

磁辅助快速肝移植的血管吻合装置的设计

史爱华^{a,b}, 卢强^{a,b,c}, 严小鹏^{a,b,c}, 王善佩^{a,b,c}, 刘康^{a,b,c}, 马锋^{a,b}, 乔玮^{a,b,c}, 王浩华^{a,b}, 吕毅^{a,b,c}

西安交通大学第一附属医院 a. 精准外科与再生医学国家地方联合工程研究中心; b. 陕西省再生医学与外科工程研究中心;
c. 肝胆外科, 陕西 西安 710061

[摘要] 缩短肝移植无肝期时间可减轻肝脏的缺血再灌注损伤, 而血流快速重建是缩短无肝期时间的关键。本研究设计了一种磁辅助快速血管吻合装置, 该装置包括磁环和底座两部分。磁环材质为钕铁硼, 表面镀氮化钛, 为装置实现快速血管重建提供足够的吸力; 底座为带孔底座或带柱底座, 可实现血管与装置的固定。该装置通过磁铁对吸可瞬时实现血管重建, 而后在血流通常情况下完成血管缝合, 缝合完成后即可拆除该装置。该血管吻合装置设计巧妙、易加工、操作简单、适用范围广, 具有极大的临床应用价值。

[关键词] 磁外科; 磁辅助; 肝移植; 血管重建

Design of Vascular Anastomosis Device Based on Magnetic Assisted for Rapid Liver Transplantation

SHI Aihua^{a,b}, LU Qiang^{a,b,c}, YAN Xiaopeng^{a,b,c}, WANG Shanpei^{a,b,c}, LIU Kang^{a,b,c},
MA Feng^{a,b}, QIAO Wei^{a,b,c}, WANG Haohua^{a,b}, Lv Yi^{a,b,c}

a. National Local Joint Engineering Research Center for Precision Surgery & Regenerative Medicine; b. Shaanxi Province Center for Regenerative Medicine and Surgery Engineering Research; c. Department of Hepatobiliary Surgery, First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an Shaanxi 710061, China

Abstract: Shortening the liver-free period of liver transplantation can reduce the hepatic ischemia-reperfusion injury, and rapid reconstruction of blood flow is the key to shortening the liver-free period. In this study, a magnetic assisted rapid vascular anastomosis device was designed, which included magnetic ring and base. The magnetic ring was made of NdFeB, providing enough suction for the device to achieve fast anastomosis. The base was designed with a hole or a column, which could fix the blood vessel and the device. The device can achieve vascular anastomosis instantly by magnet. After vascular anastomosis is completed, the end of blood vessel can be sewn easily and the magnetic device will be removed finally. The vascular anastomosis device has the advantages of ingenious design, easy processing, simple operation and wide application range, which has great clinical application value.

Key words: magnetic surgery; magnetic auxiliary; liver transplantation; revascularisation

[中图分类号] R197.39; TH77

[文献标识码] A

doi: 10.3969/j.issn.1674-1633.2020.08.003

[文章编号] 1674-1633(2020)08-0008-03

引言

血管重建是外科手术的常见操作之一。在肝移植手术中, 血管重建速度决定了无肝期长短。长时间血流阻断会导致靶器官缺血/淤血损害, 而阻断时间长短与器官损害程度以及术后并发症的发生密切相关。虽然肝移植术中静脉转流或背驮式肝移植可在一定程度上减轻肾脏或者胃肠道淤血情况, 但是其操作复杂、技术难度较大, 同时对于供肝的缺血时间并无改善, 因此, 探索更快的血管重建技术势在必行。

在之前研究中, 研究者们为了降低血管吻合难度, 实

现快速血管重建, 设计研发了吻合环^[1-2]、吻合钉^[3]、套管^[4]、粘合剂^[5]等多种血管吻合方法。而这些吻合装置实现血管吻合后在吻合口附近长期停留存在生物安全隐患, 因此近几年来关于可降解、可吸收血管吻合装置^[6-10]的研究成为热点。但是相关研究报道多是针对微小血管的快速血管重建, 对于下腔静脉等大血管的快速血管重建研究甚少。磁压榨吻合作为一种新型的管腔重建方法, 已被用于胆肠吻合^[11-12]、肠肠吻合^[13]、血管吻合^[14-16]、闭塞胆道开通^[17]、狭窄食道开通^[18]等多种管腔的重建, 具备操作简便、耗时短、术后并发症少等诸多优点。本研究依据前期研究基础^[19-21], 结合目前血管吻合装置可降解、可吸收的思路, 设计了一种可应用于肝移植快速血管重建的磁性装置。

1 设计思路

磁辅助快速肝移植的血管吻合装置, 主要针对目前临

收稿日期: 2020-05-13

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金(xjj2018269; xjj2018jchz09); 教育部创新团队发展计划(IRT-16R57); 陕西省科技资源开放共享平台项目(S2016TFPT0024)。

通信作者: 吕毅, 主任医师, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为基于声光电磁前沿技术的外科技术创新及设备研发、新型生物材料创新应用、终末期肝病肝脏移植、肝胆胰肿瘤以手术为主的综合治疗、现代医学教育。

通信作者邮箱: luyi169@126.com

床肝移植过程中肝上下腔静脉、肝下腔静脉及门静脉等大血管手工吻合用时较长的问题,采用快速血管重建的方法来缩短无肝期,在肝移植中实现快速、安全、可靠的血管重建,进而减少术后并发症发生率,促进患者愈后恢复。该吻合装置采用磁环和底座两组件设计,其中磁环通过吸引力作用实现血流快速开放,底座用来实现待吻合血管与装置的固定。

2 基本结构

磁辅助肝移植快速血管吻合装置的基本结构包括两部分:磁环和底座。根据使用环境不同,磁环可分为整环和带缺口的“C”型环两种;根据手术缝合方式不同,配套的底座为带孔底座和带柱底座两种。

2.1 磁环

磁环结构如图1所示,有整环和“C”型环两种结构,其中整环适用于血管离断后再加载,主要加载至供肝侧血管断端,而“C”型磁环可在血管离断之前直接加载到血管上,主要用于受体侧。磁环采用高性能烧结钕铁硼磁体(如N50)精加工而成,表面镀氮化钛或派瑞林。磁环的基本形状为椭圆形,根据血管管径不同,外壁长轴尺寸为14~34 mm,外壁短轴尺寸为10~30 mm,壁厚2 mm,高4 mm。“C”型环大体尺寸与整环相同,根据环大小不同,缺口尺寸2~5 mm不等。磁环边缘做0.5 mm倒角处理。

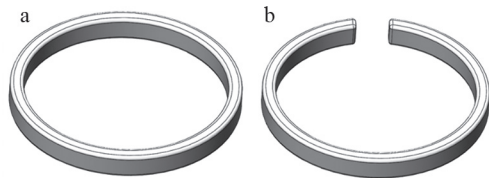


图1 磁环结构示意图

注:a.整环;b.“C”型环。

2.2 底座

根据缝合方式不同,与磁环配套的底座可分为带孔底座和带柱底座两种。以“C”型磁环配套底座为例,其底座结构如图2所示。

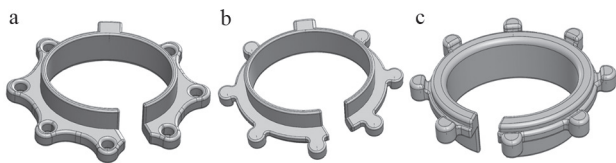


图2 “C”型环配套底座结构示意图

注:a.带孔底座;b.带柱底座正面观;c.带柱底座背面观。

底座的凸台部分与磁环缺口严密配合,防止血液渗漏;底座的缺口部分用于未离断血管时直接套入。其中带孔底座的孔尺寸为1.5~2.5 mm,用于穿过缝线将血管固定于底座,该底座结构适用于间断缝合方式;带柱底座的边缘圆柱直径为2~3.5 mm,高2.5 mm,背侧凹槽宽度为1 mm,深度为1 mm,通过将缝线挂于突出的柱子实现血管在底座

的固定,该底座结构适用于连续缝合方式,其中背侧凹槽是为了防止缝线滑脱。与整环磁铁配套的底座结构与“C”型环配套底座结构相似,但无凸台和缺口。底座材料采用3D打印方式制备,材质为聚乳酸。底座边缘亦做0.5 mm倒角处理。

3 使用过程

该装置的使用过程如下:①将整环磁铁和带孔底座装配到一起,形成图3所示装配体。将供肝的肝上和肝下腔静脉以及门静脉三支血管分别套入相应管径的装配体,然后外翻血管,采用Prolene线将血管固定于底座圆孔上,确保血管壁处于外翻状态;②通过环上缺口位置分别将“C”型磁环和带缺口底座(此处以带柱底座为例进行阐述)套入供体未离断的血管,然后将磁环和底座进行装配,装配后结构如图4所示;③将图4所示装配体完成装配后在未离断血管上选择好恰当的位置,采用荷包缝线的方法将血管固定于底座的小圆柱上,利用血管阻断钳阻断血流,随后离断血管,收紧缝线确保血管壁外翻;④移除受体肝脏;⑤将供体肝脏置于受体腹腔,调整适当的位置使供体肝脏三支血管断端分别与受体的血管断端靠近,利用磁力完成血管对接;⑥开放血流,拆除固定血管的Prolene线;⑦连续缝合每个装配体上外翻的两侧血管断端,缝合完成后,拆除磁环和底座。

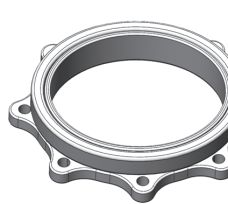


图3 整环磁体和花盘底座装配图

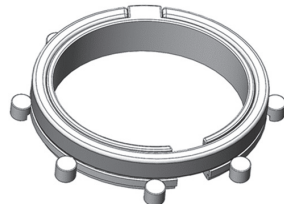


图4 “C”型磁环和带柱底座装配图

手术操作工程中,外科医生可以根据个人手术习惯自由选择磁环和底座搭配模式,需要注意的是应确认好供体及受体两侧磁环方向,保证两侧磁性装置可准确对吸,同时确保两缺口磁环的缺口不重叠,避免缺口重合可能引发的渗漏。临床应用实例如图5所示。

4 讨论

本研究的创新之处在于:采用磁相互吸引快速实现血管重建大大缩短了无肝期时间,且与手工吻合一样吻合完成后除缝线外没有多余的吻合装置留存体内。通过简单缝合将血管断端固定在磁辅助吻合装置上,操作简单,助手医生即可完成;磁对吸实现吻合后即可开放血流,大大缩短无肝期时间,减轻缺血再灌注损伤。相对于以往报道的采用带针磁环^[14-16,19-21]和机械吻合环吻合^[1-2,6-10],本设计中的吻合装置不留存体内,无安全隐患;相对于常规手工吻

合(时间约30 min),本装置大大缩短了血流阻断时间(时间可少于10 min)。虽然使用本装置进行血管重建可以大幅度缩短无肝期时间,降低并发症发生率,使患者受益,但是还存在不足之处:吻合完成血流开放后,在拆除磁辅助吻合装置之前需要将血管断端进行手工缝合,没有显著降低手术操作者的操作难度和劳动量。近年来,随着湿表面粘接技术的发展,生物相容性良好的水凝胶被用于组织粘接^[22-25]及断面止血^[26-28],这类高强度可粘接水凝胶有望代替手工缝合,直接实现血管吻合。水凝胶在进行组织粘接时需要对待粘接部位进行一段时间的按压来实现高强度的粘接,而本设计中磁辅助装置刚好可以为中间压榨的组织和水凝胶提供压力,待水凝胶实现粘接后直接去除磁辅助装置即可,无需再进行手工缝合,操作更为简单快捷。

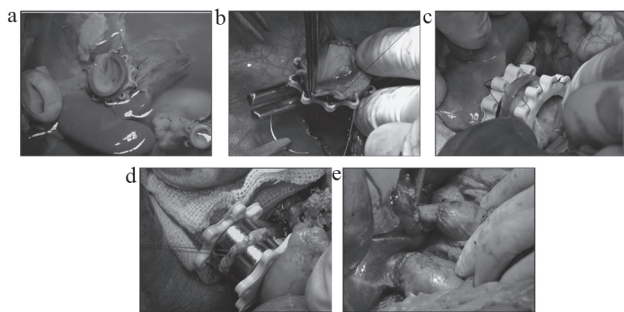


图5 磁辅助快速肝移植手术操作过程

注:a.采用缝线将供体肝脏的血管断端固定于磁辅助血管吻合装置上;b.同样方法将受体肝脏血管断端固定于吻合装置;c.将供体肝脏置于患者体内适当位置后,通过磁体吸力分别实现三支大血管吻合;d.开放血流,将血管断端从血管吻合装置上解除,并采用缝线缝合两断端;e.血管断端缝合完成后,拆除磁辅助血管吻合装置。

5 结论

减轻肝移植过程中肝脏缺血再灌注损伤的关键是快速血管重建,而传统手工缝合的方式进行血管重建速度提升空间有限,磁性血管快速吻合装置将有助于缩短无肝期时间,有望极大程度减少肝移植术后并发症,加快患者术后康复。理想的血管吻合装置在设计上应该满足以下两点要求:①能够实现快速地血流开放;②不对患者愈后产生不良影响。本研究设计的磁辅助快速肝移植的血管吻合装置巧妙的满足了上述要求:①仅需6~8针实现血管与底座的连接,该操作简单易行,低年资医生亦可完成,配合体固定于血管上后,依靠磁力吸引可瞬间实现血管重建;②将配合体上两断端血管缝合后,拆除磁体与底座,仅剩缝线,相对于手工吻合方式无其它异物残留体内,对患者无不利影响。

[参考文献]

[1] Wang WM,Huang L,Gao X,*et al.*Use of a microvascular coupler device for end-to-side venous anastomosis in oral and maxillofacial reconstruction[J].*In J Oral Max*

Surg,2018,47(10):1263-1267.

- [2] Li HZ,Gale B,Shea J,*et al.*Vascular coupling system for end-to-end anastomosis: an *in vivo* pilot case report[J].*Cardiovasc Eng Techn*,2017,8(1):91-95.
- [3] Knapp JF,Maxwell M,Briggs C,*et al.*A sutureless vascular closure device for emergent bovine xenograft implantation[J].*Mil Med*,2017,182(1):56-65.
- [4] Kim DH,Lee JB,Kang ML,*et al.*Microneedle vascular couplers with heparin-immobilized surface improve suture-free anastomosis performance[J].*ACS Biomater Sci Eng*,2018,4(11):3848-3853.
- [5] Hamidreza F,Arash K,Ali M,*et al.*Analysis of the hemostatic potential of modern topical sealants on arterial and venous anastomoses: an experimental porcine study[J].*J Mater Sci-Mater M*,2017,28(9):134.
- [6] Park UJ,Jeong W,Kwon SY,*et al.*Fabrication of a novel absorbable vascular anastomosis device and testing in a pig liver transplantation model[J].*Ann Biomed Eng*,2019,47(4):1063-1077.
- [7] Ali F,Amir KM,Fatemeh S,*et al.*3D-printed sugar-based stents facilitating vascular anastomosis[J].*Adv Healthc Mater*,2018,7(24):1800702.
- [8] Jeong W,Kim K,Son D,*et al.*New absorbable microvascular anastomotic devices representing a modified sleeve technique: evaluation of two types of source material and design[J].*Sci Rep*,2019,9(1):10945.
- [9] Brewster R,Gale BK,Sant HJ,*et al.*A biodegradable vascular coupling device for end-to-end anastomosis[J].*J Med Biol Eng*,2018,38(5):715-723.
- [10] Yeo H,Kim H,Son D,*et al.*Vessel remodeling after intima-to-intima contact anastomosis[J].*Arch Plast Surg*,2017,44(2):95-100.
- [11] Liu XM,Li Y,Zhang HK,*et al.*Laparoscopic magnetic compression biliojejunostomy: a preliminary clinical study[J].*J Surg Res*,2019,236:60-67.
- [12] Liu XM,Yan XP,Zhang HK,*et al.*Magnetic anastomosis for biliojejunostomy: first prospective clinical trial[J].*World J Surg*,2018,42(12):4039-4045.
- [13] Machytka E,Buzga M,Zonca P,*et al.*Partial jejunal diversion using an incisionless magnetic anastomosis system: 1-year interim results in patients with obesity and diabetes[J].*Gastrointest Endosc*,2017,86(5): 904-912.
- [14] Falk V,Walther T,Jacobs S,*et al.*Facilitated MIDCAB using a magnetic coupling device[J].*Ann Thorac Surg*,2005,79(2): 691-693.
- [15] Klima U,Falk V,Maringka M,*et al.*Magnetic vascular coupling for distal anastomosis in coronary artery bypass grafting:

下转第15页