostomy using the magnet compression anastomosis technique. *Am J Gastroenterol* 2010; 105: 230-231 [PMID: 20054323 DOI: 10.1038/ajg.2009.473]
- 35 Itoi T, Kasuya K, Sofuni A, Itokawa F, Tsuchiya T, Kurihara T, Ikeuchi N, Takeuchi M, Nagano T, Iwamoto H, Yamanouchi E, Shimazu M, Tsuchida A. Magnetic compression anastomosis for biliary obstruction: review and experience at Tokyo Medical University Hospital. *J Hepatobiliary Pancreat Sci* 2011; 18: 357-365 [PMID: 21127913 DOI: 10.1007/s00534-010-0350-9]
- 36 Jang SI, Kim JH, Won JY, Lee KH, Kim HW, You JW, Itoi T, Lee D. Magnetic compression anastomosis is useful in biliary anastomotic strictures after living donor liver transplantation. *Gastrointest Endosc* 2011; 74: 1040-1048 [PMID: 21855872 DOI: 10.1016/j.gie.2011.06.026]

- 37 Oya H, Sato Y, Yamanouchi E, Yamamoto S, Hara Y, Kokai H, Sakamoto T, Miura K, Shioji K, Aoyagi Y, Hatakeyama K. Magnetic compression anastomosis for bile duct stenosis after donor left hepatectomy: a case report. *Transplant Proc* 2012; 44: 806-809 [PMID: 22483501 DOI: 10.1016/j.transproceed.2012.01.021]
- 38 Cope C. Evaluation of compression cholecystogastic and cholecystojejunal anastomoses in swine after peroral and surgical introduction of magnets. *J Vasc Interv Radiol* 1995; 6: 546-552 [PMID: 7579862 DOI: 10.1016/S1051-0443(95)71132-0]
- 39 Cope C. Creation of compression gastroenterostomy by means of the oral, percutaneous, or surgical introduction of magnets: feasibility study in swine. *J Vasc Interv Radiol* 1995; 6: 539-545 [PMID: 7579861 DOI: 10.1016/S1051-0443(95)71131-9]
- 40 Cope C, Clark TW, Ginsberg G, Habecker P. Stent placement of gastroenteric anastomoses formed by magnetic compression. *J Vasc Interv Radiol* 1999; 10: 1379-1386 [PMID: 10584655 DOI: 10.1016/S1051-0443(99)70248-4]
- 41 Cope C, Ginsberg GG. Long-term patency of experimental magnetic compression gastroenteric anastomoses achieved with covered stents. *Gastrointest Endosc* 2001; 53: 780-784 [PMID: 11375591 DOI: 10.1067/mge.2001.114964]
- 42 Chopita N, Vaillaverde A, Cope C, Bernedo A, Martinez H, Landoni N, Jmelnitzky A, Burgos H. Endoscopic gastroenteric anastomosis using magnets. *Endoscopy* 2005; 37: 313-317 [PMID: 15824939 DOI: 10.1055/s-2005-861358]
- 43 van Hooft JE, Vleggaar FP, Le Moine O, Bizzotto A, Voermans RP, Costamagna G, Devière J, Siersema PD, Fockens P. Endoscopic magnetic gastroenteric anastomosis for palliation of malignant gastric outlet obstruction: a prospective multicenter study. *Gastrointest Endosc* 2010; 72: 530-535 [PMID: 20656288 DOI: 10.1016/j.gie.2010.05.025]
- 44 Myers C, Yellen B, Evans J, DeMaria E, Pryor A. Using external magnet guidance and endoscopically placed magnets to create suture-free gastro-enteral anastomoses. *Surg Endosc* 2010; 24: 1104-1109 [PMID: 20033734 DOI: 10.1007/s00464-009-0735-5]
- 45 Pichakron KO, Jelin EB, Hirose S, Curran PF, Jamshidi R, Stephenson JT, Fechter R, Strange M, Harrison MR. Magnamosis II: Magnetic compression anastomosis for minimally invasive gastrojejunostomy and jejunojejunostomy. *J Am Coll Surg* 2011; 212: 42-49 [PMID: 21184956 DOI: 10.1016/j.jamcollsurg.2010.09.031]
- 46 Ryou M, Cantillon-Murphy P, Azagury D, Shaikh SN, Ha G, Greenwalt I, Ryan MB, Lang JH, Thompson CC. Smart Self-Assembling MagnetS for Endoscopy (SAMSEN) for transoral endoscopic creation of immediate gastrojejunostomy (with video). *Gastrointest Endosc* 2011; 73: 353-359 [PMID: 21183179 DOI: 10.1016/j.gie.2010.10.024]
- 47 Cho YB, Park JH, Chun HK, Park CM, Kim HC, Yun SH, Lee WY. Multimedia article. Natural orifice transluminal endoscopic surgery applied to sigmoidectomy in survival animal models: using paired magnetic intra-luminal device. *Surg Endosc* 2011; 25: 1319-1324 [PMID: 21046162 DOI: 10.1007/s00464-010-1365-7]
- 48 Gonzales KD, Douglas G, Pichakron KO, Kwiat DA, Gallardo SG, Encinas JL, Hirose S, Harrison MR. Magnamosis III: delivery of a magnetic compression anastomosis device using minimally invasive endoscopic techniques. *J Pediatr Surg* 2012; 47: 1291-1295 [PMID: 22703808 DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2012.03.042]
- 49 Leroy J, Perretta S, Diana M, Wall J, Lindner V, Harrison M, Marescaux J. An original endoluminal magnetic anastomotic device allowing pure NOTES transgastric and transrectal sigmoidectomy in a porcine model: proof of concept. *Surg Innov* 2012; 19: 109-116 [PMID: 22143749 DOI: 10.1177/1553350611429029]
- 50 Takamizawa S, Yamanouchi E, Muraji T, Nishijima E, Satoh S, Tsugawa J. MCRA of an anastomotic stenosis after esophagoesophagostomy for long gap esophageal atresia: a case report. *J Pediatr Surg* 2007; 42: 769-772 [PMID: 17502180 DOI: 10.1016/j.jpedsurg.2006.12.042]
- 51 Zaritzky M, Ben R, Zylberg GI, Yampolsky B. Magnetic compression anastomosis as a nonsurgical treatment for esophageal atresia. *Pediatr Radiol* 2009; 39: 945-949 [PMID: 19506849 DOI: 10.1007/s00247-009-1305-7]

同行评价

本文对磁吻合联合内镜在消化系吻合重建中的应用做了全面介绍, 为磁吻合的临床应用和推广提供了理论依据, 对外科医生具有重要学习和借鉴意义。

编辑 田滢 电编 鲁亚静





Published by **Baishideng Publishing Group Inc**
8226 Regency Drive, Pleasanton,
CA 94588, USA
Fax: +1-925-223-8242
Telephone: +1-925-223-8243
E-mail: bpgoffice@wjgnet.com
<http://www.wjgnet.com>



ISSN 1009-3079

