



电子、语音版

·论著·

## 手机实时AR渲染技术在颅内幕上浅表肿瘤体表定位中的应用

邱俊<sup>1</sup>, 束旭俊<sup>2</sup>, 张朝贵<sup>1</sup>, 易勇<sup>1</sup>, 罗鹏<sup>1</sup>, 曹鑫意<sup>1</sup>, 江竞成<sup>1</sup>, 张超<sup>1</sup>

1. 宜宾市第二人民医院/四川大学华西医院宜宾医院, 四川 宜宾 644000

2. 解放军八二医院神经外科, 江苏 淮安 223001

**摘要:**目的 探究手机普视3D SLAM AR软件在颅内幕上浅表肿瘤术前定位的价值。方法 分析10例颅内幕上浅表肿瘤患者的临床资料, 病变直径2.3~6.8 cm。术前利用MRI或CT扫描数据对肿瘤、头部轮廓、鼻部及双侧耳廓进行三维重建, 载入普视3D SLAM软件, 进行肿瘤术前定位(实验组), 同时利用传统定位方法进行徒手定位(对照组), 最后利用神经导航定位病变中心点作为评价标准, 普视3D SLAM软件与徒手定位的中心点与导航定位的中心点之间的距离为定位误差, 对结果进行统计学分析。结果 普视3D SLAM软件的定位误差 $[(0.48 \pm 0.04) \text{ cm}]$ 小于徒手定位法 $[(2.08 \pm 0.23) \text{ cm}]$  ( $P < 0.05$ )。结论 普视3D手机AR软件Slam模块对颅内幕上浅表肿瘤定位较传统徒手定位法更准确, 此外还能直观显示病变周围的皮层静脉、纤维束等结构, 有助于合理地制定术前计划, 最大程度地减小手术创伤。[国际神经病学神经外科学杂志, 2022, 49(3): 32-35.]

**关键词:**幕上肿瘤; 手机软件; AR; 神经导航; 术前定位

中图分类号: R739.41

DOI: 10.16636/j.cnki.jinn.1673-2642.2022.03.006

## Clinical application of smartphone-based real-time augmented reality rendering technology in scalp localization of superficial supratentorial tumors

QIU Jun<sup>1</sup>, SHU Xu-Jun<sup>2</sup>, ZHANG Chao-Gui<sup>1</sup>, YI Yong<sup>1</sup>, LUO Peng<sup>1</sup>, CAO Xin-Yi<sup>1</sup>, JIANG Jing-Cheng<sup>1</sup>, ZHANG Chao<sup>1</sup>

1. The Second People's Hospital of Yibin, Yibin, Sichuan 644000, China

2. Department of Neurosurgery, The 82nd PLA Hospital, Huai'an, Jiangsu 223001, China

Corresponding author: SHU Xu-Jun, Email: shukelson@msn.com.

**Abstract:** **Objective** To explore the value of a smartphone-based augmented reality technique (Persp 3D SLAM software) in preoperative localization of superficial supratentorial tumors. **Methods** Ten patients with superficial supratentorial tumors (2.3 to 6.8 cm in diameter) were included. Preoperative MRI or CT data were used to perform 3D reconstruction of the tumor, head contour, nose, and bilateral auricles, which were then loaded into Persp 3D SLAM for preoperative tumor localization. Traditional manual localization was also conducted as the control. The accuracy of localization was evaluated by positioning error, which was the distance between the tumor center positioned by either method and that by neuronavigation. **Results** The positioning error of Persp 3D SLAM was significantly smaller than that of the traditional method ( $0.48 \pm 0.04 \text{ cm}$  vs  $2.08 \pm 0.23 \text{ cm}$ ,  $P < 0.05$ ). **Conclusion** The Persp 3D SLAM software shows higher accuracy than the traditional manual method in localizing superficial supratentorial tumors, and can provide direct visualization of cortical veins and fiber tracts around the tumors, facilitating reasonable preoperative plans and minimizing surgical injuries.

[Journal of International Neurology and Neurosurgery, 2022, 49(3): 32-35.]

**Keywords:** supratentorial tumor; smartphone software; augmented reality; neuronavigation; preoperative localization

收稿日期: 2021-11-30; 修回日期: 2022-05-18

通信作者: 束旭俊, 医学博士, 解放军八二医院神经外科, Email: shukelson@msn.com。

随着技术和设备的进步,神经外科手术的创伤越来越小,尤其是神经导航的问世,彻底解决了颅内病变定位的难题。但由于导航设备价格昂贵,目前仍然有较大部分医院没有配备。传统定位方法通过测量影像上的参数来推算病变在患者体表的定位,因方法简单和操作便捷,一直被临床广泛应用。但其有不够直观、准确性也因人而异的缺点。增强现实技术(augmented reality, AR)是一种新影像展示技术,能使计算机产生的虚拟影像叠加在现实物体之上,从而显示人肉眼无法看到的东西。本次研究使用的“普视3D SLAM”手机AR软件,利用即时定位与地图构建(simultaneous localization and mapping, SLAM)算法,通过手机红外深度摄像头和陀螺仪可以“感知”AR影像现实环境中的位置,并能在手机移动时保持AR影像的位置不变并对它实时渲染。本研究通过该软件来辅助颅内幕上浅表肿瘤的体表定位。将其与传统徒手定位法进行比较,并用神经导航验证,对两者的定位结果进行比较,现将手机AR辅助颅内病变的临床应用可行性及准确性汇报如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

宜宾市第二人民医院神经外科自2020年6月—2021年3月使用普视3D SLAM软件对10例颅内幕上浅表肿瘤患者进行术前定位。所选病例术前影像形状均为类圆形,方便确定肿瘤定位的中心点。其中,男5例,女5例;年龄14~59岁,平均40.9岁;病变直径2.3~6.8 cm,平均4.3 cm;位于大脑左侧半球5例,右侧半球5例;其中右侧额、顶叶5例,左侧额、颞、顶叶5例;病理类型为脑膜瘤6例,转移瘤1例,胶质瘤3例。见表1。

### 1.2 方法

1.2.1 普视3D SLAM软件使用流程 数据的采集:所有患者均于术前采用美国GE3.0磁共振(SGINA Pioneer)进行磁共振扫描,扫描序列包括平扫和增强的3DT1序列(回波时间为3.3 ms,重复时间为8.6 ms,矩阵为256×256,视场240 mm×240 mm,层厚为1 mm);弥散张量成像DTI序列(25个Dir,回波时间为78 ms,重复时间为6 000 ms,矩阵为128×128,视场240 mm×240 mm,层厚为3~5 mm);256排螺旋CT(美国GE公司)进行CT扫描,包括CT平扫、CTA、CTV(螺距:0.99,管电压100KV,动态毫安,层厚0.625 mm)。

定位前的准备:将获取的CT/MRI影像数据载入免费开源三维重建软件3D Slicer<sup>[1-2]</sup>,三维重建处理后,将肿瘤、头颅轮廓、静脉、鼻部及双侧耳廓模型保存为“obj”格式上传至云端病例库,生成模型编码。

定位过程:患者麻醉后,取平卧位,打开普视3D软件,选择并进入SALM功能界面,通过输入模型编码,依次将模型载入软件。在屏幕上单指滑动进行头部轮廓的上下左右地拖动,两指滑动进行模型在手机平面上的旋转,待头部轮廓基本与患者匹配后,将头部轮廓隐藏,再利用鼻部及双侧耳廓模型进行最后的微调。待配准满意后,助手根据肿瘤投影将其轮廓用记号笔画出,以勾画出的肿瘤体表轮廓最长径与最短径相交点作为中心点C1(长径和短径与导航定位所画出的长径和短径平行),作为实验组数据。

具体操作视频演示: <http://www.jinn.org.cn/gjsjbx-jwxzz/news/view/20211230172837001>

1.2.2 采用传统阅片定位方法 10例病例定位者均为同一手术医师,神经外科工作年限20余年。根据CT、MRI图像上病变位置、特有的皮质沟回、功能区、重要血管特征表现,通过传统定位法(Kronlein 颅脑结构定位法)配合卷尺测量并在体表画定肿瘤轮廓,以轴位片肿瘤最大平面的长径与短径相交点作为中心点C2,作为对照组数据。

1.2.3 神经导航定位 利用我院富德电磁导航进行注册与导航,同样画出肿瘤投影,以神经导航轴位片上肿瘤最大平面的长径与短径相交点作为中心点C0,由于神经导航精确度高<sup>[3]</sup>,误差设为0,作为参考基准点。

1.2.4 测量 分别测量C1-C0、C2-C0距离,对两组距离进行统计学分析。

### 1.3 统计学方法

采用SPSS 23.0软件对数据进行统计学分析,计量资料采用均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,比较采用配对样本 $t$ 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 测量结果

具体测量结果见表1。

### 2.2 定位误差

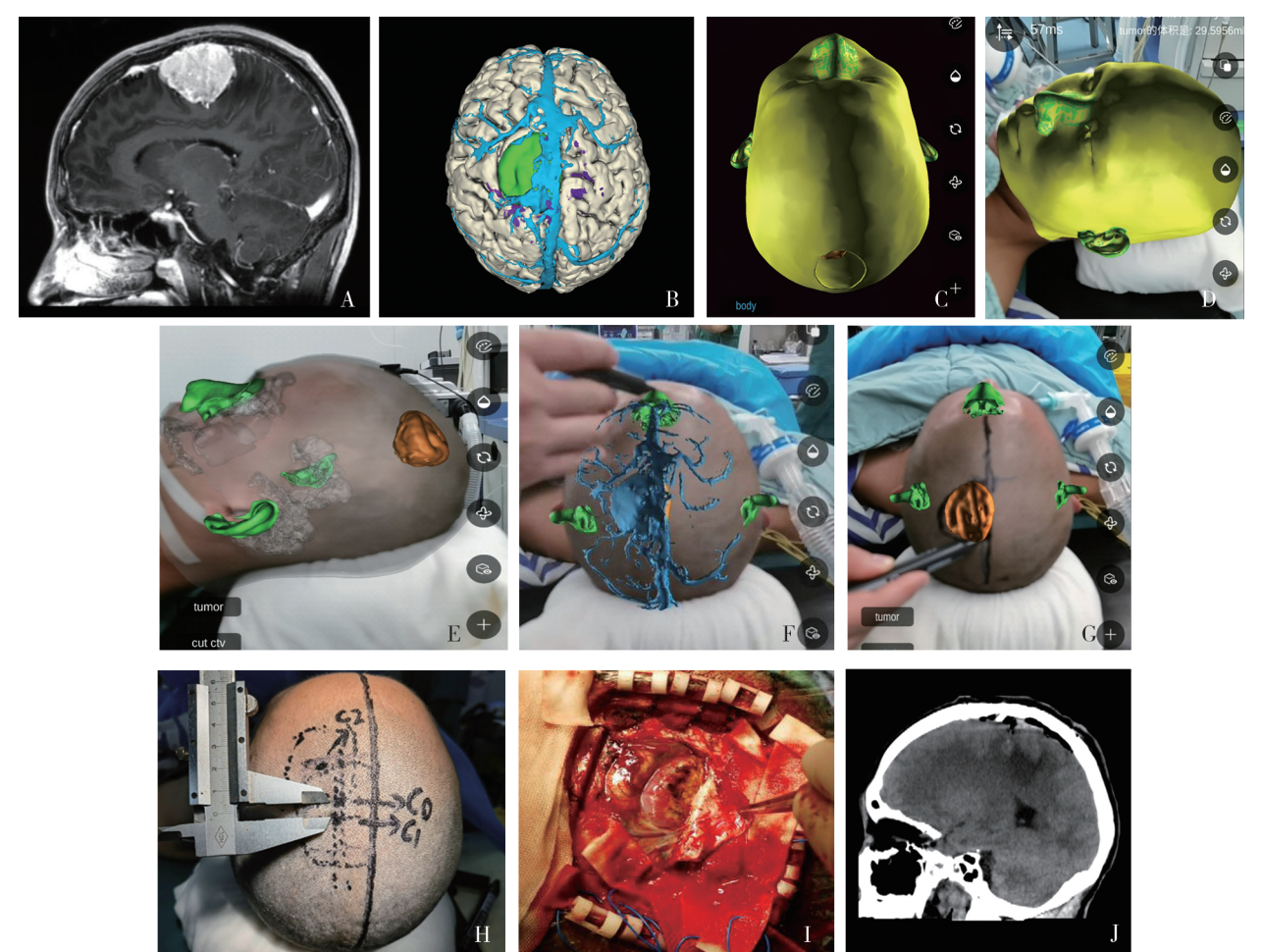
普视3D SLAM软件的定位误差 $[(0.48 \pm 0.04) \text{ cm}]$ ,传统徒手定位法 $[(2.08 \pm 0.23) \text{ cm}]$ ,两组比较,差异有统计学意义( $t = 7.354, P = 0.000$ )。

### 2.3 手术结果和并发症

10例患者中,评估脑膜瘤切除程度采用Simpson标准。脑膜瘤6例均全切,转移瘤1例全切,胶质瘤2例全切,1例次全切;8例术后均无新发神经功能障碍,1例术后右侧偏瘫症状加重,3个月恢复到术前状态,1例术后出现左侧肢体偏瘫未恢复。9例病例在6个月随访期间均无复发,次全切胶质瘤患者病理为胶质母细胞瘤,3个月

随访时肿瘤复发。典型病例见图1。

表1 肿瘤患者资料、手术结果和并发症									
序号	性别/年龄	肿瘤部位	肿瘤最大直径	AR定位组	传统定位组	切除程度	病理	术后新发功能障碍	6个月是否复发
			/cm	C1/cm	C2/cm				
1	女/34	右额顶	2.30	0.30	2.00	全切	脑膜瘤	无	否
2	男/14	右额顶	6.80	0.60	3.00	全切	间变型室管膜瘤	无	否
3	男/49	右顶	2.50	0.50	1.00	全切	脑膜瘤	无	否
4	女/58	左额颞	3.80	0.60	2.00	全切	脑膜瘤	无	否
5	女/53	左额	4.50	0.50	2.20	全切	脑膜瘤	有	否
6	男/59	右额顶	4.80	0.70	2.30	全切	转移瘤	无	否
7	男/23	左额顶	4.90	0.40	2.50	全切	脑膜瘤	无	否
8	女/41	右额顶	5.20	0.50	3.20	全切	弥漫性胶质瘤	有	否
9	女/34	左顶	3.90	0.40	1.50	全切	脑膜瘤	无	否
10	男/44	左额顶	4.80	0.30	1.10	次全切	胶质母细胞瘤	无	是



A:左额顶部脑膜瘤患者术前MRI影像;B:术前多模态三维重建;C:模型载入手机软件;D:将头部轮廓模型与患者头部从侧方、顶部和面部进行多角度粗略匹配;E:隐藏头部轮廓,利用鼻部及双侧耳廓进行精细化配准;F:匹配满意后,显示周围静脉系统(蓝色);G:助手用记号笔画出中线及肿瘤体表轮廓;H:术前数据测量并记录;I:术中肿瘤显露;J:术后CT复查

图1 典型病例操作演示

3 讨论

除颅内病变,所以术前对肿瘤的精确定位是手术成功的保障。目前,手术医师常采用各种不同的方式进行术前精准神经外科要求在保护脑功能的基础上尽可能切



定位,这些定位方法各有优缺点。比如传统定位法,优点是简单、易操作,缺点是需要凭定位者经验,结合影像的测量来进行定位,不能直视,不够直观,精确性一般,有时会有较大的误差。使用神经导航系统进行定位<sup>[4-5]</sup>,优点就是精确,但过程复杂、繁琐、费时,大部分导航还需术前进行扫描、注册、导航等步骤,不太适合急诊手术,而且所用仪器体积大,价格昂贵,在较大的医院可以做到,但在中、小规模医院由于价格的问题普及比较困难。近年来,随着增强现实技术的出现,AR已被应用于神经外科手术<sup>[6-8]</sup>,尤其是廉价的移动设备,携带方便,使用快捷,比如手机sina软件<sup>[9-10]</sup>,手机POCO相机双重曝光技术已用于术前病变的定位<sup>[11]</sup>。但以上使用的手机定位方法均是利用二维影像、单一视角图像重叠AR技术辅助颅内病变体表定位,这样的缺点是:1、患者需要贴Marker二次扫描;2、单一角度定位时配准后不能进行多角度的观察,所以导致远离中线部位的肿瘤定位比较困难<sup>[12]</sup>。

普视3D SLAM手机AR软件利用SLAM算法实现了对AR影像的实时渲染,通过手机的3D深度感知摄像头,起到类似激光扫描的作用,通过扫描空间来确定手机的坐标,并通过实时更新陀螺仪数据和坐标数据,能够实现将AR影像固定在现实空间,从而可以多角度观察,实现了真正意义上的AR显像。因此普视3D SLAM相比以往手机软件定位方法具有以下几点优势:①SLAM技术是AR算法领域最核心的技术之一,AR/VR技术构建了数字的三维世界,SLAM则提供了三维数字世界的空间定位功能,目前普视3D使用的SLAM技术,可以通过手机的传感器数据,实时计算已加载模型的空间位置,并且实时渲染AR模型;同时,AR模型不会随着手机的位置移动而跟着移动,定位时对手机的稳定性是没有要求的,手持足够,从而减少了操作的难度和时间;②AR颅内结构在患者头部显示,这种“原位显示(in-situ display)”技术相当于使医生拥有了“透视眼”,能直观地从不同角度观看颅内结构,可以直接在患者头部做术前计划,做到开颅前就心中有数,能在术中对重要的神经、血管起到有意识地保护;③可以利用头颅轮廓、两侧外耳形状或鼻子来做匹配参考,在急诊手术,没有Marker的情况下依旧能完成定位;④普视3D SLAM可以在病房,也可以在手术室患者麻醉时操作,不需要头架固定,不会打断手术流程,十分简洁高效。

本研究证实了普视3D SLAM软件在定位精度上明显高于传统徒手定位,大部分病例取得了较好的手术疗效,但也存在几点不足:①本研究属于技术可行性研究,病例数量偏少,后续需要更多样本进一步验证;②对于最大直径小于2 cm的肿瘤定位由于病例暂时缺乏,准确性还有

待验证;③通过头部轮廓、双耳和鼻子外形进行配准会受因软组织移位而导致误差,对于择期手术的患者,推荐使用Marker辅助定位;④由于手机硬件的限制,手机移动时,模型会产生轻度的位移,这也是造成误差最主要的原因,相信随着软件的不断完善以及手机硬件的发展,这个问题最终能够得到解决。

总之,普视3D SLAM AR软件对颅内幕上浅表肿瘤体表定位较传统徒手定位更加直观、准确和高效;相比神经导航,虽然达不到导航的精度,但胜在廉价便捷,病患无额外费用负担。本研究证明了普视3D SLAM AR手机软件在辅助幕上浅表肿瘤体表定位中的可行性和可靠性,尤其在急诊手术中更加凸显其价值,值得临床推广。

#### 参 考 文 献

- [1] HOU X, YANG DD, LI D, et al. 3D Slicer and Sina application for surgical planning of giant invasive spinal schwannoma with scoliosis: a case report and literature review[J]. Neurochirurgie, 2020, 66(5): 396-399.
- [2] 谢国强,王欣,郝五记,等. 基于3D Slicer软件探讨高血压脑出血血肿体积诊断的准确性[J]. 国际神经病学神经外科学杂志, 2019, 46(1): 17-20.
- [3] 赵继宗,王嵘. 神经导航系统在神经外科的应用[J]. 北京医学, 2007, 29(11): 687-690.
- [4] 牛朝诗,李冬雪. 神经导航在现代神经外科手术中的应用现状及展望[J]. 中华神经医学杂志, 2017, 16(12): 1189-1194.
- [5] AYDOSELI A, AKCAKAYA MO, ARAS Y, et al. Neuronavigation-assisted percutaneous balloon compression for the treatment of trigeminal neuralgia: the technique and short-term clinical results[J]. Br J Neurosurg, 2015, 29(4): 552-558.
- [6] 谭海珠,杨棉华,陈丹芸,等. 虚拟现实技术在医学中的发展与应用[J]. 医学教育探索, 2005, 4(6): 410-412.
- [7] 张冬芹,阿地力·莫明,王玲,等. 虚拟现实技术在医学手术中的应用[J]. 机械设计与制造, 2011(11): 62-64.
- [8] 李可心,刘尚辉. 虚拟现实技术在医学领域的研究进展[J]. 电子世界, 2016(12): 66, 68.
- [9] 杨松,何裕超,杨远维,等. Sina软件在颅内幕上病变手术中的定位与神经导航定位对比研究[J]. 中国微侵袭神经外科杂志, 2018, 23(10): 452-454.
- [10] 郭宇,马翔宇,张学海,等. 手机Sina程序进行幕上病变辅助定位的初步探讨[J]. 山东大学学报(医学版), 2017, 55(8): 99-103.
- [11] 周开甲,张鸣,刘伯伟,等. 利用手机POCO相机双重曝光技术无创、快速定位颅内病变、血管及功能区的临床研究[J]. 现代肿瘤医学, 2020, 28(7): 1116-1120.
- [12] 邱俊,束旭俊,易勇,等. 手机AR软件对颅内病变可视化定位的临床应用[J]. 中国微侵袭神经外科杂志, 2020, 25(3): 115-118.

责任编辑:王荣兵