

• 磁导航系统临床应用 •

磁导航系统在心血管病介入治疗中的应用

卢才义 薛 桥 王士雯

利用外源性磁场指引心导管操作的历史可以追溯到上世纪 50 年代。1951 年, Tillander 等^[1]在体外磁场引导下, 将磁性导管送入了实验兔的主动脉系统。5 年后, 他们开始在磁场引导下进行实验动物的大血管选择性造影。这些实践活动几乎与心导管的初始发展阶段是同步的。1966 年, Alksne 等^[2]开始利用磁场指引进行心血管介入治疗方面的尝试, 他们在磁场指引下将金属小球体引导入实验动物的颅内血管, 成功完成了栓塞治疗。但是, 由于受到磁导航技术和心血管介入发展阶段的限制, 这些实验结果最终没能进入临床应用。

1990 年, Grady 等^[3]在神经介入领域开始研究磁动力三维导航技术。此后, 由于计算机和介入技术的发展, 磁导航技术开始越来越多地应用到临床介入诊疗实践活动中来。1991 年, Ram 等^[4]采用磁性导管对一名先天性心脏病患儿完成了心导管检查。2004 年, Ernst 等^[5]将计算机辅助的三维磁导航技术应用到心血管介入领域, 最初是指导电生理诊断和治疗, 后来是指导冠心病介入治疗。至此, 磁导航心血管介入技术进入了一个新的快速发展时期。

1 磁导航技术的原理

完成磁场引导的心血管介入操作必须具备如下几个重要条件: (1) 位于心血管系统待治疗部位的磁敏感导管。该导管的特点是体部柔软, 能够在磁场指引下在复杂多变的心血管三维空间内自由变形, 头端带有磁敏感材料, 能感受和响应磁场大小和方向的变化, 同时导管顶部存在诊断或治疗装置, 例如电极或管腔等, 以便在病变部位完成介入诊断或治疗目的。 (2) 能够在三维空间变化的可控磁场。该磁场的磁力大小和方向可精细调节, 并能够采用计算机进行程序化操作, 而且在变化磁场时, 介入诊疗手术野不受影响。 (3) 导管运动装置。由于磁导管非常柔软, 因此其前进和后退运动要由专门的操控

装置完成, 该装置能够在毫米级水平进行导管前进或后退的精细控制。目前, 临床常用的磁导航系统的磁场强度在 0.08~0.10T, 磁场范围 15~10cm。在此基础上, 进行心电生理介入诊断和治疗的磁导航系统还包括电解剖三维标测设备如 Ensite NAVX 或 Carto RMT, 遥控射频消融设备等; 进行冠心病或其他影像介入诊断和治疗的磁导航系统还包括多源图像融合设备、图像实时处理系统等(图 1)。

在图像导航方面, 磁导航系统生成遥控导航图像的方法有如下几种: (1) 直接在采集于 X 线血管造影机上的二维透视图像上进行磁导航; (2) 整合 X 线血管造影机的二维图像, 生成三维图像进行磁导航; (3) 整合 Carto、Ensite 电解剖图像进行磁导航; (4) 整合 CT、MRI 图像进行磁导航。

在导航方式上, 目前常使用的视图导航技术有: (1) 钟面视图导航: 即在临床常用的冠状面、矢状面和额状面上操作完成磁导航。 (2) 牛眼视图导航: 即将血管腔道截面按角度划分后进行磁导航。 (3) 三维立体视图导航: 即在前述三维立体图像上完成磁导航操作。 (4) 血管腔内导航: 即通过图像的组织分辨融合技术, 形成血管腔内内窥镜视图, 按照内窥镜视图原理完成磁导航(图 2)。

2 磁导航技术与心电生理介入治疗

在快速性心律失常的导管射频消融治疗方面, 人们进行了大量的基础和临床实践。与传统的手工操作消融导管技术相比, 采用磁导航系统控制射频消融导管具有如下优点: (1) 导管头端和体部柔软, 造成心脏和大血管穿孔并发症的风险明显降低; (2) 采用磁动力牵拉导管头端, 能够保证导管头端电极与运动的心内膜组织保持稳定密切的接触; (3) 导管头端移动准确精细, 所完成的射频消融线完整、均匀、彻底; (4) 计算机程序化操作, 治疗重复性好, 结果可比性强, 能够实现标准化操作; (5) 对术者的主观操作经

收稿日期: 2009-10-19

基金项目: 全军“十一五”科研基金资助项目(项目编号: 424121CK)

作者单位: 100853 北京市, 解放军总医院老年心血管病研究所。Tel: 010-66937934

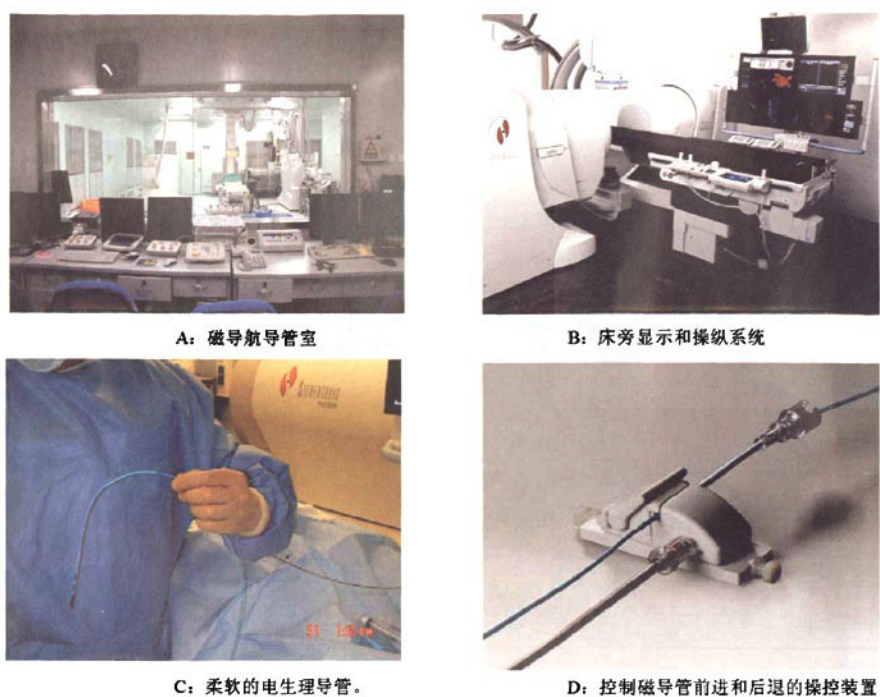


图 1 老年心脏病研究所装备的 Niobe II 磁导航系统

该系统能完成各种心电生理和心血管影像指导的介入诊断和治疗操作

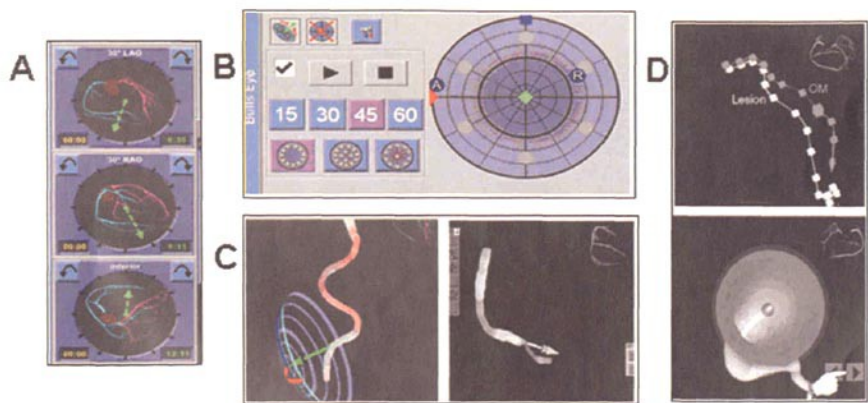


图 2 磁导航系统常用的视图导航方式

A: 钟面视图导航: 在冠状面、矢状面和额状面上完成导航。B: 牛眼视图导航: 将血管截面按角度划分进行导航。
C: 三维立体视图导航。D: 血管腔内导航

验相对要求较低,便于推广普及;(6)遥控操作整个治疗过程,术者和患者的 X 线辐射损伤明显降低。
目前,磁导航技术指导心脏电生理检查、各种室上性和室性心动过速的导管射频消融治疗已经取得了与传统手动操作治疗相同的成功率和近远期疗效,而且并发症和辐射损伤程度明显减轻。采用磁导航技术指导治疗各种复杂疑难心律失常和房颤的

临床研究也已取得可喜的进展,在降低并发症和辐射损伤的情况下,治疗效率和安全性明显提高。例如,2007 年,Chun 等^[6]报道采用 Niobe II 磁导航系统指导射频消融治疗各种房室旁道的手术成功率达到 95%。Aryana 等^[7]报道采用磁导航技术指导消融各种疤痕相关性室性心动过速,总成功率高达 97%。Pappone 等^[8]报道采用磁导航系统指导房颤

导管消融的总成功率高达 75%，与经验丰富的术者采用手工操作的成功率相当。

3 磁导航技术与心室同步化治疗

心室同步化治疗技术是在经典的双腔起搏器和体内除颤复律器的基础上发展起来的。因此,手术操作成功的关键是放置左心室起搏导线。临床上通常将左心室起搏导线放置在左心室侧后静脉。由于不同患者的冠状窦静脉分支变异较大,因此,即使采用冠状窦造影指导,手术成功率仍然受到较大影响。采用磁导航技术可以克服导丝操作困难的缺点,在磁动力引导下,很柔软的磁导丝头端很容易进入常规操作手法难以到达的冠状静脉窦分支(图 3)。2008 年,Rivero-Ayerza

等^[9]比较了常规手工操作和磁导航指引放置左心室起搏导线的成功率,前者为 100%,后者是 82%。

4 磁导航技术与冠状动脉病变的介入治疗

采用磁导航技术指导冠状动脉 A 类病变的介入治疗,在成功率、并发症、操作时间方面与手工操作基本相同,但可以明显减少造影剂的用量。在处理冠状动脉 B 类以上的复杂病变方面,磁导航技术明显优于传统的手工操作。尤其是对于严重迂曲病变、成角病变或桥血管吻合口病变等复杂病变,磁导航系统更具有优势(图 4)。如 2006 年,Atmakuri 等^[10]对 13 例手工操作失败的病例改用磁导航系统操作均获得成功。

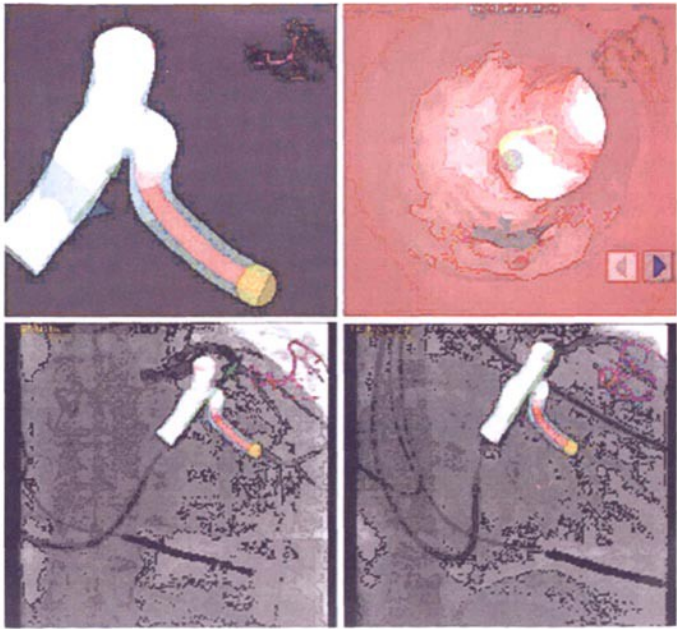


图 3 磁导航系统指导左心室导线在左室侧后静脉分支的放置

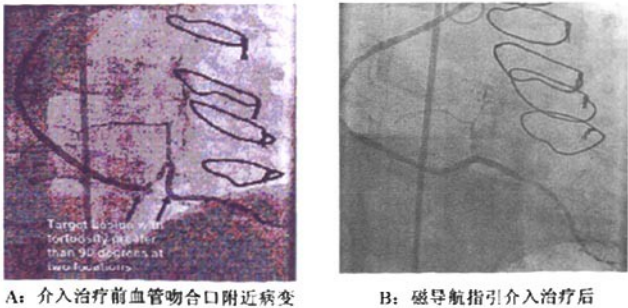


图 4 磁导航指导冠状动脉桥血管复杂病变介入治疗

在处理慢性完全闭塞病变方面,磁导航系统已经初步显示出良好的应用前景。通过整合 X 线血管造影图像和 CT/MRI 图像,可以得到具有三维立体效果的血管内窥图像,由此指导射频导丝、激光导丝或微波导丝穿过病变血管段将更为安全。

对于某些特殊患者,例如由于肾功能不全难以接受大剂量造影剂的冠心病患者,通过磁导航技术与冠脉血流测定技术和血管内光衍射成像技术结合,可以实现冠状动脉介入治疗的无造影剂化,或者使用微量造影剂就能完成复杂冠脉病变的介入治疗。

5 磁导航技术与心肌干细胞注射治疗

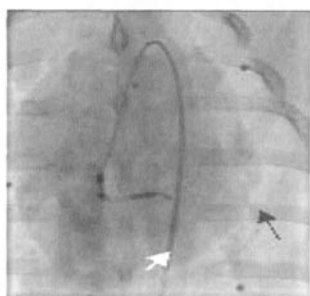
传统的心肌干细胞注射技术是在 X 线指导下,先采用 LOGO 技术完成心内膜的标测,确定治疗部位后,再通过操作两根互为 90 度的鞘管,以不同的角度组合指导注射导管到达注射部位,或者使用可操纵注射导管进行多点注射。其缺点是操作复杂,注射不均匀,存在较多盲区或死角,并发症风险高。2007 年,Perin 等^[11]将磁导航技术用于心腔内间充质干细胞注射,取得圆满成功。其优点是只使用一根导管操作,安全性高,操作时间短,X 线曝光率低,无注射盲区或死角(图 5)。

总之,传统的介入心脏病学已经建立了非常完整的心血管病介入诊疗操作技术,如何更为安全、精确和有效地使用这些技术,以及发展更为简便、客观

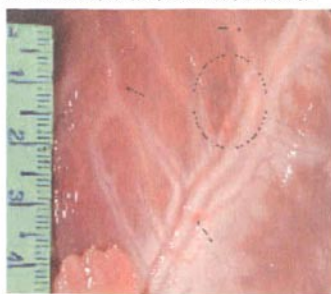
和标准的新技术是摆在介入诊疗工作者面前的重要任务之一。磁导航技术的初步临床应用已展示了其良好的发展前景,相信在不远的将来,这一先进技术将广泛应用于临床常规介入诊疗实践活动中,并为解决其中的复杂疑难问题提供极其重要的解决方案。

参考文献

- [1] Tillander H. Magnetic guidance of a catheter with articulated steel tip. *Acta Radiol*, 1951, 35:62-64.
- [2] Alksne JF, Fingerhut AG, Rand RW. Magnetically controlled focal intravascular thrombolysis in dogs. *J Neurosurg*, 1966, 25:516-525.
- [3] Grady MS, Howard MA III, Dacey RG Jr, et al. Experimental study of the magnetic stereotaxis system for catheter manipulation within the brain. *J Neurosurg*, 2000, 93:282-288.
- [4] Ram W, Meyer H. Heart catheterization in a neonate by interacting magnetic fields: a new and simple method of catheter guidance. *Cathet Cardiovasc Diagn*, 1991, 22: 317-319.
- [5] 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.
- [6] Chun J, 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.
- [7] 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.
- [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] Rivero-Ayerza M, Jessurun E, Ramcharitar S, et al. Magnetically guided left ventricular lead implantation based on a virtual three-dimensional reconstructed image of the coronary sinus. *Europace*, 2008, 10:1042-1047.
- [10] Atmakuri SR, Lev EI, Alviar C, et al. Initial experience with a magnetic navigation system for percutaneous coronary intervention in complex coronary artery lesions. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 47:515-521.
- [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.



A: 磁导航系统指导左心室内注射操作



B: 注射效果大体解剖图

图 5 磁导航技术指导心腔内间充质干细胞注射治疗