

· 综 述 ·

多模态 MRI、神经导航和超声在脑胶质瘤术中的应用

崔焕喜 综述 柳 琛 审校

【关键词】脑胶质瘤;显微手术;多模态 MRI;神经导航;术中超声  
【文章编号】1009-153X(2016)11-0721-03 【文献标志码】A 【中国图书资料分类号】R 739.41; R 651.1\*1

脑胶质瘤是中枢神经系统最常见的恶性肿瘤,占原发性颅内肿瘤的 50%~60%<sup>[1]</sup>。目前,胶质瘤治疗主要采用手术联合放化疗,以及分子靶向治疗等综合治疗。研究显示,胶质瘤切除得越彻底,术后中位生存期越长<sup>[2]</sup>。传统的脑胶质瘤手术常依据术前 CT、MRI 设计方案,术中依据局部脑组织的隆起或凹陷等形态异常、与周围脑组织对比的颜色异常和触摸瘤周质地的变化等来确定病变的位置和范围。这难以精准定位和全切除胶质瘤,并容易损伤脑功能区(丘脑、中央区等),导致严重并发症(意识障碍、失明、偏瘫等)较多。随着显微神经外科技术和内镜技术的进步,以及神经导航、术中 CT、术中 MRI、术中超声、术中神经电生理监测、术中唤醒技术、荧光显像技术的应用,为精确手术切除脑胶质瘤提供可靠的保障。由于脑胶质瘤呈浸润性生长,使肿瘤与正常脑组织缺乏明确的边界。因此,脑胶质瘤手术过程中,最重要的环节是术前或术中对肿瘤切除范围的准确评估和计划。

1 多模态 MRI、神经导航在脑胶质瘤术中的应用

1.1 神经导航 神经导航通过 CT、MRI 等影像学资料的分析比较,术中准确显示病变相对位置以及与周围组织结构的关系<sup>[3]</sup>,从而达到准确制定手术计划、设计更佳开颅方式,以便更大程度切除病灶、避免损伤主要神经功能及脑组织,提高手术的准确性和安全性。

1.2 多模态 MRI 在脑胶质瘤术中的应用 近年来,随着 MRI 技术的迅猛发展,使得 MRI 具有高性能梯度系统和较好的磁场均匀性,可以完成高分辨率解剖

图像,具有多种参数成像优势,可获得神经血管成像,对软组织分辨率良好,已成为脑胶质瘤术前协助诊断、术中指导定位、术后预后评价的重要检查手段。广义磁共振功能成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)包括血氧水平依赖成像技术(blood oxygen level-dependent imaging, BOLD)、动态敏感性对比增强磁共振灌注成像(dynamic susceptibility contrast-enhanced MR perfusion-weighted imaging, PWI)、弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)、磁共振波谱(magnetic resonance spectroscopy, MRS)和弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)等。多模态 MRI 技术是在常规 MRI 平扫加增强的基础上,对上述几种 fMRI 技术的组合应用。

多模态 MRI 技术结合神经导航已经成为神经外科手术的重要辅助工具之一。PWI 检查瘤周水肿的局部脑血流容积(regional cerebral blood volume, rCBV)增高,提示胶质瘤级别较低。胶质瘤 MRS 表现为 NAA 峰降低, NAA/Cr、NAA/Cho 比值降低, Cho 峰升高, Cho/Cr 比值升高。在常规 MRI 增强区域外组织中, MRS 亦可探测到非正常信号, MRS 精确划定肿瘤边界,从而为制定胶质瘤手术方案的提供参考。功能区胶质瘤常使邻近脑回、脑沟结构受压移位,此时解剖学知识对功能区的定位可靠性较差。功能区胶质瘤手术原则是在最大程度切除胶质瘤的同时,保留患者重要神经功能。在手术前最重要的就是确定功能区胶质瘤病变所在及与周边功能区之间的界限,在最大限度切除胶质瘤的同时,对邻近功能区造成最小限度的损伤。常规头部 MRI 结合 BOLD 检查,能帮助够找到病灶以及病灶与功能区在位置结构上的相互关系。DTI 可以区分脑灰白质,观察白质纤维束的走形状况,判断白质纤维束被肿瘤浸润、推挤、破坏异常表现,使手术能够在保护皮质功能区的同时保护皮层下白质纤维束。MRS、

doi:10.13798/j.issn.1009-153X.2016.11.027  
基金项目:新疆医科大学研究生创新创业启动基金(CXC Y016)  
作者单位:830054 乌鲁木齐,新疆医科大学第一附属医院神经外科  
(崔焕喜、柳 琛)  
通讯作者:柳 琛, E-mail: lchxj1952@163.com

DTI与BOLD结合,通过影像融合和重建,评估功能皮质、白质纤维束与胶质瘤的解剖关系,提供更加全面丰富的解剖信息,帮助制定并优化手术方案<sup>[4]</sup>。这对准确定位病灶,避免损伤正常功能区提供有利的支持。有研究报道在1.5 T MRI的自旋回波序列中进行DTI-MRI扫描,并将所得数据与导航工作站进行整合处理,可清晰显示锥体束,为术中保护正常神经功能提供保驾护航的作用<sup>[5]</sup>。有研究应用BOLD-fMRI术前标记脑肿瘤的语言及运动区,并与神经导航相结合,结果发现肿瘤全切率达69%<sup>[6]</sup>。目前,多模态MRI技术与神经导航的影像融合已经成为脑胶质瘤手术重要的辅助工具之一。

1.3 神经导航在脑胶质瘤术中应用的不足 众所周知,神经导航存在术中脑移位引起的影像漂移以及导航误差。缺点如下<sup>[7]</sup>:①随着术中骨瓣的移除、脱水药物的使用、脑组织受重力及牵拉、脑脊液的流失、病变的切除后脑组织塌陷、过度换气等因素,势必导致脑组织及病灶移位,使术前的影像与术中病灶的实际位置出现偏差,从而影响术中实时准确定位。②神经导航系统连接装置移位或松动也可导致影像移位。③术前扫描过程中患者体位的变动,图像的伪影、窗宽或扫描仪器自身产生系统误差。④神经导航系统成像信息转换欠精确等因素导致的注册误差。⑤神经导航系统存在的机械误差也会影响其精确性。脑移位在脑皮层为4.4~20.0 mm;神经导航在认为达到全切除者,术后复查仍有30%~60%发现残瘤;在导航还有残瘤而行进一步手术切除,有时会发生误伤正常脑组织,术后出现严重并发症<sup>[8]</sup>。神经导航行MRI为术前检查的静态影像,由于术前脱水等药物的应用,且不能够随手术过程进行实时变化,在胶质瘤的切除过程中,胶质瘤及周围结构不断移位,神经导航会因影像漂移产生结构性误差,故神经导航对胶质瘤的切除不能实时定位。正是神经导航存在以上几点不足之处,在实际使用中需要结合其他手段来弥补其不足。解决脑漂移的方法主要是术中CT、术中MRI、术中超声。术中CT适用于表浅、边界清晰的病灶,虽然对脑组织的分辨能力较强,但是辐射会造成较大损伤,且检查耗时较长,临床应用受到限制。术中MRI,如BOLD、fMRI可以显示出脑皮质的功能区,而DTI能够显像脑白质纤维束。这些新技术与神经导航系统结合,术中可显示功能区皮质及锥体束图像,且术中MRI能够很好地解决术中“脑漂移”问题<sup>[9]</sup>。病变范围小、位置深,或病变位于颅底部且边界难以确定时,术中MRI可提供矢状

位、冠状位、轴位影像为术者提供很必要的帮助;而且术中MRI可以判断肿瘤的切除程度,及时修正原手术计划,引导指示病变部位所在,实时的解决术中脑漂移问题。多模态MRI技术与神经导航结合能够进行“脑结构影像与脑功能影像结合定位”,术中实现皮质、脑白质纤维束与病变的空间关系可视化,优化手术方案,选择最理想的手术入路,寻找合理的脑自然间隙,准确定位和切除病灶,实时指导手术的进行<sup>[10]</sup>。但是其也有相应的不足:需要专门配备屏蔽周围磁场的手术室,检查过程中需要暂停手术操作,检查过程耗时较长,造成手术时间的延长,增加感染风险,对手术器械如双极镊、吸引器、监护器械等设备要求较高磁相容材料,增加手术成本<sup>[11]</sup>。

## 2 超声在脑胶质瘤术中的应用

随着超声设备的不断发展,超声能实时显示病变位置、边界、与周围组织关系、肿瘤及邻近血管的血流变化,对病灶的定位、病灶边界的确定、残余肿瘤的监测均有很大的实用价值,弥补了神经导航系统不能实时性定位及脑漂移问题的不足。超声现已被广泛应用到脑胶质瘤术中。优点如下:①可实时精确显示病灶的大小、范围、深度。②指导脑组织入路。根据超声定位,选择离皮质最近、避开功能区皮质和深部重要结构的最佳手术入路,减少脑组织损伤。③术中病灶的深度和方向确定后,通过确定病灶的空间位置,实时显示脑脊液释放、病变的切除后脑组织塌陷等引起脑移位的病灶,具有实时定位及引导动态切除的作用。④能清晰显示肿瘤内部及周边血管血流丰富程度,对术中重要血管的保护提供有力保障<sup>[12]</sup>。⑤超声对术中病灶切除程度进行动态评估,对残留胶质瘤进行定位切除,解决瘤周水肿组织与肿瘤组织在显微镜下难以区别的难题<sup>[13]</sup>。脑胶质瘤常呈侵袭性生长,边界不清晰,常规超声在分辨肿瘤边界,特别是高级别胶质瘤残余肿瘤,会很困难,血凝块、水肿等高回声信号易被误认为肿瘤残留<sup>[14]</sup>。特别是在胶质瘤大部分切除后,判读超声图像相比术前更困难。造成超声伪影的主要原因是胶质瘤切除后瘤腔内液体和周围脑组织对超声信号衰减,可通过专用术中探头置入瘤腔内接近怀疑胶质瘤残留的区域,或是应用新型超声耦合剂来降低这种干扰<sup>[15]</sup>。超声造影可以使胶质瘤组织回声明显增强,并能实时动态的观察微血管的灌注情况。贺焱等<sup>[16]</sup>在术中同时应用常规超声与超声造影对脑胶质瘤切除后术腔有无肿瘤残留进行判断,脑肿瘤切除

后术腔壁内或表面见团状高增强区,或环绕于手术腔表面的带状高增强区,厚度 $\geq 5$  mm判断为术腔或周围有肿瘤残留。但超声存在以下缺点:①超声显示的图像质量较差,判读结果依赖超声医师;②常用的术中图像是二维的;③不能穿透颅骨,开颅后才能使用,无法完成术前定位,对手术计划无辅助意义<sup>[17]</sup>。

综上所述,多模态MRI、神经导航和术中超声具有各自优缺点。随着导航系统及超声技术的快速发展,已经研制出超声神经导航系统,可实时、准确判断肿瘤的边界,提高全切除率<sup>[18]</sup>,并在神经功能保护,降低手术风险及并发症方面发挥积极作用。而三维超声可获得立体的超声影像信息,联合神经导航可更好地纠正脑移位。而在术前引入DTI技术和BOLD-fMRI技术可以帮助判定肿瘤和纤维束、功能区皮层之间的关系,联合神经导航+超声,将立体、多角度的展现肿瘤和功能区、纤维束等重要结构的空間关系,更直观的保护这些结构,避免术后出现严重的并发症<sup>[19]</sup>。再加入术中皮层电刺激技术更有利于保护运动区皮层,减少术后发生永久性功能障碍<sup>[20]</sup>。但目前尚没有某一种单一的技术能够完全替代其他技术。多种技术同时应用、相互补充这是以后神经外科发展的方向<sup>[21]</sup>。

【参考文献】

[1] Ricard D, Idhah A, Ducray F, *et al.* Primary brain tumours in adults [J]. *Lancet*, 2012, 379(9830): 1984–1996.

[2] Sanai N, Polley MY, Berger MS. Insular glioma resection: assessment of patient morbidity, survival, and tumor progression [J]. *J Neurosurg*, 2010, 112(1): 1–9.

[3] Nimsky C, Grummich P, Sorensen AG, *et al.* Visualization of the pyramidal tract in glioma surgery by integrating diffusion tensor imaging in functional neuronavigation [J]. *Neurochirurgie*, 2005, 66(3): 73.

[4] 艾合买提·哈斯木,付强,李绍山,等. 磁共振功能成像技术在脑胶质瘤诊治中的应用[J]. 中华临床医师杂志:电子版,2015(15):123–128.

[5] 郭少琼,陈远洪,罗建彬. 术中超声对脑胶质瘤术后残余肿瘤的观察研究[J]. *J Pract Med*, 2011, (5): 852–854.

[6] 贾文清,林松,郭志祥,等. 术中超声引导切除212例脑胶质瘤[J]. 中华神经外科杂志,2010,26(9):781–783.

[7] 杨凯,窦长武. 神经导航与术中超声在脑胶质瘤手术中的应用[J]. 内蒙古医学杂志,2015,47(5):582–584.

[8] 王忠诚. 神经外科学[M]. 北京:人民卫生出版社,2008. 451.

[9] West JB, Fitzpatrick JM, Toms SA, *et al.* Fiducial point placement and the accuracy of point-based, rigid body registration [J]. *Neurosurgery*, 2001, 48(4): 810–817.

[10] 鲍得俊,牛朝诗,程伟,等. 多模态MRI技术结合神经导航术中超声在枕叶视觉功能区胶质瘤手术中的应用[J]. 中华解剖与临床杂志,2015,(4):310–315.

[11] 杨凯,窦长武. 神经导航与术中辅助手段在颅内病变手术中的应用[J]. 中华神经医学杂志,2015,14(5):538–540.

[12] 张锐,金华,吕中华,等. 胶质瘤手术及辅助技术的进展[J]. 现代肿瘤医学,2014,22(4):937–941.

[13] 李志宏,陈新生,施正生,等. B超引导下等体积切除幕上胶质瘤[J]. 临床医学,2012,32(3):17–19.

[14] Wang YD, Wang Y, Mao Y, *et al.* Intraoperative ultrasound assistance in the resection of small, deep-seated, or ill-defined intracerebral lesions [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2011, 124(20): 3302–3308.

[15] Selbekk T, Jakola AS, Solheim O, *et al.* Ultrasound imaging in neurosurgery: approaches to minimize surgically induced image artefacts for improved resection control [J]. *ACTA Neurochir*, 2013, 155(6): 973–980.

[16] 贺焱,何文,杜丽娟,等. 术中超声造影对提高脑胶质瘤完全切除的临床应用价值[J]. 中华医学超声杂志:电子版,2012,9(1):31–33.

[17] 王嵘,王硕,何文,等. 术中超声结合导航在神经外科手术中的应用[J]. 北京医学,2009,31(6):321–324.

[18] 姜晓峰,牛朝诗,傅先明,等. 术中实时导航+超声在脑深部肿瘤切除术中的应用[J]. 中华神经医学杂志,2010,9(9):922–926.

[19] Erik Magnus B, Sasha G, Ole S, *et al.* Functional magnetic resonance imaging and diffusion tensor tractography incorporated into an intraoperative 3-dimensional ultrasound-based neuronavigation system: impact on therapeutic strategies, extent of resection, and clinical outcome [J]. *Neurosurgery*, 2010, 67(2): 251–264.

[20] Erez N, Akiva K, Tal S, *et al.* Intraoperative mapping and monitoring of the corticospinal tracts with neurophysiological assessment and 3-dimensional ultrasonography-based navigation [J]. *J Neurosurg*, 2011, 114(3): 738–746.

[21] 张锐,金华,吕中华,等. 胶质瘤手术及辅助技术的进展[J]. 现代肿瘤医学,2014,22(4):937–941.

(2016-01-03收稿,2016-07-10修回)