

文章编号:1004-7220(2014)03-0281-04

基于电磁跟踪的经数字减影血管造影手术导航

罗伟¹, 李孟雄¹, 郑卫华¹, 丁明跃²

(1. 荆州市第一人民医院 中心实验室, 荆州 434000; 2. 华中科技大学 生命科学与技术学院, 武汉 430074)

摘要: **目的** 为满足介入手术和微创手术中更精准的手术导航需求,采用 Aurora 电磁跟踪技术辅助手术导航,通过与各种手术器械自由组合,进一步解决手术中遇到的各种难题。**方法** 采用 Aurora 电磁跟踪系统,与含有金属材料的医疗手术环境相匹配,利用电磁跟踪系统自带的控制软件,使用其配备二次开发包的 VC 编程语言编写一套适合临床手术导航的实时显示系统,并在医院不同的医学手术导航应用中进行性能测试和对比实验,测量跟踪系统的精确程度,统计各种手术器械分别对应不同手术应用的对照表。**结果** 在介入手术中,随机选取 160 名冠状动脉造影患者,其中 80 名采用经数字减影血管造影(DSA)下电磁跟踪作为实验组,80 名只使用 DSA 辅助作为对照组,结果发现实验组造影剂用量明显减少,操作时间明显缩短,介入手术操作可控度的成功率从 95% 提高到 99%。**结论** 通过对比实验,证明 Aurora 电磁跟踪技术明显提高了手术的定位精度,导航精度的平均值小于 2 mm,在介入手术和微创手术方面,可以大大减轻病人痛苦,降低医疗风险,保障医疗安全,提升医院手术技术水平。

关键词: 电磁跟踪系统; 数字减影血管造影; 手术导航; 电磁定位技术; 介入手术

中图分类号: R 318.01 文献标志码: A

Medical surgical navigation through DSA using electromagnetic tracking system

LUO Wei¹, LI Meng-xiong¹, ZHENG Wei-hua¹, DING Ming-yue² (1. *Central Laboratory, the First People's Hospital of Jingzhou City, Jingzhou 434000, China*; 2. *College of Life Science and Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China*)

Abstract: Objective In order to meet the needs of more precise surgical navigation during interventional procedures and minimally invasive surgery, Aurora electromagnetic tracking technology-assisted surgical navigation with free combination of various surgical instruments was tested, trying to further solve problems encountered in surgery. **Methods** Aurora electromagnetic tracking system was used to match the medical surgical environment with metal-containing material. The built-in control software in this electromagnetic tracking system, which was equipped with the software development kit, was used to write a set of VC programming language suitable for real-time display of clinical surgical navigation system, and relative performance tests and comparative experiments were conducted for different medical surgical navigation application in the hospital to measure the precision degree of the tracking system, as well as the statistics of various surgical instruments corresponding to the application in different surgeries. **Results** 160 patients in interventional surgery with coronary angiography were randomly selected, 80 patients treated by digital subtraction angiography(DSA) with electromagnetic tracking systems as the experimental group, and 80 patients by DSA only as the control group. It was found out that with obviously less operating time, the amount of contrast agent was significantly reduced in the experimental group, and the degree of controllability for interventional surgical procedure was increased from 95% success rate to 99%. **Conclusions** The comparative experiments proved that Aurora electromagnetic tracking technology could significantly improve the accuracy in surgery, with the mean value of navigation less than 2 mm. In terms of interventional procedures

收稿日期:2013-10-27; 修回日期:2013-12-19

通信作者:李孟雄,教授,主任医师,硕士研究生导师, E-mail:48364641@qq.com。

and minimally invasive surgery, this electromagnetic tracking technology can greatly relieve patients' suffering and reduce medical risks to make medical care safer, and enhance the surgical technology level in hospital.

Key words: Electromagnetic tracking system; Digital subtraction angiography (DSA); Surgical navigation; Electromagnetic positioning technology; Interventional procedure

随着计算机技术和现代医学技术的飞速发展,越来越多的手术操作采用了辅助医学手术导航系统,不仅为医生手术提供了优化的参考操作手段,也为病人减轻了手术痛苦,有效地避免了许多手术中因“盲区”带来的医疗风险^[1-2]。笔者所在医院于2012年先后引进了宝石能谱CT、平板数字血管造影机(DSA)、3.0T MRI(核磁共振)、发射单光子计算机断层扫描仪(ECT)、直线加速器等大型医疗设备。在开展介入治疗、内镜诊断和骨科手术的计算机辅助手术和治疗中,发现在很多情况下,医生的手术操作中存在操作“盲区”,比如:介入手术中的血管开口变异、血管重叠等,严重影响了手术操作的准确性和手术效果,同时给医生们带来了一些麻烦^[3]。

但是由于传统的光学跟踪技术和红外线定位技术的设备还比较昂贵,操作也十分复杂,阻碍了定位系统在手术导航中的广泛应用。随着计算机技术、立体定向技术、人工智能技术的发展,自2011年以来,本课题组对这一技术的产品选型进行了调查研究,从众多的同类产品中,甄选出了由NDI公司研制的Aurora系统。该系统很适合用来实现微创、精准、安全的手术导航,可以有效解决核心定位问题,全面提升手术的精准度和可控度,大大降低手术风险。

1 材料与方法

1.1 材料

2012年8月~2013年4月,在介入手术中,随机选取160名冠状动脉造影的患者,其中80名采用经DSA下电磁跟踪作为观察组,80名只使用DSA辅助作为对照组,观察造影剂用量情况,以及医生介入手术操作的时间和可控性。

介入手术中采用的飞利浦DSA平板型号为:Allura Xper FD 20, System Module 000444。

电磁跟踪系统为NDI Aurora,由磁场发生器、系统控制器、工具连接器 and 定位线圈组成,具有无视线

遮挡、精度高、抗金属干扰和易于集成等特点,可应用于介入治疗、内镜诊断和骨科手术的计算机辅助手术和治疗中,系统的超小型定位线圈可与多种介入工具结合,在体内提供实时定位和引导,如心导管、活检穿刺针、粒子放疗针、消融针等工具的引导。

1.2 方法

采用Aurora电磁跟踪系统与含有金属材料的医疗手术环境相匹配,电磁跟踪系统自带控制软件;采用其配备的二次开发包(SDK),使用VC.net编程语言编写了一套适合临床手术导航的实时显示系统^[4],可以有效地辅助手术操作(见图1)。

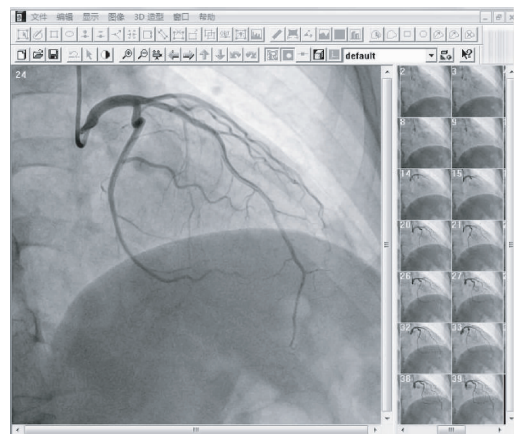


图1 电磁跟踪系统实时控制界面

Fig.1 Real-time control interface of the electromagnetic tracking system

DSA对照组操作步骤:常规消毒铺巾,局麻下行右侧桡动脉穿刺并置鞘,将导管在导丝的引导下,插至冠状动脉开口处,经导管注入造影剂造影。完成后记录手术时间和造影剂剂量。

DSA观察组操作步骤:介入手术的操作步骤与对照组相同,但在导丝插入前,将其与电磁跟踪系统5自由度(DOF)感应线圈的连接线相连,把感应器接收到的信号采集到计算机进行汇总,通过优化的算法进行信号重建序列,从而计算出观察点分布的具体位置。术中通过观察本研究开发的三维重建软

件界面,与 DSA 操作实时显示屏内容对比,同步进行介入手术,完成后记录手术时间和造影剂剂量。

最后,按照 2 个分组,经 DSA 下行介入手术,进行实时观察和分析。采用 Aurora 系统的微型 5DOF 定位线圈(0.55 mm × 8 mm),可与导管和导丝结合。只要在导管和导丝的尾端安装上该系统的微型定位感应器,便可以让导管前端的情况实时显示在计算机屏幕上,为介入手术提供更加全实时准确的图像信息,有效地丰富了手术中的直观感受^[5-6]。

1.3 观察项目和评价标准

1.3.1 观察项目 介入手术插管过程中造影剂(碘剂)的用量,医生插管操作时间,插管操作的可控度及成功率,介入手术中跟踪系统的定位精度。

1.3.2 评价标准 观察组与对照组比较,造影剂用量减少,医生插管操作时间缩短,插管操作的可控度及成功率提高。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 17.0 进行统计学分析,组间比较采用 *t* 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

两组病人造影剂使用量和医生操作时间的可控度情况见表 1。

表 1 冠状动脉造影分组实验结果

Tab.1 Coronary angiography results

组别	造影剂用量 均值/mL	手术时间 均值/min	插管操作 成功率/%
对照组($n=80$)	35.1 ± 2.2	42.5	95
观察组($n=80$)	23.3 ± 3.1	32.8	99
<i>P</i> 值	0.021	0.019	0.039

定位跟踪系统在不同的应用下,设定好特定的参考条件,对 5DOF 工具和 6DOF 工具精度测量进行统计分析(见表 2、3)。5DOF 工具的应用相对于 6DOF 工具要精细微小一些,运用在介入手术中操作起来会更加小巧灵活,其精度测量结果,基于测量范围内的 300 多个随机点的位置和角度;但是新型的 6DOF 工具是一个直径 15 cm 半球体,分布 40 个预知的随机点,测定位置和角度。在没有电磁干扰

的环境下采集,精度也受工具设计和金属设计环境的影响。在 5DOF 工具精度测量下,整体测量范围角度在均方根测量时为 0.3°,在 95% 可信度的测量情况时为 0.6°;而在 6DOF 工具精度测量下,整体测量范围角度在均方根测量时分别为 0.8°(250 mm 测距)、1.1°(450 mm 测距),在 95% 可信度的测量情况时分别为 1.5°(250 mm 测距)、1.7°(450 mm 测距)。

表 2 5DOF 工具精度测量结果

Tab.2 Precision measuring result of the 5DOF tool

与电磁发生器距离/mm	均方根测量/mm	95% 可信度/mm
100 ~ 200	0.9	1.7
200 ~ 300	0.7	1.3
300 ~ 400	0.8	1.4
400 ~ 500	1.3	2.1

表 3 6DOF 工具精度测量结果表

Tab.3 Precision measuring result of the 6DOF tool

与电磁发生器距离/mm	均方根测量/mm	95% 可信度/mm
250	0.9	2.0
450	1.6	3.0

注:上述所有数据在没有电磁干扰的环境下采集

3 讨论

Aurora 电磁跟踪系统在介入手术操作时与手术工具无缝结合,并能在术后分离,有很强的复用性。该系统提供的工具界面,可以动态地显示探针、导丝等细小手术工具到达人体心脏的具体三维坐标^[7-9],让医生做到心中有数,而不是凭借经验在被遮光的状态下操作,有效地提高了手术的成功率,保证了导丝等微小器械的准确运动,不至于刺穿血管或健康组织,保障了病人的生命安全,减轻了病人的手术痛苦。

由于 DSA 设备存在一定的辐射量,医生在手术“盲区”往往会反复寻找手术的对象点或位置,会极大增加手术的难度,对医生和患者造成伤害。通过观察组与对照组的结果比较发现,冠状动脉介入手术造影剂用量减少,医生插管操作时间缩短,插管操作的可控度及成功率有所提高。

5DOF 工具比 6DOF 更适合用于微创手术的操作,容易与导丝等结合,运用在介入手术中操作起来会更加小巧灵活,针对不同的设备和手术要求选择相应的搭配方案,使之更加合理灵活,方便操作和测量计算。经过电磁跟踪准确定位,图像由原来的二维图变为三维成像结果,使得手术的定位精度平均值小于 2 mm。

4 结语

NDI Aurora 电磁跟踪系统可在遮挡的情况下进行精确实时的空间三维测量,手术变得更加安全,避免了传统算法下图像位置的畸变问题;它能准确实时监测,避免了由于各种原因造成手术部位移位、变形所产生的误差^[9-10]。该产品可以和大多数常用的手术器械和设备相连,连接方便快捷,拆卸也十分容易,而且价格合理。在本研究中,通过冠状动脉介入手术的电磁跟踪辅助导航试验,证明了其定位精度的明显提高,为临床工作提供了有力的保障,促进了医疗安全,为下一步手术导航研究奠定了一定的基础。

致谢:感谢长江大学计算机科学学院杜友福教授对本项目的研究工作给予大力支持与帮助。

参考文献:

- [1] 田和强, 吴冬梅, 王继虎, 等. 基于电磁定位的手术导航探针可视化与实时跟踪技术[J]. 机器人, 2011, 33(1): 59-66.
- [2] 罗伟, 田夫, 李珊珊. 虚拟现实技术在医学中的应用[J]. 中华医院管理杂志, 2005, 21(12): 837-838.
- [3] 严志刚, 原魁. 一种获得磁跟踪系统参数的简单方法[J]. 仪器仪表学报, 2007, 19(1): 81-84.
- [4] Anderson PT. Pulsed-DC position and orientation measurement system [P]. USA: 1995.
- [5] 艾松涛, 唐为卿, 戴尅戎, 等. 颞下颌关节三维动态磁共振成像研究及生物力学分析[J]. 医用生物力学, 2013, 28(1): 79-82.
Ai ST, Tang WQ, Dai KR, *et al.* Dynamic MRI study on temporomandibular joint and biomechanical analysis [J]. J Med Biomech, 2013, 28(1): 79-82.
- [6] Ebmeier K, Giest K, Kalf R. Intraoperative computerized tomography for improved accuracy of spinal navigation in pedicle screw placement of the thoracic spine [J]. Acta Neurochir Suppl, 2003, 85: 105-113.
- [7] 付天宇, 乔爱科. 基于个性化颈内动脉瘤模型的流固耦合分析[J]. 医用生物力学, 2012, 27(4): 421-426.
Fu TY, Qiao AK. Fluid structure interaction analysis based on patient-specific internal carotid artery aneurysm model [J]. J Med Biomech, 2012, 27(4): 421-426.
- [8] 孟昊业, 马沁巍, 汪爱媛, 等. 基于显微 CT 的骨微观三维变形场测量系统的研究[J]. 医用生物力学, 2012, 27(1): 21-26.
Meng HY, Ma QW, Wang AY, *et al.* Three-dimensional deformation field measurement system based on micro-CT images [J]. J Med Biomech, 2012, 27(1): 21-26.
- [9] Hott JS, Papadopoulos SM, Theodore N, *et al.* Intraoperative Iso-C C-arm navigation in cervical spinal surgery: Review of the first 52 cases [J]. Spine, 2004, 29(24): 2856-2860.
- [10] 王成焘, 钱晓军, 赵理为. 数字医学与计算机辅助手术[J]. 中国医疗器械杂志, 2007, 31(5): 313-323.