

· 标准与规范 ·

磁共振引导颅脑病变穿刺活检专家共识



扫一扫下载指南全文

中国医药教育协会介入微创治疗专业委员会

国家肿瘤微创治疗产业技术创新战略联盟磁共振介入专业委员会

颅内病变的定性诊断是选择治疗的先决条件,而定性诊断主要依靠病理学诊断,病理学诊断也是最直接、最终的诊断结果。尽管先进的影像学技术对颅内病变的诊断具有很重要的意义,但仍有部分病变因其影像表现不典型,无法通过影像特点做出临床诊断,必须经过活检或手术,方能做出病理学诊断。

颅脑病变的活检意义在于明确病理学诊断,根据活检病理结果选择合理的治疗方案。相关文献报道颅脑病变穿刺活检诊断率 82.1% ~ 99.3%,诊断准确率 80.0% ~ 96.7%^[1-6]。CT 及 MRI 等大型影像设备实现了对病变范围、位置及周围组织关系的可视化,与立体定向设备进行融合,使影像引导下的脑内病变穿刺活检相对精准、安全。近些年,光学导引示踪及实时显示技术的出现及成熟,使立体定向术摆脱了只能利用术前资料和必须使用头部框架的束缚,实现了术中器械的实时显示,更精确、安全地引导穿刺针抵达病灶,提高了穿刺活检的准确性及安全性^[7]。与 CT 比较,磁共振具有更高清晰软组织对比度、血流空腔效应、多参数多序列成像、功能成像、任意平面成像、灵活设计进针入路及无电离辐射等优点,已经成为颅脑病变穿刺活检良好的引导设备。低场强磁共振引导下的介入操作相对较早地应用于临床,近年高场强磁共振介入技术得到迅速的发展,开放式磁共振及闭合式磁共振均可用于颅脑病变穿刺活检术的引导^[8-10]。磁共振引导下脑内病变穿刺活检术具有较高的诊断准确率和较低的并发症,该技术作为一种无电离辐射的引导手段,在脑部病变经皮经颅骨钻孔穿刺活检中发挥着重要的作用。

下列文件对于本共识的应用是必不可少的。凡

DOI:10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2018.47.003

通信作者:李成利,250021 济南,山东大学附属山东省医学影像学研究所磁共振介入科,Email: chenglilichina1966@163.com;肖越勇,100853 北京,解放军总医院放射诊断科,Email: xiaoyueyong@vip.sina.com

是注日期的引用文件,仅所注日期的版本适用于本共识。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本共识。GB 15982-2012 医院消毒卫生标准;GB/T 16886.5-2003 医疗器械生物学评价;WS/T 263-2006 医用磁共振成像(MRI)设备影像质量检测与评价规范;YY/T 0482-2004 医疗诊断用磁共振设备技术要求及试验方法。

一、适应证

1. 病变位于脑主要功能区或危险区,预计开颅手术将导致严重神经功能缺失^[11]。
2. 颅内病灶由于位置、组织学特点、数量等原因而无法做根治性切除^[12]。
3. 脑内侵袭性病变无占位效应或无明显神经功能受累,需明确病因。
4. 位于脑深部如脑干、中线区的小病变,无其他方法可获取病理组织学诊断。
5. 脑内多发性病灶需明确诊断确定治疗方法。
6. 脑肿瘤复发与放射性坏死间,需做出鉴别诊断。
7. 准备接受立体定向放射外科、间质内放疗或对放疗敏感的病变需得到病理学证实。
8. 不能完全切除的侵袭广泛的颅底病变。
9. 对诸如松果体生殖细胞瘤、原发性中枢神经系统淋巴瘤、AIDS 相关脑病、脑深部和功能区炎性肿块,需制定治疗方案。
10. 进行性多发性脑白质病、脉管炎、早老性痴呆(Alzheimer 病)、儿童神经退行性疾病,需得到病理学证实。

11. 患者年龄大、体弱不能耐受全麻的开颅手术,需要确定用其他治疗方法。

12. 颅内炎性病变行细菌培养或药敏试验。

二、禁忌证

1. 安装心脏起搏器等磁共振检查禁忌及意识不清不能配合者。
2. 术前 1 周内血常规检查血红蛋白 $< 70 \text{ g/L}$ 、有严重出血倾向、血小板 $< 50 \times 10^9/\text{L}$ 和不能纠正

的凝血功能障碍者(凝血酶原时间 >18 s, 凝血酶原活度 $<40\%$) 及服用抗凝药物者。

3. 严重恶液质、严重高血压未控制者、心肺功能不全不能耐受本项穿刺操作术者。

4. 术中不能合作者(不能控制的咳嗽、幽闭恐惧症患者)。

5. 急性感染或慢性感染急性期。

6. 考虑颅内血管性病变者。

三、术前准备

1. 常规准备:(1)术前行心电图及实验室检查(血常规、凝血、病毒血清学、血生化、肿瘤标志物等),对于有其他基础疾病患者,应补充相关检查。(2)术前 1 周内禁止使用具有抗凝、抗血小板作用的药物。(3)术前 12 h 禁食,穿刺部位备皮,排空膀胱,去除所携带的金属异物。头颅穿刺备皮要彻底,体位选择要使患者采用尽可能舒服的姿势,并固定好头部,防止钻孔时头部滑动造成损伤。(4)建立静脉通道。(5)术前常规给予甘露醇静脉快速滴注降低颅内压^[8]。(6)患者及家属(受委托人)签署知情同意书,患者心理辅导。

2. 影像学准备:(1)术前 1 周内行颅脑增强 CT 及 MRI 检查,详细了解病灶及其周围结构情况^[13]。(2)穿刺活检术前功能皮质的定位至关重要,必要时可行功能影像学(fMRI)检查(扩散成像、波谱、灌注成像等)或 PET-CT 检查。fMRI 能够帮助确定皮质功能区与病变的关系,从而尽可能地避免穿刺路径通过脑功能活动区。

四、设备与器械

1. 磁共振扫描仪:应用磁共振作为影像引导设备进行介入操作需要特定的设备。推荐使用具有开放式磁体或封闭式短磁体及可移动治疗床,高场磁共振设备是 1.0 T 高场强水平开放式磁共振和 1.5 T 高场强短轴宽口径磁共振。低场强磁共振推荐开放式 C 型磁体扫描仪,方便移动患者检查床进出 5 高斯磁场。介入用磁共振设备应符合 WS/T 263-2006 及 YY/T 0482-2004 的要求。介入用磁共振设备所在环境应符合 GB 15982-2012 的相关规定。

2. 同轴穿刺活检系统:磁共振穿刺针必须是磁兼容性材料制成,是由钛、镍、铬、钼、锰、铝、铁和碳等按比例组成的合金器械(应符合 GB 15982-2012 和 GB/T 16886.5-2003 的相关规定),不同成分制成的穿刺针可影响穿刺针直径伪影的大小。磁共振兼容性穿刺针均为被动显示设计,即穿刺针是通过它本身的磁敏感性伪影来显示和定位的,它表现为一

种线形信号缺失。根据磁共振引导介入手术要求,有各种规格型号。穿刺针、活检枪表面必须标有刻度,指示器械工作长度;从 12 ~ 22 G 直径,50 ~ 200 mm 长度,以适应不同的磁共振引导介入操作;通常选用 17 G 磁共振兼容性钝头半球型穿刺针与 18 G 软组织切割枪,针对小病变,可选用 18 G 磁共振兼容性钝头半球型穿刺针与 20 G 软组织切割枪。

3. 柔性多功能表面线圈或专用颅脑磁共振介入线圈。

4. 心电监护系统:磁共振兼容性心电监护仪。

5. 颅骨钻孔:电动或手动骨钻,颅骨钻头直径 2 ~ 4 mm。

6. 磁共振专用患者转运平床和轮椅。

五、引导方式

1. 光学导航系统辅助磁共振成像引导(optic navigation system assisted MRI guidance):将磁共振兼容的介入器械(穿刺针)固定在持针板上(安装有 2 ~ 4 个固定的发光二极管),介入器械的空间信息通过光学相机追踪其位置与方向并与磁共振图像实时融合,显示穿刺针针尖距离病变的信息;扫描平面可被自动化地定义为以实际针尖位置为中心的标准视图和以沿着或垂直于实际穿刺针方向来定向的斜视图(作为标准或斜侧视图称为在平面 0°,在平面 90°及垂直平面),近乎实时的每 3 ~ 4 秒图像更新,延迟 3 ~ 5 s。在颅骨钻孔后进针导航过程中,连续进行两个交互垂直层面磁共振快速扫描,确定并及时纠正穿刺针的方向与深度;虚拟针的显示使得穿刺在近乎实时导航下进行,不易偏离目标^[8,14-17]。

2. 磁共振透视引导(MR fluoroscopy-guidance):磁共振透视引导通常与自由手技术(free-hand)配合,采用单层快速序列扫描(1 ~ 3 s),能够快速确定头皮进针位点并设计进针路径。颅骨钻孔后进针过程中,磁共振透视引导具有近实时引导与监控的优点,利于提高穿刺的准确性和显著缩短穿刺时间^[18],在颅脑病变穿刺活检中应用更为广泛。

3. 常规磁共振引导(MR-guidance):常规磁共振引导采用鱼肝油矩阵体表定位,应用多层快速序列进行扫描(15 ~ 30 s),在两个交互垂直的平面进行引导,骨钻钻孔后进针过程中采用分步进针法直至穿刺到达颅脑内病变。与磁共振透视引导相比,常规磁共振引导具有高的图像信噪比、空间分辨率、软组织对比度和穿刺针伪影干扰小等优势^[9-10,19]。

六、快速序列选择

与常规磁共振应用的诊断序列不用,磁共振介

入通常都是应用快速成像序列,要求其在成像时间尽可能短的情况下,能够清晰、客观地显示病变及穿刺针,如稳态自由进动序列(steady state free precession, SSFP)、真稳态进动快速成像序列(true FISP)、场回波序列(FE)、快速自旋回波序列(FSE)等序列进行扫描以确定并调整穿刺针到达理想位置;如需磁共振增强扫描,可在注射磁共振对比剂后使用快速梯度回波序列(T_1 FFE)或 T_1 FSE 序列进行成像,以更好地显示脑内病变范围及特点^[20]。

七、操作步骤

1. 患者体位:按照术前影像学及术中预扫描所见,确定体位;进行一组 5~7 层的标准体位和方向扫描,如横轴位、矢状位或冠状位等,明确病变与周围组织的关系,可灵活选择仰卧位、俯卧位或侧卧位,侧卧位时可应用真空垫辅助固定体位。

2. 体表定位:将鱼肝油胶囊矩阵固定于颅脑相应位置,应用横轴位及矢状位或冠状位两个交互垂直的平面进行扫描,以确定进针点、进针角度并测量进针深度,标记笔在相应的鱼肝油胶囊处进行标记。

3. 穿刺活检:将扫描床退出磁体,常规消毒、铺巾,以 1%~2% 的利多卡因逐层麻醉至帽状腱膜(部分特殊患者可行全身麻醉)^[8,21]。间隔 5~10 min,水肿样皮丘吸收后固定头颅,采用外科骨钻钻取适当直径的颅孔(通常直径为 2~4 mm)。若所用外科骨钻是非磁共振兼容性器械,切记钻孔时需将扫描床移出至 5 高斯磁场范围外或使机器处于去磁状态(stand by)。根据磁共振扫描选定拟进行穿刺的靶病变区,标定靶点、确定穿刺角度和深度,多采用分步进针法进行穿刺;初次进针深度至硬脑膜外,行磁共振两个交互垂直方位扫描,如进针方向有偏差,则通过调整使方向正确后进针至颅脑病灶,再行磁共振两个交互垂直方位的扫描确定穿刺针针尖是否位于预定穿刺靶点(推荐采用快速自旋回波 FSE 序列扫描)^[8,16-17]。根据病变大小、病变位置及切割后是否出现脑出血及功能区损伤等情况,选择切割深度、方向及切割次数^[22],尽可能使取材标本量达到病理诊断及分子生物学检测的要求。术毕拔针包扎。

4. 术后处理:穿刺后常规磁共振扫描,以观察颅内有无出血等并发症。组织标本用 4% 的中性甲醛溶液固定并送检。

八、术后处理

患者术后如无明显不适,返回病房后常规给予心电监护,禁食 6 h,并给予脱水药物及止血药物治

疗;如神经系统症状较重时可加用激素治疗,必要时进行抗生素治疗,按照《抗菌药物指导原则(2017 版)》;术后 24 h 内复查颅脑 CT 或 MR,观察有无迟发性颅内出血。

九、并发症的处理及预防

磁共振引导颅脑病变穿刺活检主要并发症包括脑出血、神经功能损伤及癫痫等^[1,5,23-24]。

1. 脑出血:活检过程中要尽量避免出血的发生:(1)避免穿刺针道出血,要操作仔细、轻柔,避开穿刺中可能损伤的血管,进入脑内后使用钝头穿刺针,尽量不使用锐头针。(2)当活检取得病理组织后要注意所取组织的色泽,对富血性瘤组织要仔细止血。若术中出血,保留穿刺针外套管尽量引流血液,避免形成颅内血肿,局部可采用止血剂或止血海绵充填活检区。大部分颅脑穿刺活检引起的少量脑出血(≤ 5 ml)为无症状性脑出血^[25]无需外科治疗,一般在 3~5 d 可自行吸收^[22,26]。为防止术后出血、水肿加重引起脑疝,活检后 24~48 h 内应进行监测,常规行 CT 或 MR 检查,发现大量血肿形成应进行开颅或立体定向清除血肿。

2. 神经功能损伤:多继发于颅脑内病变穿刺活检引起的脑出血及进行性加重的脑水肿^[25],位于重要神经功能区的病变穿刺后出现的病灶周围水肿可引起神经功能损伤^[27]。暂时性神经功能损伤较为多见,少数可有持续性神经功能损伤^[2],持续加重的脑水肿引起的神经功能损伤需外科开颅手术处理。为减少神经功能损伤的发生率,术中应尽量减少穿刺次数。对于存在严重脑水肿的患者,术前给予激素治疗有助于减少术后脑水肿加重的可能性^[28]。

3. 癫痫:脑穿刺活检引起的癫痫发生率非常低,对于既往有癫痫病史的患者,术前给予抗癫痫药物并达到足够血药浓度;存在持续大发作情况时,不宜行颅脑穿刺活检^[28]。术后出现癫痫大发作时需及时给予抗癫痫药物对症处理,如静脉应用丙戊酸钠等药物治疗^[29]。

十、小结

磁共振引导下颅脑穿刺活检是一种微创手术,具有高清晰组织对比度、血管流空效应、多模态成像、灵活设计进入入路及无电离辐射等优点,达到了创伤小、并发症少,安全、可靠、且病检阳性率高,并能够获得足量、优质的组织病理学标本,将会在颅脑病变穿刺活检应用中具有很大的价值和前景。

共识制定参与人员

组长:李成利(山东省医学影像学研究所磁共振介入科);
肖越勇(解放军总医院放射诊断科)

执笔者:何祥萌(山东省医学影像学研究所磁共振介入科);
许玉军(山东省医学影像学研究所磁共振介入科)

成员(按姓氏汉语拼音排序):陈俊强(福建省肿瘤医院肿瘤科)、丁锋(山东省立医院神经外科)、胡效坤(青岛大学附属医院介入科)、黄学全(陆军军医大学西南医院介入科)、焦德超(郑州大学第一附属医院介入科)、焦健(上海爱立峰医疗科技有限公司)、刘冰(吉林省人民医院肿瘤介入科)、鲁东(安徽省立医院介入科)、林海润(福建省肿瘤医院介入科)、李家平(中山大学附属第一医院肿瘤介入科)、李康安(上海市第一医院放射科)、李晓光(北京医院肿瘤微创治疗

科)、刘永波(山西潞安集团总医院放射科)、林征宇(福建医科大学附属第一医院介入科)、宓兵(淄博肿瘤医院放射科)、牛洪欣(山东省医学科学院附属医院肿瘤微创外科)、潘隆盛(解放军总医院神经外科)、邱本胜(中国科技大学医学影像中心)、尚鸣异(上海同济医院介入科)、宋伟(山东省立医院肿瘤微创科)、王徽(吉林省肿瘤医院介入科)、王晴文(山东省医学影像学研究所磁共振介入科)、王伟昱(安徽省立医院介入科)、王忠敏(上海交通大学医学院附属瑞金医院介入科)、熊斌(武汉协和医院介入科)、杨坡(哈尔滨医科大学附属第四医院介入血管外科)、张传臣(聊城市人民医院影像科)、张彦舫(深圳市人民医院介入科)、周志刚(郑州大学第一附属医院放射科)

附录 1: 颅脑病变经皮穿刺活检知情同意书(供参考)

姓名:_____性别:_____年龄:_____科室:_____门诊号:_____住院号:_____

临床诊断:_____活检方式:_____

引导方式:_____麻醉方式:_____

是否存在磁共振检查禁忌:

1. 是否安装心脏起搏器
2. 是否有眶内尤其是眼球内金属异物
3. 是否有电子耳蜗等神经刺激器植入史
4. 是否有体内金属异物
5. 是否体内安装输液泵

主要目的:

1. 明确病理类型,指导治疗方案;
2. 基因检测,指导治疗方案;
3. 其他:_____

患者若拒绝进行经皮穿刺活检操作,可选择替代方案有:_____

潜在风险、可能发生的并发症:

1. 任何手术麻醉都存在风险;
2. 任何所用药物都有可能出现过敏或产生不良反应,轻者可有恶心、皮疹等症状,重者可出现过敏性休克、呼吸心跳骤停,危及生命;
3. 如果患有心脏病、高血压、糖尿病、肾功能不全、静脉血栓等疾病,手术风险可能会加大,或者术中、术后相关疾病加重或心脑血管意外,甚至死亡;
4. 此手术潜在风险、可能发生的并发症包括但不限于:
 - (1)穿刺病灶部位或穿刺路径中血管损伤、脑出血、脑水肿,可能需要开放手术、药物治疗,重者可危及生命;
 - (2)穿刺活检过程中的脑组织、血管损伤,可能引起神经功能损伤及出现相应临床症状,如运动感觉障碍、失语、偏瘫、昏迷、植物生存等;
 - (3)穿刺过程中可能出现癫痫发作,需要药物处理,重者可危及生命;
 - (4)术后可能出现颅内感染及呼吸功能障碍导致的气道不畅、肺部感染;
 - (5)术中、术后出现心脑血管意外、房颤、应激性溃疡、消化道出血;
 - (6)病灶以外如头皮、颅骨、脑膜等损伤;
 - (7)肿瘤沿穿刺部位、针道、脑脊液的种植转移可能;
 - (8)术后病理考虑为恶性时,可能需要免疫组化进一步确诊;
 - (9)术后病理结果可能为假阴性,必要时需再次穿刺活检;
 - (10)因病变部位解剖畸形或其他意外情况导致变更初定术式或致手术无法顺利进行而放弃手术;
 - (11)特殊风险(根据患者病情特点列出):_____;
 - (12)其他无法事先预知的医疗风险及其他罕见的并发症。

患者及其授权亲属声明

1. 我已明确知晓,基于本人疾病状况及临床诊断,有必要实施上述手术以达到对本人疾病进一步诊疗的目的;
2. 在我明确表示接受手术方案之前,医师已将手术的方法、麻醉方式和术中、术后的并发症及其他风险都已经向我做了交代,并解答了我关于此次手术的相关问题,我对医师告知的内容已经清楚并理解,我_____(愿意/不愿意)选择应用上述方法进行穿刺活检,_____(愿意/不愿意)

承担穿刺活检的风险与后果;

3. 除上述情况外,在手术中可能会发生预想不到的情况,在此,我授权医师,在发生预料之外的情况时,及时与家属沟通,如情况紧急无法与家属沟通时,从考虑本人利益角度出发,按照医学常规予以处置。上述问题一旦发生,相信医务人员将全力救治,本人对此有充分的思想准备,并积极配合医生治疗;

4. 我授权医师对手术切除的组织或标本进行处置,包括病理学检查、细胞学检查等以及医疗废物处理;

5. 其他_____。

患者签名:_____ 日期:_____

若患者无法签署知情同意书,请其授权的亲属在此签名:

患者授权亲属签名:_____ 与患者关系:_____ 日期:_____

经治医师签名:_____ 手术医师签名:_____ 日期:_____

参 考 文 献

- [1] McGirt MJ, Woodworth GF, Coon AL, et al. Independent predictors of morbidity after image-guided stereotactic brain biopsy: a risk assessment of 270 cases[J]. J Neurosurg, 2005, 102(5):897-901. DOI:10.3171/jns.2005.102.5.0897.
- [2] Lu Y, Yeung C, Radmanesh A, et al. Comparative effectiveness of frame-based, frameless, and intraoperative magnetic resonance imaging-guided brain biopsy techniques [J]. World Neurosurg, 2015, 83(3):261-268. DOI:10.1016/j.wneu.2014.07.043.
- [3] Paleologos TS, Dorward NL, Wadley JP, et al. Clinical validation of true frameless stereotactic biopsy: analysis of the first 125 consecutive cases[J]. Neurosurgery, 2001, 49(4):830-837.
- [4] Ersahin M, Karaaslan N, Gurbuz MS, et al. The safety and diagnostic value of frame-based and CT-guided stereotactic brain biopsy technique[J]. Turk Neurosurg, 2011, 21(4):582-590. DOI:10.5137/1019-5149.JTN.4656-11.1.
- [5] Owen CM, Linskey ME. Frame-based stereotaxy in a frameless era: current capabilities, relative role, and the positive and negative predictive values of blood through the needle [J]. J Neurooncol, 2009, 93(1):139-149. DOI:10.1007/s11060-009-9871-y.
- [6] Woodworth G, McGirt MJ, Samdani A, et al. Accuracy of frameless and frame-based image-guided stereotactic brain biopsy in the diagnosis of glioma: comparison of biopsy and open resection specimen [J]. Neurol Res, 2005, 27(4):358-362. DOI:10.1179/016164105X40057.
- [7] 梁风范, 李成利. 影像引导下颅内病变穿刺活检的现状与进展[J]. 医学影像学杂志, 2015, 25(1):148-151.
- [8] 李成利, 武乐斌, 宋吉清, 等. 开放性 MRI 引导下颅内病变穿刺病理学活检的应用价值[J]. 中华放射学, 2006, 40(12):1319-1321. DOI:10.3760/j.issn:1005-1201.2006.12.022.
- [9] Hall WA, Martin AJ, Liu H, et al. Brain biopsy using high-field strength interventional magnetic resonance imaging [J]. Neurosurgery, 1999, 44(4):807-813.
- [10] Mohyeldin A, Lonser RR, Elder JB. Real-time magnetic resonance imaging-guided frameless stereotactic brain biopsy: technical note[J]. J Neurosurg, 2016, 124(4):1039-1046. DOI:10.3171/2015.5.JNS1589.
- [11] Kim JE, Kim DG, Paek SH, et al. Stereotactic biopsy for intracranial lesions: reliability and its impact on the planning of treatment[J]. Acta Neurochir, 2003, 145(7):547-54. DOI:10.1007/s00701-003-0048-8.
- [12] 王忠诚. 神经外科学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2008:282-283.
- [13] Krieger MD, Chandrasoma PT, Zee CS, et al. Role of stereotactic biopsy in the diagnosis and management of brain tumors [J]. Semin Surg Oncol, 1998, 14(1):13-25.
- [14] 李成利. 磁共振导引微创诊疗学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2010:147-149.
- [15] Song J, Li C, Wu L, et al. MRI-guided brain tumor cryoablation in a rabbit model[J]. J Magn Reson Imaging, 2009, 29(3):545-551. DOI:10.1002/jmri.21696.
- [16] 丁锋, 曲元明, 李成利, 等. 开放式 MR 引导下颅脑穿刺对脑疾病的诊治价值[J]. 山东医药, 2006, 46(27):71-72. DOI:10.3969/j.issn.1002-266X.2006.27.035.
- [17] 王清河, 戴建平, 王守江, 等. 磁共振导航引导下的无框架立体定向神经外科[J]. 中华神经外科杂志, 2003, 19(5):384-387. DOI:10.3760/j.issn:1001-2346.2003.05.016.
- [18] He X, Liu M, Liu C, et al. Real-time MR-guided brain biopsy using 1.0-T open MRI scanner [J]. Eur Radiol, 2018. DOI:10.1007/s00330-018-5531-y.
- [19] 苗兴路, 杨卫东, 王增光, 等. 高场强术中磁共振在多影像融合立体定向脑活检中的初步应用[J]. 中华神经医学杂志, 2013, 12(11):1146-1149. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-8925.2013.11.014.
- [20] Lü Y, Li C, Liu M, et al. MRI-guided stereotactic aspiration of brain abscesses by use of an optical tracking navigation system [J]. Acta Radiol, 2014, 55(1):121-128. DOI:10.1177/0284185113493272.
- [21] Yu X, Liu Z, Tian Z, et al. Stereotactic biopsy for intracranial space-occupying lesions: clinical analysis of 550 cases [J]. Stereotact Funct Neurosurg, 2000, 75(2-3):103-108. DOI:10.1159/000048390.
- [22] 刘宗惠, 于新, 李士月, 等. 脑深部病变立体定向活检方法的研究[J]. 中华医学杂志, 2002, 82(4):225-228. DOI:10.3760/j.issn:0376-2491.2002.04.004.
- [23] Air EL, Leach JL, Warnick RE, et al. Comparing the risks of frameless stereotactic biopsy in eloquent and noneloquent regions of the brain: a retrospective review of 284 cases [J]. J Neurosurg, 2009, 111(4):820-824. DOI:10.3171/2009.3.JNS081695.
- [24] Khatab S, Spliet W, Woerdeman PA. Frameless image-guided stereotactic brain biopsies: emphasis on diagnostic yield [J]. Acta Neurochir, 2014, 156(8):1441-1450. DOI:10.1007/s00701-014-2145-2.
- [25] Kulkarni AV, Guha A, Lozano A, et al. Incidence of silent hemorrhage and delayed deterioration after stereotactic brain biopsy [J]. J Neurosurg, 1998, 89(1):31-35. DOI:10.3171/jns.1998.89.1.0031.
- [26] Hall WA. The safety and efficacy of stereotactic biopsy for intracranial lesions [J]. Cancer, 1998, 82(9):1749-1755.
- [27] Bernays RL, Kollias SS, Khan N, et al. Histological yield, complications, and technological considerations in 114 consecutive frameless stereotactic biopsy procedures aided by open intraoperative magnetic resonance imaging [J]. J Neurosurg, 2002, 97(2):354-362. DOI:10.3171/jns.2002.97.2.0354.
- [28] Krieger MD, Chandrasoma PT, Zee CS, et al. Role of stereotactic biopsy in the diagnosis and management of brain tumors [J]. Semin Surg Oncol, 1998, 14(1):13-25.
- [29] 卢旺盛, 郑奎红, 邱峰, 等. 磁共振波谱成像引导立体定向颅内病变活检术的临床研究[J]. 中华外科杂志, 2012, 50(10):898-901. DOI:10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2012.10.008.

(收稿日期:2018-07-03)

(本文编辑:刘雪松)