

论 著

## 磁敏感加权成像联合磁化传递对比技术对出血性脑转移瘤的诊断价值\*

叶华景<sup>\*</sup> 胡海菁 谭树生

梁德志 董志兴

华南理工大学附属第六医院(佛山市南海区人民医院)放射科(广东佛山528200)

**【摘要】目的** 探讨磁敏感加权成像联合磁化传递对比技术对出血性脑转移瘤的诊断价值。**方法** 对48例患脑转移瘤的病人行常规MRI平扫后,再行SWI、CE-T1WI及增强MTC检查,并分别记录三组不同序列发现转移瘤的部位及数目,6个月内随诊复查证实。**结果** 共检出156个脑转移瘤病灶,其中SWI检出119个,检出率为76%,CE-T1WI检出134个,检出率86%,MTC检出148个,检出率95%,三种不同序列对脑转移瘤检出率有统计学差异( $P<0.001$ )。各序列两两之间进行相互比较,均有统计学差异。将SWI与MTC检出的转移灶联合统计,共发现153个病灶,检出率98%,与CE-T1WI比较,有统计学差异( $P<0.001$ )。**结论** 在脑转移瘤检出率方面,CE-T1WI强于SWI,但不如增强MTC。SWI对脑转移瘤内部出血的显示有优势,MTC对微小脑转移瘤的敏感性更高,SWI联合MTC使用能提高出血性脑转移瘤的检出率,可作为MRI检查常规序列的有效补充。

**【关键词】** 脑转移瘤, 瘤内出血; 磁共振成像; 磁化传递对比; 磁敏感加权成像

**【中图分类号】** R445.2

**【文献标识码】** A

**【基金项目】** 佛山市卫生健康局医学科研项目(20220063)

**DOI:**10.3969/j.issn.1672-5131.2025.03.005

# Diagnostic Value of Susceptibility Weighted Imaging Combined with Magnetic Transfer Contrast in Hemorrhagic Brain Metastases\*

YE Hua-jing<sup>\*</sup>, HU Hai-jing, TAN Shu-sheng, LIANG De-zhi, DONG Zhi-xing.

Department of Radiology, The Sixth Affiliated Hospital, South China University of Technology(Foshan Nan-hai People's Hospital), Foshan 521000, Guangdong Province, China

### ABSTRACT

**Objective** To explore the diagnostic value of magnetic susceptibility weighted (SWI) imaging combined with magnetic transfer technique (MTC) of hemorrhagic brain metastases. **Methods** 48 patients with brain metastases underwent conventional MRI scan, SWI, CE-T1WI and enhanced MTC, and the site and number of metastases found in three different sequences were recorded, which was confirmed by follow-up review within 6 months. **Results** Total of 156 brain metastases were detected, which 119 were detected by SWI, with the detection rate of 76%, 134 were detected by CE-T1WI, 86%, 148 were detected by MTC, and the detection rate of 95%. The detection rate of three different sequences was significantly different ( $P<0.001$ ). The pairs of sequences were compared with each other. Using the combined statistics of metastases detected by SWI and MTC, 153 lesions were found, and with the detection rate of 98%, as compared with CE-T1WI ( $P<0.001$ ). **Conclusion** In terms of brain metastases detection rate, CE-T1WI was better than SWI, but inferior to enhanced MTC. SWI has an advantage for the display of intratumoral hemorrhage in brain metastases, and MTC has a higher sensitivity to small brain metastases, SWI combined with MTC can improve the detection rate of hemorrhagic brain metastases, and can be used as an effective supplement to the routine sequence of MRI examination.

**Keywords:** Brain Metastases; Intratumoral Hemorrhage; Magnetic Resonance Imaging; Magnetization Transfer Contrast; Magnetic Susceptibility Weighted Imaging

脑转移瘤是颅内常见的继发性肿瘤,约占颅内肿瘤的50%,常见的原发肿瘤多是肺癌、乳腺癌及黑色素瘤<sup>[1]</sup>,这三种病理类型的脑转移瘤发生出血性脑卒中中的概率比其他类型脑转移瘤高<sup>[2]</sup>。磁共振增强T1WI(CE-T1WI)对检出脑转移瘤比较敏感,已成为常规的检查方法,但是部分以出血为首表现,影像表现无明显肿块及占位征象的脑转移瘤,由于出血在增强T1WI表现为高信号,不能很好地区分出血灶及肿瘤实质<sup>[3]</sup>。磁敏感加权成像(SWI)是利用不同组织间的磁敏感差异而产生的成像技术,能敏感的显示顺磁性物质,对病灶内的微出血,微血管等细微结构的显示非常敏感,在出血性脑转移瘤的检测中有较高的敏感性。在贴近颅骨处、鼻窦旁及气/骨交界区会产生磁化伪影,从而影响这些区域脑转移瘤的检出,存在一定局限性。磁化传递对比技术(MTC)能提高病变组织与正常组织的对比度,提高增强T1WI扫描强化较弱的病灶及微小病灶的检出能力。对于SWI成像会产生磁化伪影的区域,MTC也能很好地显示该区域的病变,对SWI有重要的补充作用。本研究探讨了增强T1WI、SWI及增强MTC成像对出血性脑转移瘤的诊断价值,为部分脑转移瘤患者制定个性化的扫描方案提供参考。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 收集2022年1月至2023年6月在华南理工大学附属第六医院确诊原发性肿瘤病例48例。

**纳入标准:** 穿刺或手术病理确诊为恶性肿瘤,均在我院行磁共振检查,图像符合诊断要求,且两次检查时间不超过6个月,磁共振检查前未行放疗或化疗。排除标准: 有颅脑手术及既往脑出血病史; 严重运动伪影或图像不全不符合诊断要求者; 未发现原发肿瘤,仅MRI检查考虑脑转移瘤。

**1.2 检查方法** 采用Philips Ingenia 3.0T磁共振成像系统,16通道相控阵头颈线圈。所有患者均为仰卧位扫描,扫描序列包括常规颅脑平扫、增强T1WI、SWI和增强MTC。常规序列使用SE或TSE扫描,包括轴位T1WI、T2WI、FLAIR、DWI、矢状位T2WI,轴位、矢状位和冠状位T1WI增强扫描。扫描参数: T1WI(TR/TE 2180/9ms)、T2WI(TR/TE 6000/90ms)、层厚5mm、层间距1.0mm、FOV 23cm×23cm,矩阵512×512。T1WI增强扫描(TR/TE 568/2.5ms),层厚5mm、层间距1.0mm,FOV 23cm×23cm,矩阵512×512。SWI(TR/TE 27/20ms),层厚1.5mm,层间距1.0mm, MTC(TR/TE 380/2.5ms),层厚5mm、层间距1.0mm。增强对比剂为钆喷酸葡胺,剂量为0.1mmol/kg,注射流速为2mL/s,所有病例行常规平扫和SWI后,经静脉注入对比剂,再依次进行增强T1WI和增强MTC扫描。

**1.3 观察指标与测量标准** 由两位放射医学副主任医师分别独立阅片,首先阅读CE-T1WI序列,再阅读SWI及增强MTC序列,分别记录各序列上发现的转移瘤病灶的部位、数目,意见不同时互相讨论达成一致。每组病例均在首次检查的6个月内复查,转移瘤的数目由前后两次检查的各个序列综合分析所得的总和。对于SWI序列上发现的明显低

**【第一作者】** 叶华景,男,主治医师,主要研究方向:神经影像诊断。E-mail: owenye\_2005@163.com

**【通讯作者】** 叶华景

信号病灶，而在CE-T1WI及MTC序列未见明显强化者，综合复查结果判定其是否为转移瘤。

**1.4 统计学方法** 所有数据使用SPSS 25软件进行统计，SWI、CE-T1WI和MTC三组间检出的转移瘤总数进行卡方检验，SWI与MTC两者联合应用检出的转移瘤与CE-T1WI检出的转移瘤总数进行卡方检验，进行相互比较。当 $P < 0.05$ 时，有统计学意义。

## 2 结果

48例患者中，男性28例，女性20例，年龄35-83岁，中位年龄63岁。共检出156个脑转移瘤病灶，其中SWI检出119个，检出率为76%，CE-T1WI检出134个，检出率86%，MTC检出

148个，检出率95%，三种不同序列对脑转移瘤检出率有统计学差异( $\chi^2=21.983$ ;  $P < 0.001$ )。各序列两两之间进行相互比较，SWI与CE-T1WI( $\chi^2=4.703$ ;  $P=0.03$ )，SWI与MTC( $\chi^2=21.839$ ;  $P < 0.001$ )，CE-T1WI与MTC( $\chi^2=7.228$ ;  $P=0.007$ )，均有统计学差异。将SWI与MTC序列检出的转移灶联合统计，共发现153个病灶，检出率98%，与CE-T1WI比较，有统计学差异，( $\chi^2=15.698$ ;  $P < 0.001$ )。见表1和表2。

三组不同序列两两之间进行比较均有统计学差异，但有5个转移瘤在SWI序列能检出，而在首次检查的CE-T1WI及MTC均未能发现强化，其直径均小于3mm，见图1。增强MTC与CE-T1WI对比，有14个转移灶未能在CE-T1WI图像上显示，见图2。

表1 不同序列对脑转移瘤的检出比较

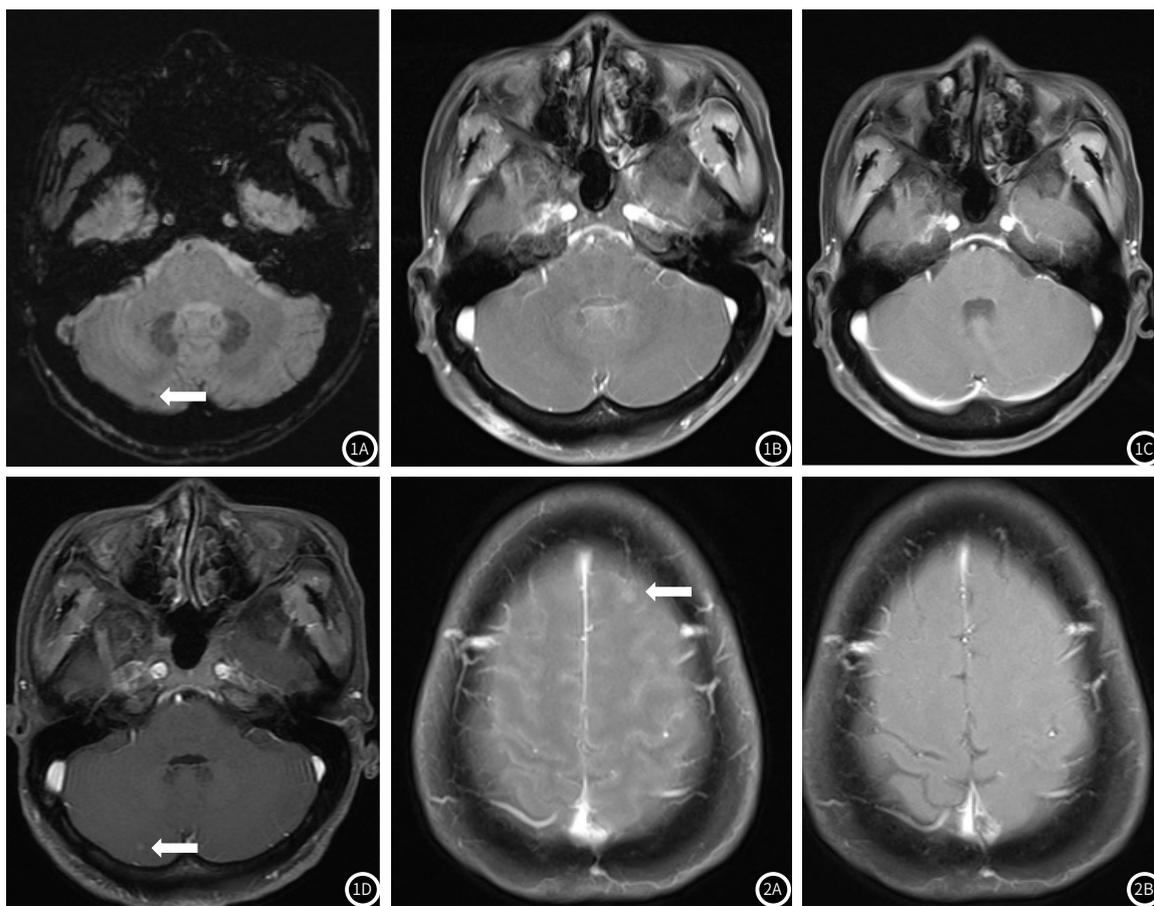
序列	检出(个)	未检出(个)	n	检出率	$\chi^2$	P
SWI	119	37	156	76%	21.983	<0.001
CE-T1WI	134	22	156	86%		
MTC	148	8	156	95%		

注：n:转移瘤总数。

表2 不同序列之间两两对比

序列	$\chi^2$	P
SWI与CE-T1WI	4.703	<0.001
SWI与MTC	21.839	<0.001
CE-T1WI与MTC	7.228	0.007
SWI+MTC与CE-T1WI	15.698	<0.001

注：P<0.05有统计学差异。



**图1A-图1D** 女，35岁，乳腺癌，右侧小脑转移瘤。1A. SWI；1B. MTC；1C. CE-T1WI；1A. 右侧小脑半球见低信号小结节，1B、1C在右侧小脑相应区域未见明确强化灶。1D. 5个月复查CE-T1WI图像，右侧小脑半球见转移灶，较前稍增大(白箭)。

**图2A-图2B** 女，72岁，直肠癌，左侧额叶脑转移瘤。2A. 增强MTC；2B. CE-T1WI；2A. 左侧额叶脑表面可见一强化结节(白箭)，2B. 相应左侧额叶区域未见强化灶。

### 3 讨论

磁敏感加权成像(SWI)是以T2\*加权作为序列基础,利用高分辨率、流动补偿、三维采集(3D)的梯度回波序列进行采集,可同时获得幅度图和相位图<sup>[4]</sup>。SWI在无需注射对比剂的情况下可以对脑静脉清晰显示,对出血(血红蛋白降解的各阶段)或钙化检查也非常敏感<sup>[5]</sup>。脑转移瘤是常见的颅内肿瘤,生长迅速,多破坏血-脑屏障,并生成较多血管壁发育不良的肿瘤血管,而且肿瘤细胞本身的浸润或压迫,使转移瘤容易破裂出血<sup>[6-7]</sup>。脑转移瘤出血较多见,在SWI图像上主要表现为结节状、环状低信号或病灶内斑点状低信号,对于小于2mm的合并出血的转移瘤,SWI的检出率高于CE-T1WI,这主要是因为SWI对微出血检测非常敏感,而且有放大效应;对于大于2mm、瘤内缺血静脉和无合并出血的转移瘤,SWI的检查能力不及CE-T1WI<sup>[8]</sup>。本研究中,SWI对脑转移瘤的检出率低于CE-T1WI,两者有统计学差异,其可能原因是脑转移瘤合并出血的数量不多,SWI未能检出这部分病灶;SWI对无合并出血和(或)瘤内静脉缺少的小病灶显示不如CE-T1WI<sup>[9]</sup>。在贴近颅骨处、鼻窦旁及气/骨交界区的脑组织磁敏感差异较大,会产生磁化伪影,从而导致在磁化伪影较大的区域内的转移灶不能被检出。同时,陈旧性出血灶、钙化等能形成局部磁场不均匀的物质在SWI上均为低信号,需要联合其他序列来进一步鉴别。

磁化传递对比技术(MTC)是一种利用偏振脉冲饱和和大分子池的技术,在真正的成像脉冲来临之前,各组织中的结合水施加磁化饱和脉冲使其达到饱和,当真正的成像脉冲施加时,饱和的结合水把饱和的磁化状态传递给自由水,使其信号衰弱,通过降低正常组织的信号强度来提高病变组织与正常组织的对比度,从而提高常规增强扫描强化程度较弱的病灶及微小病灶的检出能力<sup>[10]</sup>。增强扫描在脑转移瘤诊断中的重要价值是得到大家公认的,它能明确区分出肿瘤瘤灶与脑水肿,能清晰地显示肿瘤位置、大小及数目。研究表明,加大对比剂剂量、延迟扫描及联合MTC技术均能显示更多小病灶,提高脑转移瘤检出率<sup>[11-12]</sup>。但是,加大对比剂剂量会增加患者的经济负担,也限制了肾功能不全患者的检查;延迟扫描会使部分患者不能耐受。增强MTC图像的病灶实质区信号强度略低于CE-T1WI,但正常背景区信号强度MTC明显低于CE-T1WI,而二者的噪声比基本相同<sup>[13]</sup>,使CE-T1WI上强化较弱的小病灶可显示。但MTC也存在一些不足之处,由于小血管信号更高而更容易影响皮质小病灶或脑膜转移的显示和鉴别。本研究中,有3例共5个病灶在SWI序列上能检出,但在增强MTC上及CE-T1WI上均未见明确强化灶,可能是由于这些转移灶体积细小,小病灶内对比剂浓度低,强化不明显从而不能被检出,部分位于脑表面,也可能是由于SWI采用层厚1.5mm的薄层扫描,具有更高的空间分辨率,此外,SWI序列具有放大效应<sup>[14]</sup>,更容易发现微小出血性转移灶。

本研究的不足之处:(1)本研究的样本量不够多,未深入分析三组序列对小于3mm病灶的检出情况,期待今后增加病例,对病灶进行分组研究;(2)SWI序列扫描时间长,增加了出现运动伪影的可能性;(3)增强MTC图像的扫描放在常规CE-T1WI之后,延迟时间更长,可能会使MTC序列的检出率高于CE-T1WI。

总之,在临床工作中,CE-T1WI仍是脑转移瘤检查的重要序列,SWI对脑转移瘤合并出血有较高的敏感性,但其放大效应会影响病灶的实际大小的判断,不能替代CE-T1WI;增强MTC技术能提高转移灶的检出率,特别是微小转移灶。所以SWI和增强MTC联合应用具有互相补充的作用,能最大程度满足出血性脑转移瘤,尤其是微小转移瘤合并出血的显示和鉴别诊断的需求。

### 参考文献

- [1]Boire A,Brastianos PK,Garzia L,et al.Brain metastasis[J].Nat Rev Cancer,2020,20(1):4-11.
- [2]曹建平,孙鹏,谷春雨,等.41例脑转移瘤出血性瘤卒中的相关临床因素分析[J].肿瘤学杂志,2023,29(4):308-313.
- [3]黎嘉敏,区杰浩,陈忠,等.对比增强磁敏感加权成像对肺癌脑转移瘤检出的研究[J].中国临床医学影像学杂志,2022,33(2):82-86.
- [4]Daniel Schwarz,Martin Bendszus,Michael O Breckwoldt.Clinical value of susceptibility weighted imaging of brain metastases[J].Front Neurol,2020,11:55.
- [5]Zhang W,Ma XX, Ji YM, et al.Haemorrhage detection in brain metastases of lung cancer patients using magnetic resonance imaging[J].J Int Med Res,2009,37(4):1139-1144.
- [6]梁爽,张凤翔.磁敏感加权成像在肺癌脑转移瘤中的应用价值[J].实用医学影像杂志,2017,18:7-11.
- [7]She DJ,Xing Z,Zeng Z,et al.Differentiation of hemangioblastomas from pilocytic astrocytomas using 3-T magnetic resonance perfusion weighted imaging and MR spectroscopy[J].Neuroradiology,2015,f57:275-281.
- [8]易自生,刘一平,陈志斌,等.磁敏感成像在肺癌脑转移瘤检出与随访中的价值[J].中国现代医学杂志,2014,24(8):94-97.
- [9]吴立业,蒋锡丽,黄子龙,等.SWI在不同病理类型肺癌脑转移瘤诊断中的应用[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(4):55-57.
- [10]Yoneyama M,Nakamura M,Tabuchi T,et al.Whole-brain black-blood imaging with magnetization-transfer prepared spin echo-like contrast:a novel sequence for contrast-enhanced brain metastasis screening at 3T[J].Radiol Phys Technol,2013,6(2):431-436.
- [11]李志坚,赵晓东,姚雪艳,等.对比增强磁化传递在脑部磁共振成像中的应用[J].中国CT和MRI杂志,2013,11(1):22-25.
- [12]Qian XJ,Liu ZC,Liu ZQ,et al.The value of MRI single,double,double-dose,and double-dose combined with MT scanning for brain metastases[J].Journal of Clinical Radiology,2016,35(9):1441-1444.
- [13]赵凯,董双丽,张岚.磁共振磁化传递对比技术在脑转移瘤中的应用价值[J].中国实用神经疾病杂志,2015,18(16):64-65.
- [14]肖勇,邹元杰,肖朝勇.磁敏感加权成像在颅内肿瘤临床应用中的研究进展[J].中华神经外科杂志,2017,33:206-209.

(收稿日期:2024-03-08)  
(校对编辑:韩敏求)