

• 论著 •

3D Bravo 联合 Cube Flair 增强序列在微小脑转移瘤诊断中的临床应用价值^{*}

伍君子 刘帆 邱玲玲 彭锋 龚逢杰^{**}

[湖南省中西医结合医院(湖南省中医药研究院附属医院),湖南 长沙 410006]

[摘要]【目的】探讨3D Bravo联合Cube Flair增强序列在微小脑转移瘤诊断中的临床应用价值。【方法】选择2022年1月至2024年3月本院收治的75例脑转移的肿瘤患者,在1.5T磁共振成像仪上完成颅脑增强FSE T₁WI、3D Bravo、Cube Flair扫描,分别统计三种增强序列及3D Bravo联合Cube Flair序列所检测出的微小脑转移瘤病灶的数目,根据连续2次及以上随访复查的结果来证实诊断结果。【结果】75例患者共发现微小脑转移瘤病灶420个,其中常规FSE T₁WI增强共发现279个转移瘤病灶,检出率66.4%;3D Bravo增强序列共发现339个转移瘤病灶,检出率80.7%;Cube Flair增强序列共发现377个转移瘤病灶,检出率89.8%;3D Bravo联合Cube Flair增强序列共发现402个转移瘤病灶,检出率95.7%。FSE T₁WI、3D Bravo、Cube Flair三种增强序列以及3D Bravo联合Cube Flair增强序列对微小脑转移瘤病灶检出率比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。Cube Flair序列在囊性脑转移瘤的随访诊断中存在假阳性的情况。【结论】3D Bravo联合Cube Flair增强序列能够显著提高微小脑转移瘤病灶的检出率,特别是在脑表浅区微小转移瘤的诊断中具有显著的临床应用价值,可以成为常规FSE T₁WI增强序列的替代序列。

[关键词] 肿瘤转移; 脑肿瘤; 磁共振成像; 诊断

Clinical Application Value of 3D Bravo Combined with Cube Flair Enhanced Sequence in the Diagnosis of Small Cerebral Metastatic Tumors

WU Junzi, LIU Fan, QIU Lingling, et al

[Hunan Provincial Hospital of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine(the Affiliated Hospital of Hunan Academy of Traditional Chinese Medicine), Changsha Hunan 410006]

[Abstract]【Objective】To explore the clinical application value of 3D Bravo combined with Cube Flair enhanced sequence in the diagnosis of small cerebral metastatic tumors.【Methods】Seventy-five tumor patients with cerebral metastases admitted to our hospital from January 2022 to March 2024 were selected. Cranial enhanced FSE T₁WI, 3D Bravo, and Cube Flair scans were performed on a 1.5T magnetic resonance imaging scanner. The number of small cerebral metastatic tumor lesions detected by the three enhanced sequences and the 3D Bravo combined with Cube Flair sequence were counted respectively, and the diagnostic results were confirmed through two or more consecutive follow-up reviews.【Results】A total of 420 small cerebral metastatic tumor lesions were found in 75 patients. Among them, 279 metastatic tumor lesions were found by conventional FSE T₁WI enhancement, with a detection rate of 66.4%; 339 metastatic tumor lesions were found by the 3D Bravo enhanced sequence, with a detection rate of 80.7%; 377 metastatic tumor lesions were found by the Cube Flair enhanced sequence, with a detection rate of 89.8%; and 402 metastatic tumor lesions were found by the 3D Bravo combined with Cube Flair enhanced sequence, with a detection rate of 95.7%. There were statistically significant differences in the detection rates of small cerebral metastatic tumor lesions among the FSE T₁WI, 3D Bravo, Cube Flair enhanced sequences and the 3D Bravo combined with Cube Flair enhanced sequence ($P < 0.05$). The Cube Flair sequence had false-positive cases in the follow-up diagnosis of cystic cerebral metastatic tumors.【Conclusion】The 3D Bravo combined with Cube Flair enhanced sequence can significantly improve the detection rate of small cerebral metastatic tumor lesions, especially in the diagnosis of

* [基金项目] 湖南省卫生健康委科研计划项目(编号202209013799) **通信作者,E-mail:silong0305@163.com

small metastatic tumors in the superficial area of the brain, which has significant clinical application value and can be an alternative sequence to the conventional FSE T₁WI enhanced sequence.

[Key words] Neoplasm Metastasis; Brain Neoplasms; Magnetic Resonance Imaging; Diagnosis

[中图分类号] R739.41 [文献标识码] A [doi:10.3969/j.issn.1671-7171.2025.08.004][文章编号] 1671-7171(2025)08-1307-04

脑转移瘤是颅内最常见的恶性肿瘤,10%~40%的恶性肿瘤患者会发生脑转移,尤其是肺癌、乳腺癌等恶性肿瘤,也是中晚期恶性肿瘤患者致残和致死的主要原因^[1]。MRI是目前诊断脑转移瘤常用影像学检查方法,可直观评估脑转移瘤的总体情况,对原发肿瘤的临床分期、脑转移瘤的主要治疗方案的选择及疗效评价至关重要^[2-3]。肿瘤直径小于5 mm的早期微小脑转移瘤因其体积小、位置隐蔽,常规MRI检查往往难以发现,特别是常规2D FSE增强序列在脑膜转移灶、皮髓质交界区小病灶及颅底病灶的检查中易出现漏诊和误诊的情况。本研究通过比较3D Bravo联合Cube Flair增强序列与常规FSE T₁WI增强序列在微小脑转移瘤检测中的优势,以期为此类患者的临床诊治提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择2022年1月至2024年3月本院收治的75例脑转移的肿瘤患者,其中男46例、女29例,年龄60(33~88)岁。纳入标准:经手术或穿刺活检等病理检查证实均为恶性肿瘤,确诊脑转移患者;经手术或穿刺活检病理检查证实的肿瘤患者,且无明确直接证据证实为脑转移者,但高度怀疑并有以下典型表现,如神经障碍症状、头痛、颅内高压等,以往影像学可疑但无直接证据者;年龄18~90岁;患者及家属知情本研究,签署知情同意书;无MRI相关禁忌证。排除标准:合并严重心、肺功能不全;不能接受长时间检查者;妊娠期或哺乳期女性。所有患者行头颅MRI平扫、FSE T₁WI增强、3D Bravo及Cube Flair增强扫描。

1.2 方法 所有患者均进行MRI检查,在GE Signa 1.5T MRI超导型MRI成像仪上使用8通道头颈联合相控阵线圈行头颅常规平扫及增强扫描。平扫序列:T₂WI(TE=102 ms、TR=4160 ms),T₁FLAIR(TE=24 ms、TR=1750 ms、TI=750 ms),T₂FLAIR(TE=135 ms、TR=8400 ms、TI=2100 ms)。增强扫描:常规的横断位T₁WI(TE=24 ms、TR=1750 ms、TI=750 ms),矢状位3D Bravo(Flip Angle=13°、TI=350 ms、层厚=1.6 mm)及

矢状位Cube Flair(TR=6000 ms、TI=1843 ms、ETL=150、层厚=1.6 mm),其中常规平扫及FSE T₁WI增强扫描的层厚为6 mm,层间隔为1 mm。先行平扫,之后通过MRI专用高压注射器经患者右手手背静脉或肘静脉留置针注入钆喷酸葡胺注射液(北京北陆药业股份有限公司)进行增强扫描,注射速度为2.5 mL/s,剂量为0.1 mmol/kg。

1.3 图像分析 将扫描所得的图像发送至GE AW4.6工作站中,其中3D Bravo及Cube Flair序列图像利用Reformat软件进行多平面重组处理。由两位长期从事影像诊断的副主任医师对扫描所得的原始图像及经多平面重建(MPR)后处理所得的图像进行双盲分析,与常规平扫序列图像进行比较,若在增强序列图像上有强化病灶即确定为转移瘤病灶^[4],筛选并记录直径小于5 mm的微小脑转移瘤病灶,分别统计常规FSE T₁WI、3D Bravo、Cube Flair三种增强扫描序列及3D Bravo联合Cube Flair序列检测出的脑微小强化灶的数目、大小、位置、强化方式及合并脑膜转移情况,对于有争议的可疑病灶进行协商处理,评估病灶为转移瘤的可能性大时纳入研究范围,最终检出的病灶数以连续2次及以上随访复查检出的结果为准。

1.4 统计学分析 采用SPSS 27.0统计学软件进行数据分析,三组增强序列及3D Bravo联合Cube Flair序列增强检查结果采用Cochran Q检验分析,P<0.05为差异有统计学意义。

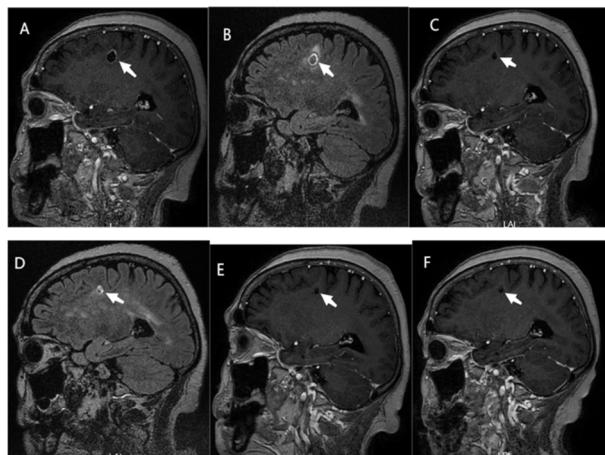
2 结果

2.1 三种增强扫描序列检出率比较 75例疑似脑转移的肿瘤患者经手术或穿刺病理检查证实为肺癌66例、乳腺癌5例、脑胶质瘤2例、肾癌1例、腮腺癌1例。经过连续2次及以上随访复查最终确定为微小转移瘤病灶共420个,三种增强扫描序列对脑表浅区微小转移瘤的检测情况如下:常规FSE T₁WI增强序列共检出279个转移瘤病灶,检出率66.4%;3D Bravo增强序列共检出339个转移瘤病灶,检出率80.7%;Cube Flair增强序列共检出377个转移瘤病灶,检出率89.8%;3D Bravo联合Cube Flair增强序

列共检出402个转移瘤病灶,检出率95.7%。FSE T₁WI、3D Bravo、Cube Flair三种增强序列以及3D Bravo联合Cube Flair增强序列对微小脑转移瘤病灶检出率比较,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。

2.2 三种增强扫描序列漏诊情况 3D Bravo增强序列共漏诊81个病灶:位于中后颅窝、鼻窦旁、脉络膜、静脉窦旁显示不清晰的病灶共有25个;3D Bravo首次扫描无或弱强化、与脑表面血管难鉴别的病灶共56个。常规FSE T₁WI增强检查漏诊141个病灶,主要包括31个脑膜转移病灶及其他110个无强化或弱强化病灶,其中120个病灶直径小于3 mm。本研究31例肿瘤患者合并脑膜转移瘤,其中23例患者Cube Flair序列出现脑膜高信号强化,FSE T₁WI序列及3D Bravo增强序列首次检查无明显强化。

2.3 3D Bravo增强序列与Cube Flair增强序列在囊性脑转移瘤检测差异 囊性脑转移瘤在3D Bravo序列多次随访均未显示明显强化,且逐渐缩小,而T₂Cube Flair序列病灶边缘呈现环形样可疑强化,见图1。



图A、B分别为2023年12月的3D Bravo、Cube Flair增强序列图像,均显示右侧大脑半球一边缘明显强化的囊性转移瘤;图C、D分别为2024年1月上述同一病灶的3D Bravo、Cube Flair增强序列图像,3D Bravo增强序列显示为右侧大脑半球无强化囊性灶,而Cube Flair增强序列表现为可疑薄壁样强化特征;图E、F分别为上述病灶2024年2月及2024年4月的3D Bravo增强序列图像,显示右侧大脑半球囊性灶无强化并较以前稍缩小。

图1 70岁女性小细胞肺癌合并脑转移患者的磁共振影像学图像

3 讨论

脑转移瘤是颅内常见的恶性肿瘤,肿瘤栓子一般通过血行途径转移至颅内,大脑中动脉与后动脉皮髓质交界区血运丰富,是转移瘤常见的存在区

域^[5]。转移瘤的病理结构及类型与原发肿瘤类似,通常表现为实性或囊性,在MRI上通常表现为T₁、T₂长信号,脑转移瘤周围通常会伴有水肿带,而且水肿的范围与转移瘤病灶的大小不成比例,但直径小于5 mm的病灶周围往往没有或者仅有范围很小的水肿带。本研究最终确诊的420个直径小于5 mm的微小转移瘤病灶中仅有74个病灶周围有水肿带,而这些病灶在平扫序列中很难被发现。因此,在脑转移瘤的检查中通常需要进行MRI增强检查。在MRI增强检查中,脑转移瘤病灶通常可以表现为结节样、环形或混合型强化。本研究患者的420个直径小于5 mm的微小病灶有104个病灶呈结节样强化,144个病灶呈环形,另外172个病灶呈不均匀混合型强化,病灶周围的水肿带一般不强化。31例合并脑膜转移瘤的肿瘤患者有23个病灶呈结节样或线状强化。

头颅常规平扫及2D FSE T₁WI增强序列仍是目前基层医院诊断中枢神经系统疾病的最常规的检查方法。但2D FSE T₁WI增强序列不易发现直径小于5 mm的微小脑转移瘤病灶,并且容易受脑脊液及血管搏动伪影的影响,对于脑表浅区及后颅窝等部位病灶显示不佳^[6]。增强3D Bravo及Cube Flair序列均具有薄层、无间隔的各向同性容积扫描优势,有较高的空间分辨率,同时又能在1.5T MRI设备上进行成像,被广泛用于颅内肿瘤、脑膜脑炎、脱髓鞘病变等中枢神经系统疾病的检查中^[7-10]。3D Bravo序列是T₁WI Flair的三维容积扫描序列,具有快速扰相梯度回波的特点,其采用薄层厚、无间隔的容积扫描,图像的信噪比及空间分辨率均较高,缩短了扫描时间,扫描完成后所得图像可以进行任意方位的MPR重建,从而有利于检出微小病灶^[11]。本研究增强3D Bravo序列共发现微小脑转移瘤病灶339个,比常规FSE T₁WI增强序列多发现60个病灶,病灶检出率更高。但大脑皮层及脉络膜丛血管断面的点状或线状强化、低对比度强化仍是造成脑表浅区小转移瘤及脑膜转移瘤漏诊、误诊的主要原因,故本组病例中仍有81个病灶未被3D Bravo序列检出。Cube Flair序列使用较长的回波时间及重复时间,增强扫描时因正常的大脑表面的血管因流空效应而呈低信号^[12],同时可以抑制脑脊液的高信号,因此强化的转移瘤在暗色背景下显示会更加清晰,有利于鉴别脑皮质、皮髓交界区和脑沟裂旁类血管断面小病灶及脑膜等脑表浅区转移瘤病灶。本

研究 Cube Flair 增强序列共检出 377 个微小脑转移瘤病灶,是三种序列中检出率最高的一种,该增强序列能更早发现脑膜等脑表浅区微小转移瘤病灶,尤其是在鼻窦旁、中后颅窝、脉络膜及皮质血管旁的小病灶检查中具有明显优势,这与包雪平等^[13]研究结果基本一致。而脑实质区多发缺血梗死灶与小转移瘤灶重叠时,病灶可受体积小、与正常脑白质对比度强化程度弱、邻近较大病灶水肿掩盖等因素影响,而干扰 Cube Flair 序列的诊断^[14-15]。本研究结果显示,3D Bravo 增强序列联合 Cube Flair 增强序列在脑表浅区微小脑转移瘤的检查中具有显著优势。当增强 3D Bravo 与 Cube Flair 序列联合应用时,可显著提高微小转移瘤的检出率,尤其是对于那些位于脑表浅区且体积较小的病灶,其中漏诊的 18 个病灶主要是初次扫描未出现强化或强化较低,未被影像医师发现。3D Bravo 序列通过三维容积成像技术,能够更清晰地显示病灶的立体结构和边界,特别是在脑深部白质区,可以避免 Cube Flair 序列因被水肿所掩盖病灶的漏诊或其他腔隙灶引起的过度诊断;而 Cube Flair 序列通过抑制脑脊液信号及脑表面血管的流空效应,可显示脑表浅区的微小病灶。3D Bravo 增强序列与 Cube Flair 增强序列联合应用可相互补充,提高微小脑转移瘤的检出率,对于指导临床治疗方案的选择、评估疗效及监测病情进展具有重要意义。

[参考文献]

- [1] LAMBA N, WEN P Y, AIZER A A. Epidemiology of brain metastases and leptomeningeal disease [J]. *Neuro Oncol*, 2021, 23(9): 1447-1456.
- [2] NIRANJAN A, MONACO E, FLICKINGER J, et al. Guidelines for multiple brain metastases radiosurgery [J]. *Prog Neurol Surg*, 2019, 34: 100-109.
- [3] VOGELBAUM M A, BROWN P D, MESSERSMITH H, et al. Treatment for brain metastases: ASCO-SNO-ASTRO

(上接第 1306 页)

- [9] 温广鑫, 闫磊, 刘卫国, 等. 复方卡比多巴和多巴丝肼的药代动力学和药效学比较研究 [J]. 中国临床药理学杂志, 2024, 40(2): 254-258.
- [10] 郭珍. 多巴丝肼联合左旋多巴治疗帕金森病的效果及对血清炎症因子的影响 [J]. 中国医学创新, 2023, 20(2): 32-36.
- [11] 庄艳华, 宋阳. 普拉克索联合多巴丝肼治疗帕金森病的临床效果及对患者相关评分的影响 [J]. 临床合理用药, 2024, 17(29): 41-44.

Guideline [J]. *J Clin Oncol*, 2022, 40(5): 492-516.

- [4] 余留森, 马小静. CUBET₂FLAIR 序列在脑内微小转移瘤诊断中的应用 [J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2015, 13(5): 491-493.
- [5] TADROS S, RAY-CHAUDHURY A. Pathological Features of Brain Metastases [J]. *Neurosurg Clin N Am*, 2020, 31(4): 549-564.
- [6] 吕秀花, 赵海峰, 董军强, 等. 磁共振 3DBravo 增强扫描序列在脑转移瘤的临床应用价值 [J]. 医学影像学杂志, 2023, 33(12): 2164-2166.
- [7] 龚建中, 乔建兰, 郝艳. 增强 T₂ FLAIR 与增强 T₁ WI 在颅内肿瘤性病变中的对照研究 [J]. 中国医学计算机成像杂志, 2019, 25(6): 503-508.
- [8] 颜兵, 王玉群, 周爱平, 等. 增强 T₂ FLAIR 序列在神经系统病变中的应用价值 [J]. 影像研究与医学应用, 2019, 3(22): 218-219.
- [9] 郑广平, 王立非, 云永兴, 等. T₂ FLAIR 增强和 T₁ WI-3D-TFE 增强序列对结核性脑膜炎诊断的对比研究 [J]. 磁共振成像, 2019, 10(12): 895-898.
- [10] KURODA R, NAKAGAWA H, UCHIDA Y, et al. Immune-related aseptic meningitis diagnosed by Cube FLAIR on enhanced magnetic resonance imaging for a lung cancer patient administered atezolizumab: a case report [J]. *Respirol Case Rep*, 2023, 11(2): e01076.
- [11] 龚逢杰, 杨立, 田娟, 等. 磁共振 3D Bravo 序列在肺癌脑转移瘤诊断中的临床价值 [J]. 医学临床研究, 2016, 33(11): 2193-2195.
- [12] 王丽, 韦敏, 贺雪平, 等. 肺癌靶向治疗后脑膜转移的 3D FLAIR 增强扫描研究 [J]. 临床放射学杂志, 2024, 43(3): 326-331.
- [13] 包雪平, 曹亮, 葛涌钱. 磁共振 Bravo 序列与 Cube Flair 序列对肺癌脑转移患者的的应用比较 [J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2015, 13(2): 1-3.
- [14] 李丽红, 朱华勇, 李欣, 等. 磁共振增强 CUBET₁WI 序列检出肺癌脑转移微小病灶效能的研究 [J]. 浙江医学, 2021, 43(19): 2104-2108.
- [15] 杨侃荣, 林焕杰, 李树强, 等. CUBE T₂FLAIR 与 3D BRAVO 序列在脑转移瘤中的应用 [J]. 现代医用影像学, 2021, 30(8): 1395-1398.

(本文编辑:张兴珍) [收稿日期] 2025-01-16

- [12] 吴晓燕, 陈遥, 陈晓仪, 等. 恩他卡朋联合卡比多巴治疗帕金森病的临床效果 [J]. 临床合理用药, 2024, 17(15): 12-15.
- [13] 关晶, 童欣, 张怡, 等. 沙格雷酯和卡比多巴联合用药对顺铂诱导小鼠急性肾损伤的保护作用 [J]. 中国药理学与毒理学杂志, 2021, 35(4): 275-282.
- [14] 郭辉, 寻明金, 冯中, 等. 卡比多巴左旋多巴缓释片的研制及药效学评价 [J]. 中国医药工业杂志, 2022, 53(6): 862-867.

(本文编辑:王沪湘) [收稿日期] 2025-05-07