

应用二维图片模型的增强现实技术辅助 路径规划引流术治疗脑出血

高海晓 张卫民 张兰 库洪彬 张向辉 周西广 薛振生 贾云飞

【摘要】 目的 评估应用二维图片模型的增强现实技术(Augmented reality, AR)辅助路径规划引流术在脑出血治疗中的应用价值。**方法** 回顾性分析本院自 2020 年 3 月 - 2023 年 3 月本院脑出血(出血量 20 ~ 50 mL)引流手术治疗的患者的病例资料 148 例,其中研究组 72 例应用二维图片模型的 AR 技术辅助路径规划血肿引流手术;对照组 76 例应用立体定向仪辅助路径规划血肿引流术;比较 2 组患者路径规划时间、血肿清除率、带引流管时间、治疗有效率、预后良好率的差异;评价应用二维图片模型的 AR 技术辅助路径规划引流术在脑出血治疗中的应用价值。**结果** 研究组路径规划时间和对照组比较有明显差异($P < 0.05$);2 组血肿清除率、带引流管时间、治疗有效率、预后良好率等比较均无明显差异($P > 0.05$)。**结论** 应用二维图片模型的 AR 技术辅助脑出血引流术路径规划的方法,简便快捷,效果良好。

【关键词】 二维图片模型 增强现实 路径规划 脑出血 引流术

【中图分类号】 R743.34 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1007-0478(2024)01-0077-04

【DOI】 10.3969/j.issn.1007-0478.2024.01.013

脑出血是一种病残率和病死率较高的中老年人常见的疾病^[1]。随着微创神经外科技术和理念的不断进步,目前国内指南对于最为常见中小量脑出血推荐应用以引流术为代表的微创术式治疗^[2],但是由于引流手术无法实施影像与现实实时交互修正手术路径,因此只有术前精准的规划手术路径并确保术中严格按规划实施才能确保手术顺利完成^[3]。为了给广大基层神经外科医师提供一种简便快捷的脑出血引流术前手术路径规划工具,本研究对应用二维图片模型的增强现实(Augmented reality AR)技术辅助脑出血引流术前手术路径规划的方法进行了探讨,发现此方法简便快捷,在无需专业软件和医疗装备的条件下完成路径规划,且效果良好,推广应用后对于提升基层医院脑出血手术治疗水平有较大助益。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取 2020 年 3 月 - 2023 年 3 月本院收治的 148 例符合入组条件的患者进行病例资料回顾性分析,其中应用 AR 技术辅助路径规划血肿引流术的

72 例患者纳入研究组,应用立体定向仪辅助路径规划的 76 例患者纳入对照组。

纳入标准:(1)脑出血原因确定为高血压病的患者;(2)颅内出血量 20~50 mL,原发部位位于脑实质内小脑幕上;(3)术前颅脑电子计算机断层扫描血管成像(Computed tomography angiography, CTA)检查未出现“点样征”,评估引流术后再出血为低风险^[4];(4)患者根据知情同意行 AR 辅助或立体定向仪辅助血肿引流手术。排除标准:(1)1 个以上脏器功能衰竭,经评估不能因手术获益;(2)CTA 检查提示出血原因为脑血管畸形或颅内动脉瘤;(3)脑梗死后出血、抗凝治疗后出血、肿瘤卒中;(4)凝血功能严重异常,存在手术禁忌症;(5)既往有遗留后遗症的脑卒中史,影响本次治疗后神经功能恢复评估。

本研究的方法符合 2013 年修订的《赫尔辛基宣言》要求,并已通过医院伦理委员审核。

1.2 方法

研究组患者给予应用二维图片模型的 AR 技术辅助路径规划脑内血肿引流术。术前先在患者颅脑电子计算机断层扫描(Computed tomography, CT)片上选择血肿面积最大的轴位像层面,测量此层面距离扫描基线的高度 z ,以血肿中心为预设靶点,测量靶点至中线距离 x ,过靶点作与中线平行线 A ,测量额骨内板与 A 线交点至靶点的距离 y ,测量预设穿刺点至靶点的深度 a (图 1),至此穿刺点、穿刺深

基金项目:邢台市重点研发计划自筹项目(编号为 2022ZC205)

作者单位:054000 河北省邢台市第三医院神经外科[高海晓

张卫民 张兰 库洪彬(通信作者) 张向辉 周西广 薛振生];

邢台医学高等专科学校第一附属医院神经外科(贾云飞)

度、穿刺方向等路径规划参数均已确定;在通过靶点的矢状位层面上距离扫描基线高度 z 作扫描基线的平行线 A 线,并在 A 线上自 A 线与额骨内板交点处向后测量 y ,标记此点,此点即为靶点在矢状位层面的投影;在智能手机上调出双重曝光模式,拍摄此图片作为二维图片模型(图 1);患者仰卧位,在额顶枕部皮肤标记中线,并在血肿侧距离中线 x 标记与中线的平行线(图 1),此线即为通过预设靶点的矢状位影像在头颅表面的投影线;调整患者头部为侧位,出血侧朝上,保持中线与床面平行,俯拍手机支架固定手机,在手机双重曝光模式下调用第 1 次曝光拍摄的图片,此时手机显示屏上将同时出现调用的 CT 图片及患者的真实头颅侧位影像,在手机监视下将两者相叠加,调整手机与患者头部距离及角度,直至手机屏幕上调用的 CT 图片中头皮轮廓线

与患者实际头颅标记的矢状位层面投影线完全重合后即完成图像注册,在手机监视下在患者头皮上用钢尺标记 A 线在体表的投影线,并标记靶点在头皮上的投影位置,此点即为穿刺点(图 1);在穿刺点应用带硬芯引流管以垂直过靶点的矢状位层面方向(即平行于 A 线的体表投影线且垂直于中线)进行穿刺,按术前测定的 a 深度将引流管置入靶点(图 1),抽吸血肿,完成引流手术。

对照组在立体定向仪辅助路径规划下行血肿引流术。术中先将立体定向仪头架应用头架螺钉固定于颅骨外板,并在头架上安装测量板,然后将患者送至 CT 室,进行 CT 扫描,在轴位像上以血肿最大层面的中心为穿刺靶点,测量血肿相对于头架的空间坐标;患者返回手术室,按测量坐标设定定向仪适配器参数,调整适配器头弓角度,将穿刺点标定于额

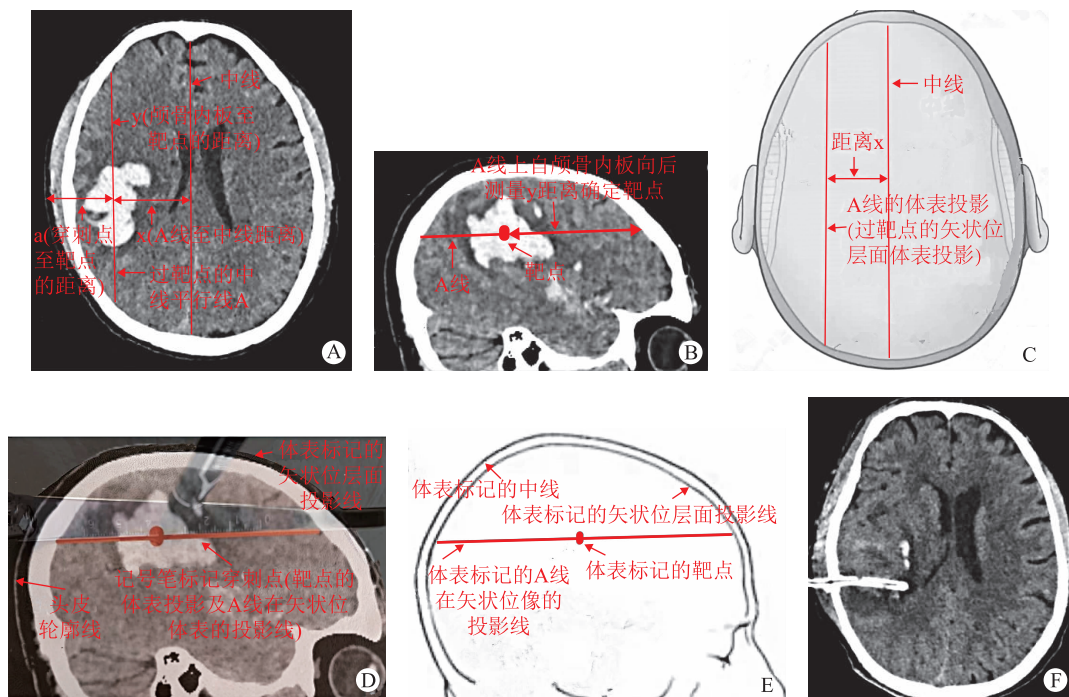


图 1 应用二维图片模型的 AR 技术辅助颅内血肿引流术穿刺路径规划 A 为在患者颅脑 CT 片上选择血肿面积最大的轴位像层面,测量此层面距离扫描基线的高度 z ,以血肿中心为预设靶点,测量靶点至中线距离 x ,过靶点作与中线平行线 A,测量额骨内板与 A 线交点至靶点的距离 y ,测量预设穿刺点至靶点的深度 a ;B 为在通过靶点的矢状位层面上距离扫描基线高度 z 作扫描基线的平行线 A 线,并在 A 线上自 A 线与额骨内板交点处向后测量 y ,标记此点,此点即为靶点在矢状位层面的投影;在智能手机上调出双重曝光模式,拍摄此图片作为二维图片模型;C 为患者仰卧位,在额顶枕部皮肤标记中线,并在血肿侧距离中线 x 标记与中线的平行线;D 为调整患者头部为侧位,出血侧朝上,保持中线与床面平行,在手机双重曝光模式下调用第 1 次曝光拍摄的图片,此时手机显示屏上将同时出现调用的 CT 图片及患者的真实头颅侧位影像,在手机监视下将两者相叠加,调整手机与患者头部距离及角度,直至手机屏幕上调用的 CT 图片中头皮轮廓线与患者实际头颅标记的矢状位层面投影线完全重合后即完成图像注册,在手机监视下在患者头皮上用钢尺标记 A 线在体表的投影线,并标记靶点在头皮上的投影位置,此点即为穿刺点;E 为在穿刺点应用带硬芯引流管以垂直过靶点的矢状位层面方向(即平行于 A 线的体表投影线且垂直于中线)进行穿刺,按术前测定的 a 深度将引流管置入靶点,抽吸血肿,完成手术;F 为术后复查的轴位 CT 像,可见血肿清除彻底

部,局麻后钻孔,将引流管送至靶点,抽吸血肿,完成引流手术。

2 组患者术后根据情况必要时给予尿激酶血肿腔注入,促进残余血凝块溶解引流,并根据情况拔除头部引流管。拔除引流管指征:(1)颅内残余血量<15 ml^[5];(2)术后带引流管时间已满 72 h^[6]。

1.3 观察与评价

路径规划时间的界定:研究组路径规划时间为颅脑 CT 扫描时间(因为颅脑 CT 扫描为路径规划获取数据的步骤之一)加上应用 AR 技术完成路径规划并在体表确定穿刺点位置的时间;对照组路径规划时间为从安装立体定向仪头架起,加上 CT 扫描获取靶点空间坐标,并通过定向仪适配器设置参数规划路径,并确定头皮穿刺点位置的时间。

血肿清除率的计算:测量拔除引流管前颅脑 CT 片所示的残余血肿量,血肿清除率=[(术前血肿量-残余血肿量)/术前血肿量]×100%。

治疗有效率:术后第 90 d 再次评估巴氏指数(Barthel index, BI)以评价术后生活自理能力恢复情况,与术前比较 BI 增加 20 分以上定义为治疗有效^[7]。

预后良好:术后第 90 d 根据改良 Rankin 量表(Modified Rankin scale, mRS)进行神经功能预后评估, mRS 评分 1~3 分定义为预后良好^[8]。

1.4 统计学处理

采用 SPSS 22.0 统计软件。呈正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用 t 检验;计数资料以例数(百分率)[$n(\%)$]的形式表示,组间比较采用 χ^2 检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

研究组和对照组的基线资料比较均无明显差异($P>0.05$)(表 1)。

表 1 研究组和对照组基线资料比较

项目	研究组 ($n=72$)	观察组 ($n=76$)	t/χ^2	P
性别(男/女, n)	41/31	49/27	0.880	0.348
年龄($\bar{x} \pm s$,岁)	54.3±7.8	55.3±8.1	1.030	0.303
发病至手术时间($\bar{x} \pm s$,h)	32.2±6.6	31.5±5.7	0.037	0.942
平均动脉压($\bar{x} \pm s$,mmHg)	124.5±12.4	123.7±11.3	0.785	0.433
出血量($\bar{x} \pm s$,mL)	34.9±6.7	33.8±5.8	1.507	0.133
格拉斯哥昏迷量表评分($\bar{x} \pm s$,分)	9.1±2.6	8.8±2.3	0.286	0.765

研究组路径规划时间和对照组比较有明显差异

($P<0.05$);研究组和对照组血肿清除率、带引流管时间、治疗有效率、预后良好率等比较均无明显差异($P>0.05$)(表 2)。

表 2 研究组和对照组手术效果比较

项目	研究组 ($n=72$)	对照组 ($n=76$)	t/χ^2	P
路径规划时间($\bar{x} \pm s$,min)	16.6±5.7	43.5±9.6	6.529	<0.000
血肿清除率($\bar{x} \pm s$,%)	82.4±7.4	82.6±7.5	0.388	0.698
带引流管时间($\bar{x} \pm s$,h)	50.5±6.8	51.2±7.3	-0.916	0.845
治疗有效率[$n(\%)$]	46(63.8)	50(65.8)	0.018	0.893
预后良好率[$n(\%)$]	47(65.2)	52(68.4)	0.085	0.771

3 讨 论

在微创神经外科理念和技术不断进步的影响下脑出血治疗的微创化趋势逐渐成为主流,国外诸多研究发现血肿引流术等微创手术较开颅手术有更好的治疗效果^[9-11]。近年来,在医学科学和全息数字影像技术深度融合的浪潮推动下许多神经外科医师将 3D-slicer 软件联合 Sina 软件^[12]、混合现实技术^[13](Mixed reality, MR)等全息数字影像技术应用于脑组织深部病变的微创手术的路径规划中,明显提高了手术的精准度,取得了良好的手术效果^[14]。但是,这些辅助路径规划工具都需要应用专业软件通过一系列复杂流程抓取影像数据并建立 3D 模型,完成虚拟现实(Virtual reality, VR),然后再应用专业投照装备将此模型投照到术野,完成 AR 步骤。例如,近年来许多高级神经外科中心新开展的应用 MR 技术辅助路径规划的流程,首先要应用专业软件多模块运行下抓取患者影像学资料和路径规划的信息并建立 3D 虚拟模型,并使用微软公司的 Hololens 头戴式显示器将 3D 模型投照至术者视网膜上,产出虚拟视觉,与术中真实所见相比对,通过 AR 技术完成手术路径的规划^[15]。这些复杂的软件应用流程和昂贵的医疗装备使全息数字影像技术在术前路径规划中的应用受到了极大限制,广大基层医院缺乏一种便捷准确且无需专业软件和医疗装备的术前手术路径规划的工具。

本研究通过病例资料的回顾性分析发现,基于智能手机相机双重曝光功能的 AR 技术是解决这种难题的新思路。AR 技术是一种将计算机生成的虚拟模型显示到现实物体上,并与现实的物体实时比对交互,以增强对现实物体的认知的全息数字化成像技术^[16]。本研究应用智能手机相机的双重曝光

功能,拍摄已标记好规划路径的头颅矢状位 CT 片,无需抓取数据建立 3D 模型,直接将此二维图片作为模型,通过双重曝光模式与患者真实的头颅侧位注册匹配后叠加比对,将规划好的路径标识在患者真实头颅表面;这种以二维图片模型进行路径规划的方法与其他应用全息数字化成像技术路径规划比较,仅颅脑 CT 平扫即可,对原始影像学数据无特殊要求,省略了建立 3D 模型复杂流程,且无需专业医疗装备进行投照,其应用极其便捷。本研究中研究组路径规划时间明显低于应用立体定向仪的对照组($P<0.05$);2 组手术效果和患者预后无明显差异($P>0.05$)。本研究通过病例资料分析比较证实,这种简化的 AR 技术辅助术前路径规划与目前应用最为广泛成熟的立体定向技术辅助路径规划相比,在无医疗装备和专业软件的支持下操作流程更简单,用时更短,但手术效果一致。这种简便迅速且效果良好的路径规划方法目前国内外未见报道,具有创新性和先进性,广大神经外科医师易于掌握,对提升广大基层医院脑出血手术治疗水平将产生有益的影响。

本研究所应用的技术由于无法在手术过程中进行模型与现实的实时交互,存在着不能实时修正穿刺路径的问题,但是只要术者严格按照术前标记的穿刺路径进行操作,确保实际穿刺路径与术前规划完全吻合,就能够保证手术的精准性;同时由于应用时间、样本例数、观察指标的限制,本研究仍有进一步提升空间。今后通过长期推广应用,扩大样本例数和纳入更多观察指标,以得出更加全面可靠的结论。

参 考 文 献

[1] Zhang Y, Khan S, Liu Y, et al. Oxidative stress following intracerebral hemorrhage: from molecular mechanisms to therapeutic targets[J]. Front Immunol, 2022, 13: 847246.

[2] 中华医学会神经外科学分会, 中国医师协会急诊医师分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组, 等. 高血压性脑出血中国多学科诊治指南[J]. 中华神经外科杂志, 2020, 36(8): 757-770.

[3] 刘金辉, 王忠安, 龚光辉, 等. 超早期与早期微创手术治疗中等

量基底节区高血压性脑出血的疗效比较[J]. 中国微創外科杂志, 2021, 21(2): 117-120.

[4] 库洪彬, 孟志勇, 张卫民, 等. CTA 点征在中等量脑出血超早期手术方式选择中的应用价值分析[J]. 中华神经医学杂志, 2020, 19(7): 689-694.

[5] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国脑出血诊治指南(2019)[J]. 中华神经科杂志, 2019, 52(12): 994-1005.

[6] Jamjoom AAB, Joannides AJ, Poon MTC, et al. Prospective, multicentre study of external ventricular drainage-related infections in the UK and Ireland[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2018, 89(2): 120-126.

[7] MacIsaac RL, Ali M, Taylor-Rowan M, et al. Use of a 3-item short-form version of the barthel index for use in stroke: systematic review and external validation[J]. Stroke, 2017, 48(3): 618-623.

[8] Wufuer A, Wubuli A, Mijiti PEU, et al. Impact of collateral circulation status on favorable outcomes in thrombolysis treatment: a systematic review and meta-analysis[J]. Exp Ther Med, 2018, 15(1): 707-718.

[9] Sun GQ, Fu TK, Liu ZY, et al. The rule of brain hematoma pressure gradient and its influence on hypertensive cerebral hemorrhage operation[J]. Sci Rep, 2021, 11(1): 4599.

[10] Kellner CP, Song R, Ali M, et al. Time to evacuation and functional outcome after minimally invasive endoscopic intracerebral hemorrhage evacuation[J]. Stroke, 2021, 52(9): e536-e539.

[11] Men DH, Huang ZX, Yin YQ, et al. Advantages of small bone-window craniotomy under microscope combined postoperative intracranial pressure monitoring in the treatment of hypertensive intracerebral hemorrhage[J]. J Craniofac Surg, 2021, 32(1): e77-e80.

[12] 伍学斌, 康强, 曾胜田, 等. 3D-Slicer 联合 sina 软件在高血压脑出血神经内镜手术的应用[J]. 中国微侵袭神经外科杂志, 2018, 23(8): 363-365.

[13] Ye W, Zhang X, Li T, et al. Mixed-reality hologram for diagnosis and surgical planning of double outlet of the right ventricle: a pilot study[J]. Clin Radiol, 2021, 76(3): 237. e1-237. e7.

[14] Pojskić M, Bopp M, Saß B, et al. Intraoperative computed tomography-based navigation with augmented reality for lateral approaches to the spine[J]. Brain Sci, 2021, 11(5): 646.

[15] Schoeb DS, Schwarz J, Hein S, et al. Mixed reality for teaching catheter placement to medical students: a randomized single-blinded, prospective trial[J]. BMC Med Educ, 2020, 20(1): 510.

[16] Tagaytayan R, Kelemen A, Sik-Lanyi C. Augmented reality in neurosurgery[J]. Arch Med Sci, 2018, 14(3): 572-578.

(2023-06-19 收稿)