

- 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

似,但柔韧度极软,远端镶嵌 1~3 个长约 1.8mm 的小磁粒,用以感知磁场引力的变化,随导航球的综合向量多方向自由弯曲和旋转。(5)其他整合系统,包括在强磁场条件下遥控操作使用的 Artis Dfc(Siemens INC)X 线数字平板影像系统,Carto-RMT(Biosense Webster)电解剖标测系统与多导生理记录仪,电刺激器、射频消融仪和导管床等设备。

2 临床应用

MNT 采用计算机自动控制技术,可以极高的精确度实施精细的心脏介入操作。计算机的存储与记忆功能,使介入操作可重复性强,可按预先设定的模式操作,自动化程度高。柔软磁性介入器件,降低了心脏与血管穿孔的机会,介入操作更加安全。磁导航的遥控功能,不仅使术者可远离介入治疗条件极为严格的封闭现场,在舒适的开放环境中操作,介入手术变得轻松有趣,而且为远程诊断和介入治疗提供了基础。目前 MNT 在世界范围内已广泛用于多种心脏介入手术的遥控操作。

2.1 心脏电生理检查与射频消融 2002 年 Faddis 等^[8]探索了 MNT 操控磁性电极导管的安全性与准确性,发现:(1)磁场未影响常规导管的操作,磁导管机械损伤心脏的风险率低。在 3 只动物故意将磁导管向心影外导航,未见心肌损伤和穿孔。(2)MNT 操纵下磁导管可准确到达靶目标。(3)导航磁场不影响体表心电图对心律的分析。(4)磁场对心内心电图的影响无统计学意义。(5)用磁导管消融均可直接阻断房室结,也可作透壁线形消融。

2003 年 Faddis 等^[9]又在 31 例成人研究了用 MNT 操作磁导管行心脏标测、起搏和消融治疗的可行性。用磁导管标测心房和心室,到达了 215 个靶目标中的 213 个,失败者均是未能到达右室心尖部。用磁导管和常规导管测量右房与右室的起搏阈值,无显著性差异。记录心电信号的幅度,心房波幅磁导管为 2.2mV,常规导管为 1.9mV;心室波幅磁导管为 2.2mV,常规导管为 2.8mV。13 例室上性心动过速患者均完成标测,包括 4 例左侧旁路。7 例患者成功行消融治疗,包括 2 例旁道,5 例房室结折返心动过速。

此后,MNT 遥控标测和消融治疗心律失常的研究报道越来越多。目前为止,国外已完成 2 万余例,国内也有近百例的经验。消融心律失常的种类有房室结折返心动过速、房室旁路性心动过速、房性心动过速、心房扑动、心房颤动、室性早搏、室性心动

过速。新近冷盐水灌流磁导管的应用,更提高了心房颤动和伴有器质性心脏病的室性心律失常的成功率^[10]。国内还探讨了用 MNT 遥控消融治疗迷走神经介导的缓慢性心律失常。与普通电极导管相比,磁导管柔软,易到位,对心肌的机械损伤小,与心脏组织贴靠稳定,不受心脏收缩和舒张的影响,消融放电时间短,尤其适合合并解剖结构异常者的消融治疗和心脏重要结构附近的消融治疗,如起源于希氏束旁和冠状动脉左主干周围的心律失常。

2.2 心脏再同步化治疗 心脏再同步化治疗(cardiac resynchronization therapy, CRT)使心室收缩失同步的心衰患者改善了症状并延长了寿命。由于各种原因,约 30% 的患者未从中获益。左室电极导线不能放置到迂曲的冠状静脉分支是原因之一。MNT 可以指引磁导丝向任意方向运动,通过扭曲的血管。现有多个研究中心报道 MNT 操控 Cronus 导丝行心脏同步化治疗的结果,与传统方法相比,操作时间和 X 线曝光时间相似,起搏和感知阈值相似,磁导航系统未影响起搏器功能。MNT 有学习曲线,初期所用时间长,熟练后手术时间明显缩短。现已证实 MNT 操作行 CRT 安全、可行、有效,但需要更多的研究数据支持临床常规使用。随着技术的发展,磁导丝的改进,尤其是二个正交体位冠状窦造影三维血管图像重建技术的应用,MNT 将在 CRT 方面占有一席之地。

2.3 冠心病的介入操作 冠心病介入操作时,迂曲或成角血管,常使导丝不能通过病变,导致手术失败。MNT 的专用磁导丝前端柔软,可多向偏转,不受事先塑型的影响。MNT 对导丝的扭力小,在 90 度角时只有 0.56g,十分安全。自 2005 年起多个研究中心报道用 MNT 辅助冠心病介入操作。与传统导丝,磁导丝更易通过迂曲、成角的病变,但对慢性闭塞性病变的通过率与传统方法类似。现有磁导丝可能更适合经侧支循环的逆行导丝技术和通过静脉桥血管到达自体血管远端。对分叉病变 Crush 技术传统导丝不能通过支架者,改用 MNT 操控磁导丝取得成功。肥厚心肌病室间隔化学消融时,MNT 操纵磁导丝可到达常规方法失败的间隔分支血管。2007 年,Perin 等^[11]使用 NOGASTAR 磁标测导管和 MYOSTRA 磁注射导管成功完成了干细胞心肌注射的动物实验。该技术在减少照射时间的同时,由于头端磁牵引使得导管无需太坚硬来增加支撑力,故发生心肌穿孔的可能性降低。将心脏多排螺旋 CT 和 MRI 与磁导航系统整合,可有助于定位梗

死心肌。随着热敏磁导丝、射频磁导丝、和激光磁导丝的研发成功,有望提高慢性闭塞性病变的导丝通过率和手术成功率。

总之,短短几年的时间,磁导航技术的应用已经涉及到心血管介入手术的各个分支,甚至应用到慢性心律失常消融、心肌梗死干细胞移植等新兴的介入治疗中。显然,磁导航以其高度可控性、安全性,保护医生、患者的同时,正使得既往手术中的困难、危险成为过去,为机器人介入手术打下基础,使远程介入诊疗成为现实。

参考文献

- [1] Aktas MK, Daubert JP. Magnetic guidance for cardiac procedures. *Cardiol J*, 2009, 16: 177-178.
- [2] 郭成军, 吕树铮, 陈韵岱, 等. 应用磁导航技术遥控标测和消融治疗快速性心律失常. *中国心脏起搏与心电生理杂志*, 2007, 21: 319-323.
- [3] 方冬平, 郭成军. 磁导航技术遥控介入操作的原理与应用研究. *中国心脏起搏与心电生理杂志*, 2007, 21: 382-386.
- [4] 孟康, 郭成军, 田锐, 等. 磁导航在老年房室结双径路射频消融术中的应用. *中华老年医学*, 2009, 28: 23-25.
- [5] 喻荣辉, 马长生, 董建增, 等. 应用三维磁导航系统标测和消融快速性心律失常的初步经验. *中国心脏起搏与心电生理杂志*, 2009, 23: 229-232.
- [6] 郭成军, 李国庆, 方冬平, 等. 选择性消融窦房与房室结周神经治疗阵发性心动过缓. *中国心脏起搏与心电生理杂志*, 2008, 22: 305-309.
- [7] Ramcharitar S, Pugliese F, Schultz C, et al. Integration of multislice computed tomography with magnetic navigation facilitates percutaneous coronary interventions without additional contrast agents. *J Am Coll Cardiol*, 2009, 53: 741-746.
- [8] Faddis MN, Blume W, Finney J, et al. Novel, magnetically guided catheter for endocardial mapping and radiofrequency catheter ablation. *Circulation*, 2002, 106: 2980-2985.
- [9] Faddis MN, Chen J, Osborn J, et al. Magnetic guidance system for cardiac electrophysiology: a prospective trial of safety and efficacy in humans. *J Am Coll Cardiol*, 2003, 42: 1952-1958.
- [10] Schwagten B, Jordaens L, Witsenburg M, et al. Initial experience with catheter ablation using remote magnetic navigation in adults with complex congenital heart disease and in small children. *PACE*, 2009, 32: 198-201.
- [11] Perin EC, Silva GV, Fernandes MR, et al. First experience with remote left ventricular mapping and transendocardial cell injection with a novel integrated magnetic navigation-guided electromechanical mapping system. *EuroIntervention*, 2007, 3: 142-148.

• 磁导航系统临床应用 •

磁导航技术在冠状动脉介入中的应用

薛 桥

心血管病作为危害人类健康的“第一杀手”,已波及全球,是许多富裕国家的主要灾难之一。20 世纪 80 年代,冠心病居美国死亡人数及死因顺位前 10 位死因之首^[1],占死亡人数的 24.1%。我国心血管病发病率呈逐年上升趋势,达到 10~26/10 万。随之而来的是冠心病介入治疗病例数量的不断增加,美国每年的冠心病介入治疗病例数超过 100 万,我国也在向 50 万/年迈进。介入治疗已成为冠心病治疗的标准方法之一。在冠心病介入治疗领域新技术的应用,如磁导航技术,为冠心病介入治疗技术的

发展注入了新的活力。

1 冠心病介入治疗的历史

1958 年 Mason Sones 进行了第 1 例选择性冠状动脉造影;1977 年德国的 Andreas Gruentzig 完成了第 1 例冠状动脉的球囊扩张术,1986 年,法国的 Jacques Puel 等植入了第 1 枚冠脉内支架,由此推开了现代冠心病介入治疗的大门^[2]。由于冠心病介入治疗技术的成功率高,安全可靠,创伤小,恢复快,并发症少,迅速得到了大范围推广。

收稿日期:2009-08-18

作者单位:100853 北京市,解放军总医院老年心血管病研究所

万方数据