

• 磁导航系统临床应用 •

磁导航系统在心律失常介入治疗中的应用

马长生 苗成龙

导管消融是一些快速心律失常首选治疗方法,消融导管准确定位和良好贴靠是手术成功的关键。传统消融导管要有一定的硬度以保证其可控性,但这也同时限制了导管操控的灵活性。随着心房颤动(房颤)等复杂心律失常导管消融术的开展,传统手术的这种局限性变得更加明显。磁导航系统(magnetic navigation system)的出现解决了这个问题。

1 磁导航系统简介

磁导航系统由 Siemens 公司和 Stereotaxi 公司联合研发,在 2003 年 3 月完成了全球第一台装机并投入临床使用。该系统由半球形磁体、推进系统、控制系统、操作系统及软件等部分组成。半球形磁体位于导管床的两侧,每个磁体由大量小磁体构成,在患者胸腔内产生直径约 15cm 的球形磁场。两侧磁体旋转时可产生不同方向的磁场,引导磁性导管按系统设定的方向运行,并在既定部位自动精确定位。目前使用的磁性消融导管是第 3 代,头端包有 3 块磁性金属,可进行 4 极标测和温控消融,导管尾部连接导管推进器(cardiodrive)。和传统的消融导管相比,磁导航专用导管的柔韧性好,可以任意方向弯曲,在磁场力量作用下可以进行最小距离 1mm,最小转动角度 1°的移动。控制和操作系统位于遥控室内,由计算机硬件和图形交互处理软件组成工作站,整合各种心脏影像。磁导航系统还可和三维电解剖标测系统(CARTO-RMT)整合使用。术者通过操作系统控制磁体自由旋转角度,计算、预设和储存磁场的综合向量,由综合向量调控体内磁性导管的弯曲、旋转与进退方向。

1.1 磁导航系统的缺点 因手术处于磁场的环境下,所以置入了起搏器和金属人工关节的患者不能进行手术。导管贴靠组织时,顶端受到的力量不像传统手动导管能得到及时有效的反馈。导管床两侧半球形磁体限制了 C 型臂旋转角度,只能获得心脏

LAO30°-RAO30°之间的影像。

1.2 动物实验验证使用磁导航系统进行心内膜消融的可行性和安全性 研究表明,通过磁导航系统控制导管可以准确到达四个心腔的靶目标,可进行有效的放电消融。导管头端的力量平均为 26.8g,低于普通导管的 31.4g,即使故意将导管引向心腔外也不会造成心肌穿孔和内膜损伤,这表明使用磁导航系统发生心肌穿孔的几率为零。但该研究也发现磁场会对心电信号产生干扰。体表心电图主要表现为 T 波的异常,心内心电信号的变化较小,和常规双极导管记录相比无统计学差异。右房和右室起搏阈值在使用磁性导管和常规导管时无统计学差异^[1]。

2 磁导航系统在心律失常射频消融术中的应用

2.1 磁导航系统在阵发性室上性心动过速消融术中的应用 2004 年 Ernst 等^[2]首先报道了 42 例房室结双径路性阵发性室上性心动过速患者使用磁导航系统进行消融的临床研究。42 例患者均成功完成了手术。平均手术时间(145±43)min,平均 X 线透视时间(8.9±6.2)min,无手术并发症,证明了这项技术安全可行。同年该作者还报道了 1 例永存左上腔静脉患者的慢径消融手术,表明了磁导航技术在有复杂解剖结构患者中进行消融的优势^[3]。随后的研究也一致证明了磁导航系统在此类患者中的可行性和安全性。但除了透视时间较少外,其他的优势并不明显^[4]。这种情况同样见于房室旁道的消融研究中。与传统导管消融方法相比,磁导航系统辅助下的(尤其是在使用第三代磁性消融导管的情况下)消融有相同的手术成功率,透视时间相对较短^[5~7]。

阵发性室上性心动过速导管消融治疗相对来说技术简单,传统导管消融即可获得良好效果,所以磁导航的技术优势并不明显。而房颤和室性心动过速(尤其是器质性室性心动过速)手术过程复杂,往往

收稿日期:2009-10-10

作者单位:100029 北京市,首都医科大学附属北京安贞医院。Tel:010-64456971

需要大范围长时间的线性消融,术者要具备丰富的导管消融经验,同时一些解剖部位导管难以到位或稳定贴靠,所以磁导航技术的优越性可能会更明显。

2.2 磁导航系统在房颤消融术中的应用 2006 年, Pappone 等^[8]首次报道了在磁导航系统和三维电解剖标测系统(CARTO RMT)指导下进行房颤消融的临床研究。共入选了 40 例患者,前 12 例患者的手术作为完成学习曲线的过程,完成学习曲线后的 28 例患者和常规导管消融的 28 例患者进行了对比研究。磁导航组的平均手术时间为 148min,大于常规组的 110min;透视时间和标测时间两组相似;磁导航组的消融时间为 49min,短于常规组的 57.5min,出现这种差别的主要原因是磁导航组右侧肺静脉前庭消融时间明显短于常规组,这和磁导航系统指引下导管更容易准确定位右肺静脉消融靶点有关。磁导航优势还包括学习曲线短,后 28 例患者的平均手术时间、标测时间和消融时间均明显短于前 12 例患者。术中未发现磁场对心电信号的干扰,无严重并发症发生。

但随后 Natale 实验室的研究结论却截然不同^[9]。除了磁导航和三维电解剖标测系统,该研究还常规在术中使用了心腔内超声(intracardiac echocardiography, ICE)。45 名房颤患者首先进行了双侧的环肺静脉消融,但经过环状电极标测发现无一例患者肺静脉完全隔离,随后进行了环状电极指导下的肺静脉补点隔离,但结果只有 4 名(8%)患者实现了肺静脉隔离。最后作者放弃了磁导航系统,改用传统消融方法后有 23 例患者实现了全部肺静脉隔离,22 名患者只达到了右侧肺静脉的隔离。术后随访(11±2)个月,55%的患者复发。除此之外,ICE 发现 33%的患者术中会出现导管头端焦痂形成。作者认为如此低的肺静脉隔离率与使用 4mm 消融导管不能造成心房透壁损伤有关,而对如此高的焦痂形成率的原因并未给予说明。

Pappone 和 Natale 实验室的研究使用相同的磁导航和三维标测系统,均使用 4mm 消融导管,但实验结果却大相径庭,原因不清。但二位作者均同意随着盐水灌注磁性消融导管的使用,手术效果会明显得到改善。但目前还没有这方面的研究。

2.3 磁导航系统在室性心动过速消融术中的应用 器质性心脏病患者的室性心动过速消融是临床上的另一个难点,需要复杂的标测技术,部分患者需要行心外膜标测和消融。2007 年 Aryana 等^[10]进行了在磁导航和三维标测系统下的室速标测消融研究。24

名器质性心脏病患者共进行了 27 次手术。术中首先进行了基质标测,其中 12 名患者还进行了心外膜的基质标测。结果表明,磁导航系统指导下的基质标测安全可行,能很好识别低电压区和疤痕区,透视时间短。对于诱发出稳定性室性心动过速患者可以成功进行全心腔或部分心腔的激动标测;27 次手术中有 20 次成功进行了拖带标测和起搏标测;23 次术中能标测出晚电压和碎裂电位。使用 4mm 消融导管进行消融的效果不理想,有 22 次手术需要联合传统方法才能完成有效的消融,随访(7±3)个月,单次手术的成功率 83%。最近的一项研究^[11]观察了使用盐水灌注磁性消融导管对器质性室性心动过速的消融效果。4 名患者中 3 名 1 次消融成功,另 1 名患者经过第 2 次消融成功,平均随访 4.2 个月,无室性心动过速复发。

综上所述,尽管磁导航理论上的技术优势明显,但在复杂心律失常导管消融中的优势并没有得到很好的体现。能准确到位,但消融效果欠佳,这和研究中使用的是 4mm 消融导管有关,这种情况随着磁性盐水灌注导管的应用会得到改观。但尚需大样本随机对照研究来说明这种技术的优劣。

参考文献

- [1] Faddis MN, Blume W, Finney J, et al. Novel, magnetically guided catheter for endocardial mapping and radiofrequency catheter ablation. *Circulation*, 2002, 106:2980-2985.
- [2] Ernst S, Ouyang F, Linder C, et al. Initial experience with remote catheter ablation using a novel magnetic navigation system: magnetic remote catheter ablation. *Circulation*, 2004, 109: 1472-1475.
- [3] Ernst S, Ouyang F, Linder C, et al. Modulation of the slow pathway in the presence of a persistent left superior caval vein using the novel magnetic navigation system Niobe. *Europace*, 2004, 6:10-14.
- [4] Thornton AS, Janse P, Theuns DA, et al. Magnetic navigation in AV nodal re-entrant tachycardia study: early results of ablation with one- and three-magnet catheters. *Europace*, 2006, 8:225-230.
- [5] Pappone C, Sala S, Sora N, et al. Direct recording of Kent bundle by magnetic catheter recording as guide for successful ablation of accessory pathways. *Circulation*, 2005, 112:U633-U634.
- [6] Pappone C, Vicedomini G, Sora N, et al. Safety and efficacy of remote ablation by magnetic catheter in patients with WPW syndrome. *J Am Coll Cardiol*, 2006,

- 47:4A-5A.
- [7] Chun JK, Ernst S, Matthews S, et al. Remote-controlled catheter ablation of accessory pathways: results from the magnetic laboratory. *Eur Heart J*, 2007, 28: 190-195.
- [8] Pappone C, Vicedomini G, Manguso F, et al. Robotic magnetic navigation for atrial fibrillation ablation. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 47:1390-1400.
- [9] Di Biase L, Fahmy TS, Patel D, et al. Remote magnetic navigation. Human experience in pulmonary vein ablation. *J Am Coll Cardiol*, 2007, 50:868-874.
- [10] Aryana A, d'Avila A, Heist EK, et al. Remote magnetic navigation to guide endocardial and epicardial catheter mapping of scar-related ventricular tachycardia. *Circulation*, 2007, 115:1191-1200.
- [11] Haghjoo M, Hindricks G, Bode K, et al. Initial clinical experience with the new irrigated tip magnetic catheter for ablation of scar-related sustained ventricular tachycardia: a small case series. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2009, 20:935-939.

• 磁导航系统临床应用 •

磁导航技术遥控心脏介入操作的原理与应用

李 果 郭成军

许多人儿时把玩过小磁体,隔着障碍物用磁力移动书钉之类的小铁件。磁场力的这种非接触的跨空间作用方式,为各领域进行遥控操作提供了科学基础。随着医学三维影像技术与计算机自动控制技术和卫星通讯技术的发展,日益完善的遥控磁导航技术(magnetic navigation techniques, MNT)正改变着心血管、神经、消化、呼吸、泌尿等领域的介入手术操作方式和治疗效果。目前 MNT 已成功用于遥控心律失常的射频消融治疗、冠状静脉起搏电极植入和冠心病介入治疗等操作^[1~7]。新近意大利与美国学者合作,演示了通过卫星通讯和互联网远程跨大西洋实施介入手术的可行性。相信在不远的未来,将带来心脏病介入诊疗技术的深刻变化^[1]。本文介绍 MNT 的原理与遥控心脏介入操作的现状。

1 操作原理

磁导航技术通过计算机程序指令,变换放置于胸廓两侧磁体的相对位置,计算与改变包绕心脏球形磁场的综合向量,预设和调整体内带有小磁粒的介入器件的弯曲、旋转和进退方向,实现对介入器械的遥控操作。

目前商品化的磁导航系统包括以下部件:(1) Niobe II 磁体系统,为置于胸廓两侧的永久磁体,磁体材料为铷-铁-硼复合物。两磁体安装在可多向运

动的底座上,在计算机控制下相向互动,360°角度自由旋转,其磁场在胸腔内会聚,产生包绕心脏,强度相对均匀,为 0.08~0.10T,直径 15~20 cm 的复合球体(简称导航球 Navi Sphere),对心脏内的磁性器件导航。在导航球内的磁性器件所受磁力恒定,无吸引和排斥作用,只随导航球的综合向量改变方向。

(2) Navigant 计算机导航系统,由高速计算机硬件和图形交互处理软件组成工作站,整合各种心脏影像,控制磁体自由旋转角度,计算、预设和储存导航球的综合向量,由综合向量调控体内磁性导管的弯曲、旋转与进退方向。操作者可在导管室外计算机屏幕的三维虚拟心脏或心脏解剖影像上,借助方向导航、靶点导航和解剖标志导航实现对磁性导管的遥控操作。方向导航通过预设和改变导航球的综合向量,调整磁性导管的进退方向;靶点导航通过在采集的交互 X 线影像上,点击目标靶点,调整磁性导管的进退方向;解剖标志导航通过预先设定的解剖标志向量,将磁性导管导向某些解剖部位,如三尖瓣环、卵圆窝、冠状窦口、右室心尖、心耳或肺静脉开口等。

(3) Cardiodrive 导管推进器(stereotaxis, Inc)由齿轮驱动器和遥控操纵杆组成,根据计算机设定的导管弯曲与进退方向,以 1~5mm 的精度自动或手动推进和后撤导管,到达目标。

(4) 磁性介入器件,如磁导管和导丝。其结构与普通导管或导丝相

收稿日期:2009-10-10

作者单位:100029 北京市,首都医科大学附属北京安贞医院 北京市心肺血管疾病研究所

通讯作者:郭成军, E-mail:Guochengjun@medmail.com.cn