

基于增强现实技术的移动手术定位软件在幕上肿瘤手术中的应用

廖正俭¹, 陈忠仪¹, 刘宇清¹, 何炳蔚², 黄绳跃¹, 洪文瑶¹, 潘儒君¹

关键词： 基于增强现实技术；幕上病变；神经导航；显微外科
文献标志码： B 文章编号： 1672-4194(2021)06-0501-03

随着显微外科及精准医学的发展,临床上如何做到准确定位颅内幕上病变,并进行个性化手术切口设计,是手术医生亟待解决的问题。20 世纪 90 年代,精准神经外科理念深入人心,神经导航设备在三甲医院普及并逐渐推广应用。近年来,随着基于增强现实(augmented reality, AR)技术的不断进步,其可将计算机生成的三维虚拟模型与真实场景叠加,以增强使用者直接感观的功能已得到初步应用。本研究利用 AR 技术,将三维虚拟模型图像通过移动设备(如手机)透视叠加到患者体表及术野,为手术提供导航,辅助手术方案制定与实施,并自主研制出独特的二维码标志物设置方法,报道如下。

1 临床资料

1.1 对象 随机选取笔者医院神经外科 2018 年 9 月—2020 年 12 月收治的拟在神经导航系统(image guided neurosurgery system, IGNS)引导下行幕上肿瘤手术的患者 54 例,其中男性 32 例,女性 22 例;年龄(48.52±9.98)岁(34~76 岁)。术前影像诊断考虑:脑膜瘤 27 例,胶质瘤 20 例,转移瘤 5 例,淋巴瘤 2 例。

1.2 方法

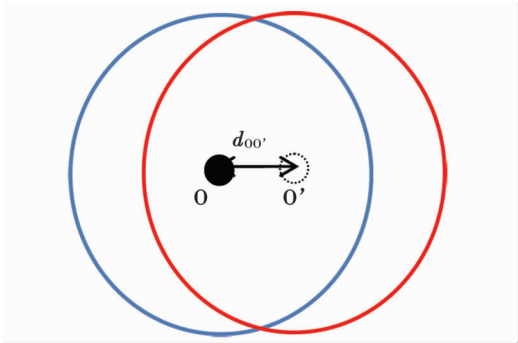
1.2.1 分组 54 例患者先后利用传统定位方法(传统组)、AR 移动手术定位软件定位方法(研究组)和标准 TGNS 定位方法(对照组)进行颅内病变术前定位。

1.2.1.1 传统组 根据 MRI 图像上病变特征,通过传统定位法配合卷尺测量,在患者头颅进行体表定位并做切口标记。

1.2.1.2 研究组 利用 Mimics 工程软件重建 CT 及 MRI 图像,建立病变部位的三维虚拟模型;将模

型导入仿真软件 Unity3d,设置为二维码标记的子对象,在 Unity3d 中调整病灶模型相对于二维码标记的位置关系;将设置好的 Unity3d 工程导出为安卓 APP,安装到带有摄像头的手机上;将打印出的二维码标记粘贴在术区附近体表,用手机摄像头扫描二维码标记,即可将三维虚拟模型准确透视叠加于患者体表及术野。

1.2.1.3 对照组 用 IGNS 定位病变标记病变中心在头皮的投影位置,在头皮上标记肿瘤轮廓。误差分析:以 IGNS 定位为参照标准。由于肿瘤等病变区域形状的不规则性,以中心点方法分析移动 AR 手术定位系统与 IGNS 的定位结果误差准确性较差。为便于理解,将病变结构设计为球形,其头皮投影为圆形(以实线表示)。移动 AR 定位系统定位后,以标记笔标记病变轮廓(以虚线表示),测量两个轮廓中心之间的差距,即为定位误差值(图 1)。



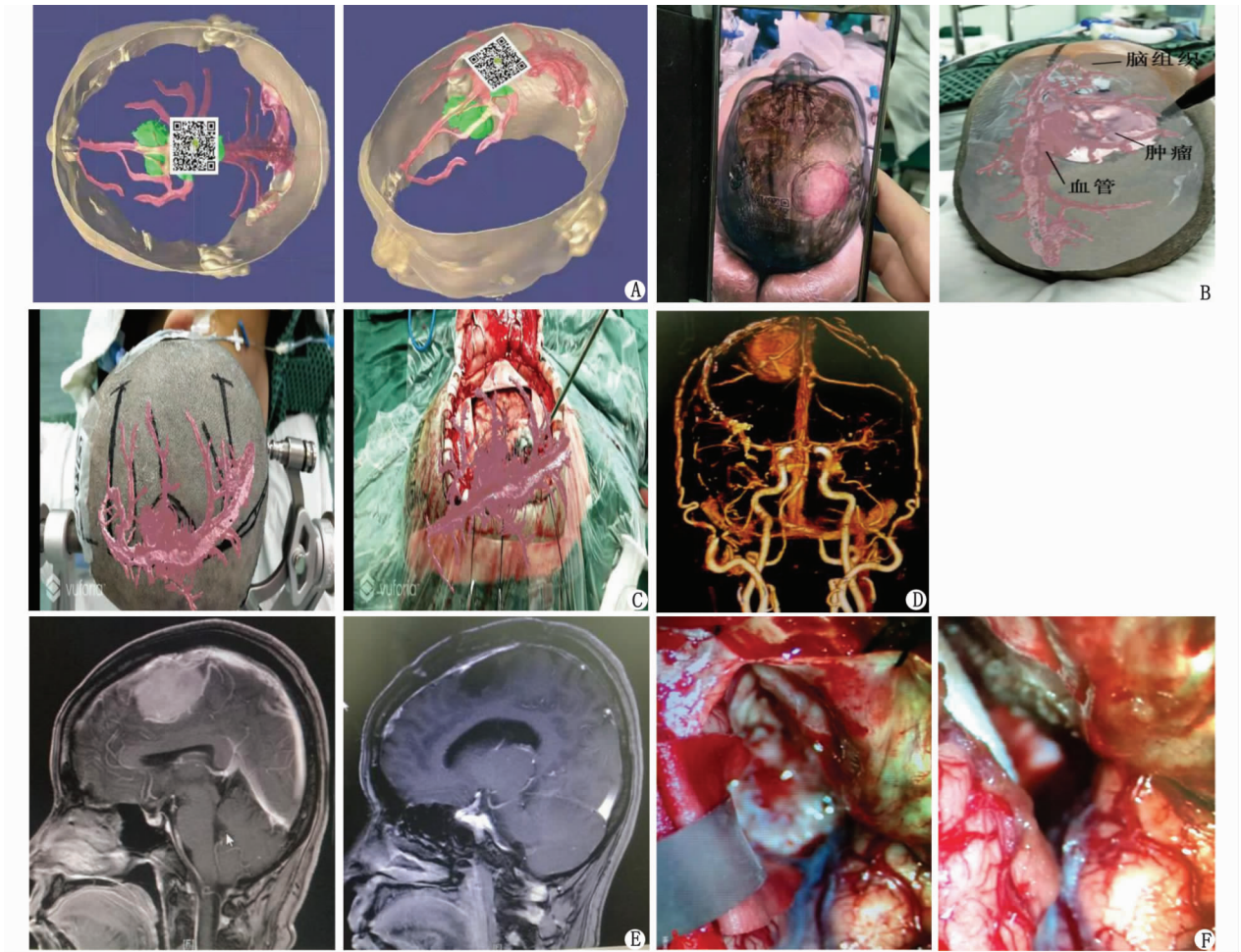
实线蓝色圆形为颅内病变的头皮投影,实心点 O 为中心点;虚线红色圆形为移动 AR 定位轮廓,虚线空心圆 O' 为其中心点;d_{00'}为两中心点之间的距离。

图 1 定位误差分析

Fig. 1 Surgical incision design and treatment

1.2.2 手术方法 以导航定位中心点设计切口,根据不同病变的最大径需要,向外扩展 1~2 cm,个性化设计手术切口进行常规开颅(图 2)。比较术前定位与术中所见病变的真实位置,将各种定位方法准确度分为优良、合格、不合格 3 个等级。误差值等级设定:优良为不超过神经导航系统的最大误差值,即≤4 mm;合格为 4 mm<误差值<10 mm;不合格为误差值≥10 mm。

收稿日期: 2021-05-10
基金项目: 福建省科技厅引导项目(2019H0042); 福建医科大学教育教学改革项目(Y19008)
作者单位: 1. 福建医科大学省立临床医学院, 福建省立医院 神经外科, 福州 350001;
2. 福州大学 机械工程及自动化学院, 福州 350108
作者简介: 廖正俭, 男, 主治医师, 医学硕士
通信作者: 陈忠仪. Email: 690529131@qq.com



A:将病灶与周围血管三维虚拟模型化,并设置为二维码标记的对象;B:将三维虚拟模型投射于患者体表;C:通过三维虚拟模型与术野匹配,快速寻找病变并辨别毗邻重要组织结构;D:术前 CTV 扫描图像;E:MRI 扫描图像(术前及术后);F:术中所见肿瘤及肿瘤全切。

图 2 手术切口设计及治疗

Fig. 2 Surgical incision design and treatment

1.3 结果 本组所有病例的病变位置均在术前定位所设计的个性化手术切口及颅骨骨窗范围内。手机 AR 定位误差为 (4 ± 3) mm,与标准导航定位比较,差别无统计学意义($P>0.05$),可以认为效果相当。应用手机 AR 及 IGNS 技术定位的精确性明显优于传统定位方法,手术效果满意,随访患者术后言语、体动、认知等情况恢复良好。术前通过手机 AR 技术进行颅内幕上病变进行定位,并合理设计个性化手术切口,能够较准确勾画出病变的体表投影,术中进一步证实其可靠性。

2 讨论

神经外科是以手术为主的一门高精尖学科。传统上通过分析术前 CT/MRI 影像资料结合术者经验与解剖学特征计算病灶的大致位置,确定手术切口大小和骨窗位置,其误差比较大,尤其对于脑深部肿瘤,往往无法准确定位病变的体表位置,易导致周

围正常的重要脑组织损伤、出血等严重并发症。因此,如何实现颅脑病变结构的准确定位,一直是神经外科医生不断努力研究的重点。

1947 年,随着框架立体定向设备的问世并应用于临床,实现脑深部肿瘤的较准确体表定位,但该技术存在较大不足^[1-2]。在术前影像扫描时,需要提前固定立体定位框架。早期框架比较笨重,还需钉子固定,不仅检查不方便,且对患者头部会造成一定程度的创伤,尤其不适用于儿童及颅骨较薄者;术中定位尽管完全按照术前手术计划,但因术中释放脑脊液存在脑组织漂移等情况,术前计划的虚拟位置与手术时颅脑真实病变位置会产生较大差别,无法实时反映手术当时病变相对位置;设备体积大,影响术中操作等。基于框架立体定向设备存在的不足,上个世纪末,结合术前 CT 图像、颅脑特殊体表标志及手术显微镜,Yasuda 等^[3]和 Eftekhari^[4]建立了无框架立体定向系统。该系统称为图像引导神经外科手

术导航系统。该系统的问世,克服了有框架立体定向技术的多种缺陷,明显提高了术前病变定位准确性,从而进一步减小手术创伤、缩短手术时间并提高手术质量,是微创神经外科手术过程不可或缺的手术设备。但由于神经导航系统价格昂贵、设备体积大、操作流程复杂、使用成本较高,因此难以广泛应用。对于大多数非功能区颅内占位来说,神经导航的使用仅是用于确定病灶位置,辅助手术切口设计,使用成本较高,因此,有必要开发一种操作简便、经济实用且可广泛推广的定位系统。

AR 也称为混合现实技术,可将三维虚拟模型叠加到真实场景,实现虚实结合的立体视觉效果。随着移动设备(手机、平板电脑等)的普及以及高端智能化,AR 技术与移动设备的结合,即移动 AR 技术,是今后计算机显示技术的发展趋势之一,目前已经广泛应用于游戏、军事、房地产等多个领域,并取得良好的应用成果及社会评价^[5-8]。近年来,关于 AR 技术在“医-教-研”应用方面也逐渐成为热门研究方向^[9-11],但少有报道应用在神经外科手术中^[12]。利用 AR 技术将医学图像虚拟三维重建、配准并叠加到现实世界中,可以更加直观观察颅内病灶形态、大小、空间位置及其与周围正常神经血管的解剖关系,从而合理设计个性化手术切口,定位精准,减少并发症。

本研究是基于移动 AR 技术的神经外科手术定位系统,进行颅脑幕上病变的准确定位。本研究结果发现,移动 AR 技术的精确性与神经导航定位相当,并为个性化设计手术切口、骨窗及入路提供视觉依据,为微创手术的开展提供技术支持与手术方案指导,实现个性化、微创化和精准化的手术治疗,并自主研制出独特的二维码标志物设置方法,获得国家发明专利。本研究应用的手术定位系统无需依托 IGNS 设备,将术前重建的虚拟模型导入定位系统,即可实现虚实结合的三维立体定位,操作简便且安全可靠,能够使术者更直观地理解颅脑病变与周围正常解剖的空间位置关系,提高定位准确度,辅助尚缺乏神经导航设备地区的临床医生进行术前头颅体表定位,指导微创颅脑手术的开展。该系统不仅定位效果理想,而且使用成本低,值得普遍推广。

本研究通过手机移动 AR 技术的应用,具有以下优势:(1)辅助手术方案制定。将三维虚拟模型准确透视叠加到患者体表,使病变及毗邻重要结构关系清晰显示,一目了然,可直接指导手术方案制定。

(2)辅助术中导航。通过三维虚拟模型与术野的准确匹配,术中可快速寻找病变、预见性保护重要结构、即时了解病变切除情况。(3)医患沟通。利用叠加效果,病患可清晰了解病情和手术方案,医患沟通过程简单、高效。目前尚未开发出完整的应用软件系统;且病例数较少,定位准确度需要进一步测试、完善以及临床验证。

参考文献:

[1] Evans L,Olson J D,Cai Y,*et al.* Stereovision co-registration in image-guided spinal surgery: Accuracy assessment using explanted porcine spines[J]. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*, 2018,15(6):686-691.

[2] Leger E,Drouin S,Collins D L,*et al.* Quantifying attention shifts in augmented reality image-guided neurosurgery[J]. *Healthc Technol Lett*,2017,4(5):188-192.

[3] Yasuda J,Okamoto T,Onda S,*et al.* Novel navigation system by augmented reality technology using a tablet PC for hepatobiliary and pancreatic surgery[J]. *Int J Med Robot*, 2018, 14(5):e1921.

[4] Eftekhar B. A smartphone app to assist scalp localization of superficial supratentorial lesions—technical note[J]. *World Neurosurg*, 2016,85:359-363.

[5] Huang T K,Yang C H,Hsieh Y H,*et al.* Augmented reality (AR) and virtual reality (VR) applied in dentistry[J]. *Kaohsiung J Med Sci*,2018,34(4):243-248.

[6] Chen J G,Han K W,Zhang D F,*et al.* Presurgical planning for supratentorial lesions with free slicer software and sina app[J]. *World Neurosurg*,2017,106:193-197.

[7] Sun G C,Chen X L,Hou Y Z,*et al.* Image-guided endoscopic surgery for spontaneous supratentorial intracerebral hematoma[J]. *J Neurosurg*,2017,127(3):537-542.

[8] Drouin S,Kochanowska A,Kersten-Oertel M,*et al.* IBIS: An OR ready open-source platform for image-guided neurosurgery[J]. *Int J Comput Assist Radiol Surg*,2017,12(3):363-378.

[9] Kim D N,Chae Y S,Kim M Y. X-ray and optical stereo-based 3D sensor fusion system for image-guided neurosurgery[J]. *Int J Comput Assist Radiol Surg*,2016,11(4):529-541.

[10] Besharati T L,Mahvash M. Augmented reality-guided neurosurgery: Accuracy and intraoperative application of an image projection technique [J]. *J Neurosurg*, 2015, 123 (1): 206-211.

[11] Kersten-Oertel M,Gerard I,Drouin S,*et al.* Augmented reality in neurovascular surgery: Feasibility and first uses in the operating room[J]. *Int J Comput Assist Radiol Surg*,2015, 10(11):1823-1836.

[12] 严洪立,关俊文,李永红,等. 基于增强现实理论的神经外科头颅体表定位系统[J]. *生物医学工程学杂志*,2019,36(3): 428-434.