

论 著

磁敏感加权成像对脑转移瘤放疗后疗效评价*

李姝毅 何庄超* 郑海军

何玉成 李四翠

郴州市第一人民医院影像医学中心

(湖南 郴州 423000)

【摘要】目的 探讨磁敏感加权成像(SWI)对脑转移瘤放疗后疗效评价。方法 选取2021年7月至2023年11月在本院行全脑放射治疗的脑转移瘤患者116例作为研究对象,所有患者均在放疗前1周和放疗后行颅脑MRI常规序列和SWI序列扫描,比较常规MRI扫描和SWI扫描对脑转移瘤放疗后疗效评价的应用价值。结果 常规MRI扫描共检出267个病灶,SWI扫描共检出284个病灶;放疗后,病灶最大径、瘤内血管数目、肿瘤内敏感性信号强度(ITSS)评分低于放疗前($t=7.851$; $t=12.342$; $t=8.541$, $P<0.05$);有效组病灶最大径、瘤内血管数目、ITSS评分低于无效组($t=3.258$; $t=3.459$; $t=4.130$, $P<0.05$)。结论 比于常规MRI检查,SWI可提高对脑转移瘤患者病灶和瘤内新生血管的检出率,且有利于对脑转移瘤患者放疗后疗效的评价。

【关键词】脑转移瘤; 放疗;
磁共振磁敏感加权成像

【中图分类号】R445.2

【文献标识码】A

【基金项目】郴州市第一人民医院科研项目
(N2021-26)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.02.008

Evaluation of Efficacy of Magnetic Sensitivity Weighted Imaging after Radiotherapy for Brain Metastases*

Li Shu-yi, HE Zhuang-chao*, ZHENG Hai-jun, HE Yu-cheng, LI Si-cui.

Imaging Medical Center, the First People's Hospital of Chenzhou City, Chenzhou 423000, Hunan Province, China

ABSTRACT

Objective To explore evaluation of efficacy of susceptibility weighted imaging (SWI) after radiotherapy for brain metastases. **Methods** A total of 116 patients with brain metastases undergoing whole brain radiotherapy in the hospital were enrolled as the research objects between July 2021 and November 2023. At 1 week before radiotherapy and after radiotherapy, all patients underwent brain routine MRI and SWI sequence scans. The application value of routine MRI scan and SWI scan in evaluating curative effect in brain metastasis after radiotherapy was compared. **Results** Routine MRI scan and SWI scan showed that there were 267 lesions and 284 lesions, respectively. After radiotherapy, the maximum diameter of lesions, number of intratumoral vessels and score of intratumoral susceptibility signal intensity (ITSS) were decreased ($t=7.851$; $t=12.342$; $t=8.541$, $P<0.05$), and which were lower in effective group than ineffective group ($t=3.258$; $t=3.459$; $t=4.130$, $P<0.05$). **Conclusion** Compared with routine MRI, SWI can improve detection rates of lesions and intratumoral neovascularization in patients with brain metastases, and which is beneficial to evaluate the curative effect in brain metastasis after radiotherapy.

Keywords: Brain Metastasis; Radiotherapy; Magnetic Resonance Imaging Susceptibility Weighted Imaging

脑转移瘤是最常见的中枢神经系统肿瘤,也是导致患者病残和死亡的重要原因。据统计,美国每年有15万~20万名患者被诊断为脑转移瘤,所有癌症患者的终生脑转移发生率约为10%~30%^[1]。相关研究指出,血液—脑脊髓液屏障的破坏、肿瘤相关基因和信号通路的改变、癌症细胞存在免疫逃逸机制是肿瘤细胞进入颅脑的重要原因^[2]。脑转移瘤患者的预后通常很差,未经治疗的患者的中位生存期一般为几周,肿瘤治疗后的中位生存期为3~13个月^[3]。全脑放射治疗是脑转移瘤的主要治疗方法,其可有效减轻患者的临床症状,控制转移瘤的生长和扩散^[4]。但脑转移瘤放疗后需持续监测其疗效,以指导治疗方案的选择。研究指出,脑转移瘤放疗后通常会出现放射性坏死导致的肿瘤体积增大、脑水肿范围增大等情况^[5-6]。因此,提高对脑转移瘤放疗后诊断对指导临床治疗具有重要意义。磁敏感加权成像(SWI)是高场磁共振开发的一种新MRI成像技术,其利用不同组织间的磁敏感性差异性提供对比图像,因而对于小出血灶、小动脉闭塞性脑梗死等较为敏感^[7]。基于此,本研究分析SWI在脑转移瘤放疗后疗效评价的应用价值,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2021年7月至2023年11月在本院行全脑放射治疗的脑转移瘤患者116例作为研究对象,其中年龄36~82岁,平均(57.34 ± 6.52)岁;男63例,女53例;原发肿瘤:肺癌78例,乳腺癌20例,胃癌10例,食管癌5例,结肠癌2例,宫颈癌1例。纳入标准:经临床、病理证实为脑转移瘤,并在本院行全脑放射治疗;年龄>18岁。排除标准:装有心脏起搏器等磁共振检查禁忌证者;既往颅脑手术、脑出血病史者;有明显运动伪影或者图像未完成者;并发其他中枢神经系统疾病者;不耐受放疗者。

1.2 方法

1.2.1 治疗方法 采用全脑放疗40 Gy(20次/4周),脑肿瘤区调强放疗20 Gy(10次/2周),总剂量为60 Gy。

1.2.2 扫描方法 采用西门子MAGNETOM Spectra 3.0T磁共振成像系统,患者取仰卧位,头颅标准线圈,行轴位和矢状位T1WI(TR/TE=346/4.76 ms,扫描层厚5.0 mm)、T2WI(TR/TE=4410/9 ms,扫描层厚5.0 mm)、T2液体衰减反转恢复序列(T2FLAIR, TR/TE=5050/92 ms,扫描层厚5.0 mm)、SWI(TR/TE=51/12 ms,扫描层厚2.0 mm,翻转角20°)扫描。之后以2 mL/s的速率向外周血注入钆喷酸葡胺0.2 mL/kg进行T1WI增强扫描。增强扫描参数:TR/TE=346/4.76 ms,扫描层厚5.0 mm,每个时相采集10s,共扫描40个时相。由两位高年资神经影像学诊断医师分别对图像进行分析,观察脑实质内脑转移瘤的数目、位置、轴位肿瘤最大径、肿瘤内敏感性信号强度(ITSS),意见不同者经互相讨论达成一致为准。

1.2.3 分组评估方案 放疗前1周和放疗后3个月对瘤体进行扫描记录。采用实体瘤反应评价标准(RECIST)^[8]将患者分为有效组(部分缓解+完全缓解)和无效组(疾病进展+稳定)。

1.3 观察指标 (1)统计分析各序列检查病灶位置和数目情况。(2)统计分析放疗前后脑转移瘤病灶最大径、瘤内血管数目、ITSS评分^[9]。(3)统计分析有效组和无效组病灶最大径、瘤内血管数目、ITSS评分。

【第一作者】李姝毅,女,副主任技师,主要研究方向:腹部影像。E-mail: kelsey1983@163.com

【通讯作者】何庄超,男,副主任医师,主要研究方向:胸部医学影像。E-mail: 371086496@qq.com

1.4 统计学方法 采用SPSS 20.0分析数据，计数资料以n(%)表示，采用 χ^2 检验；计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示，两组病灶最大径、瘤内血管数目、ITSS评分比较采用t检验，检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结 果

2.1 各序列检出病灶位置和数目情况比较 常规MRI扫描共检出221个病灶，MRI增强扫描共检出267个病灶，SWI扫描共检出284个病灶，各序列检出病灶位置见表1。

2.2 放疗前后脑转移病灶最大径、瘤内血管数目、ITSS评分比较 放疗后，病灶最大径、瘤内血管数目、ITSS评分低于放疗前($t=7.851$ ； $t=12.342$ ； $t=8.541$ ， $P<0.05$)。见表2。

2.3 有效组和无效组病灶最大径、瘤内血管数目、ITSS比较 放疗后，根据RECIST标准，完全缓解0例，部分缓解41例，稳定72例，疾病进展3例。有效组病灶最大径、瘤内血管数目、ITSS评分低于无效组($t=3.258$ ； $t=3.459$ ； $t=4.130$ ， $P<0.05$)。见表3。

2.4 病例分析 病例分析如图1~2。

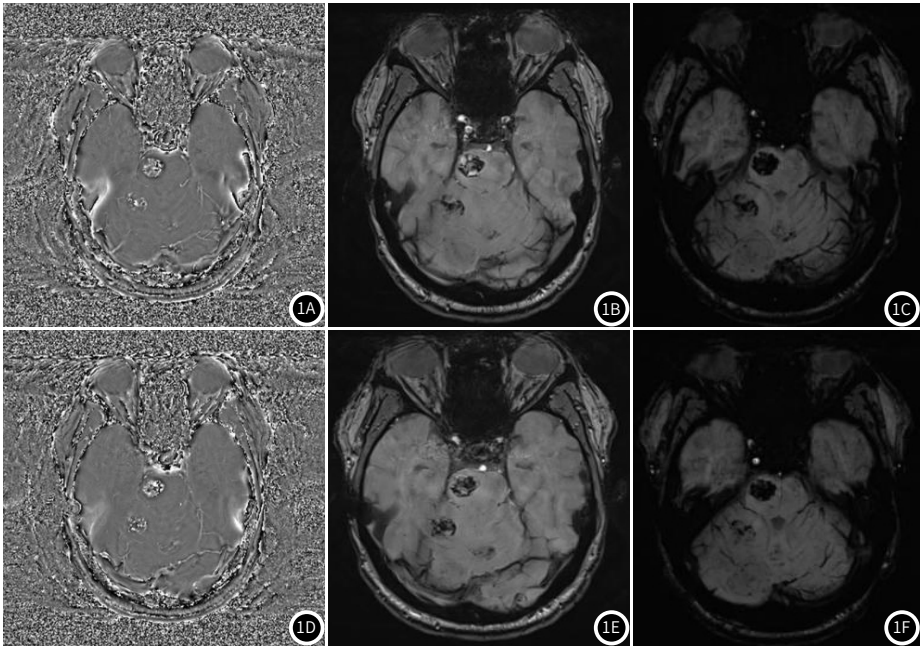


图1A-图1F 小细胞性肺癌脑转移患者SWI图像。图1A，放疗前SWI相位图；图1B，放疗前SWI幅度图；图1C，放疗前最小密度投影5mm；图1D-1F，右侧小脑病灶两根引流静脉，病灶内血管池明显。

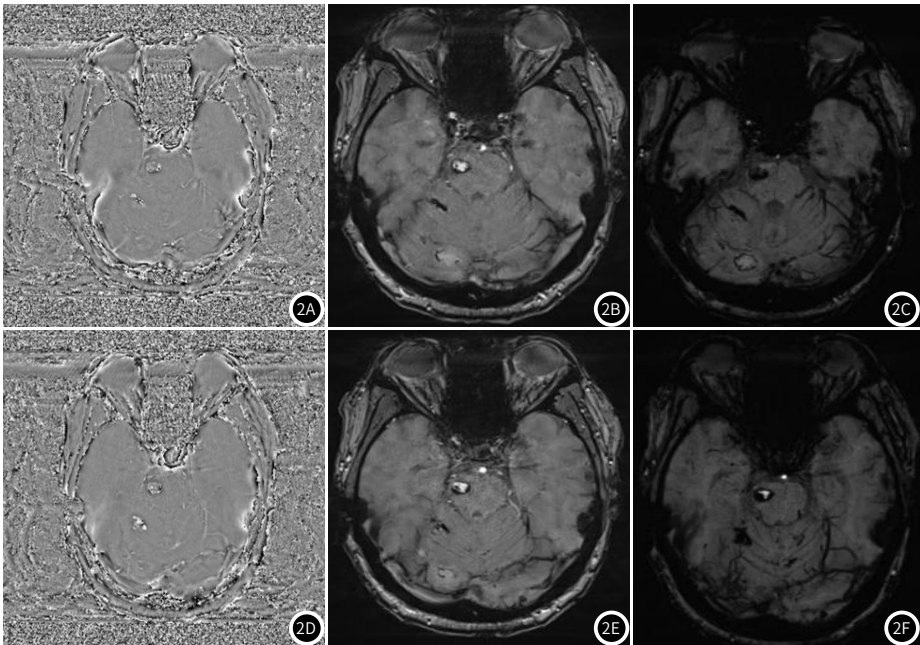


图2A-图2F 小细胞性肺癌脑转移患者SWI图像。图2A，放疗后SWI相位图；图2B，放疗后SWI幅度图；图2C，放疗后最小密度投影5mm；图2D-图2F，治疗后病灶旁一引流静脉明显中断，病灶内血管池萎缩。

表1 各序列检出病灶位置和数目情况比较

扫描方法	病灶数目(个)	病灶位置(个)						
		额叶	顶叶	颞叶	枕叶	基底节区	小脑	脑干
常规MRI扫描	221	82	35	16	44	12	28	4
MRI增强扫描	267	96	46	21	52	16	32	4
SWI扫描	284	102	49	22	54	18	35	4

表2 放疗前后脑转移病灶最大径、瘤内血管数目、ITSS评分比较

组别	例数	病灶最大径(mm)	瘤内血管数目(个)	ITSS评分(分)
放疗前	116	13.66±5.23	6.85±2.33	2.13±0.69
放疗后	116	9.56±2.07	3.82±1.25	1.52±0.34
t		7.851	12.342	8.541
P		0.000	0.000	0.000

表3 有效组和无效组病灶最大径、瘤内血管数目比较

组别	例数	病灶最大径(mm)	瘤内血管数目(个)	ITSS评分(分)
有效组	41	9.01±1.84	3.47±1.08	1.41±0.25
无效组	75	9.86±2.12	4.01±1.29	1.58±0.36
t		3.258	3.459	4.130
P		0.001	0.001	0.000

3 讨 论

尽管在影像学和治疗方式方面取得了进展,在大约20%的成年癌症患者中,脑转移仍然是其主要的死亡和发病原因。全脑放疗虽可缓解患者的症状,但部分患者放疗后会出现复发^[10-11]。因此,此类治疗方案都需要定期和标准化的疾病监测。MRI成像是脑转移瘤患者早期诊断和治疗监测的“金标准”,但常规MRI无法区分含铁血黄素和钙化^[12]。基于此,本研究分析SWI在脑转移瘤放疗后疗效评估中的应用价值,旨在为脑转移瘤的监测提供依据。

SWI是T2*加权的一种三维梯度回波序列,由相位图和幅度图加权整合而成,因而更能显示不同组织之间的磁敏感差异^[13]。目前,SWI已广泛应用于出血和微出血、神经血管疾病、中风血栓、神经肿瘤、神经创伤和自身免疫性疾病的检测^[14-15]。本研究中,常规MRI扫描共检出221个病灶,MRI增强扫描共检出267个病灶,SWI扫描共检出284个病灶,提示SWI扫描的检出率高于常规MRI扫描和MRI增强扫描。SWI是传统T1、T2加权成像方法的补充,其可增加含铁血黄素沉积和钙化之间的对比,因而能更清晰地显示出病灶与周围正常组织的差异。已经有研究表明,肿瘤内的磁敏感信号与肿瘤的恶性程度相关^[16]。

ITSS指相位图上肿瘤内部点状、细线状低信号区,其可反映肿瘤内部血管和出血情况^[17]。研究指出,瘤内血管的密度与肿瘤生长活性相关,瘤内血管的密度越高,肿瘤生长速度也相应越快^[18-19]。本研究中,放疗后病灶最大径、瘤内血管数目、ITSS评分低于放疗前,提示SWI可提高对脑转移瘤放疗效果的评估。恶性肿瘤由于生长、侵袭和转移均依赖于新生血管的形成。因而,相较于正常血管,其血管通透性显著增加,切成杂乱无序、粗细不均并分支多等表现,使血管内缺氧、酸性物质堆积,进而导致含铁血黄素等顺磁性物质增加^[20]。因此,SWI扫描对病灶大小和瘤内血管变化敏感性更高。此外,血管内皮细胞对放疗的放射线较为敏感,极易受损,因而SWI可有利于观察瘤内新生血管数目在放疗后显著减少。

以往的研究指出,放疗虽可灭杀肿瘤细胞,但也会伤及毛细血管,造成出血坏死,进而影响临床诊断^[21-22]。此外,肿瘤周围各种肿瘤因子和瘤体压迫静脉等引起水肿也会影响其影像学诊断^[23]。本研究中,有效组病灶最大径、瘤内血管数目、ITSS评分低于无效组,提示SWI可提高对脑转移瘤放疗有效性的评估。患者吸入氧和二氧化碳后,肿瘤组织的磁敏感性降低,而水肿区和坏死区的磁敏感性升高,其在脑转移瘤患者中表现得较为明显。

综上所述,相比于常规MRI检查,SWI可提高对脑转移瘤患

者病灶和瘤内新生血管的检出率,且有利于对脑转移瘤患者放疗后疗效的评价。但SWI图像易受温度、pH值、血流等因素的影响,临床仍需扩大样本进行进一步研究分析。

参考文献

[1] Kaufmann T J, Smits M, Boxerman J, et al. Consensus recommendations for a standardized brain tumor imaging protocol for clinical trials in brain metastases[J]. Neuro-oncology, 2020, 22 (6): 757-772.

[2] Steindl A, Berghoff A S. Brain metastases in metastatic cancer: a review of recent advances in systemic therapies[J]. Expert Review of Anticancer Therapy, 2021, 21 (3): 325-339.

[3] Popp I, Hartong N E, Nieder C, et al. PR0: do we still need whole-brain irradiation for brain metastases? [J]. Cancers, 2023, 15 (12): 3193.

[4] 申东星, 刘志坤, 李振生, 等. 非小细胞肺癌脑转移患者全脑放疗不同剂量预后分析[J]. 中华放射肿瘤学杂志, 2022, 31 (4): 340-346.

[5] 孙丹, 张国荣. 立体定向放射外科分期治疗大体积脑转移瘤的疗效及安全性分析[J]. 立体定向和功能神经外科杂志, 2022, 35 (5): 284-289.

[6] 夏铀铀, 武丹, 范伟伟, 等. 基于放疗前增强定位CT的影像学预测非小细胞肺癌脑转移分次立体定向放疗的近期疗效[J]. 实用肿瘤杂志, 2022, 37 (5): 465-469.

[7] 王虹, 韩伟华, 龙美跃, 等. 头颅磁敏感加权成像联合血清血管内皮生长因子、微小RNA-127、微小RNA-320在小动脉闭塞性脑梗死患者预后评估中应用[J]. 临床军医杂志, 2023, 51 (10): 1081-1084.

[8] Eisenhauer E A, Therasse P, Bogaerts J, et al. New response evaluation criteria in solid tumours: revised RECIST guideline (version 1.1) [J]. Eur J Cancer, 2009, 45 (2): 228-247.

[9] Park M J, Kim H S, Jahng G H, et al. Semiquantitative assessment of intratumoral susceptibility signals using non-contrast-enhanced high-field high-resolution susceptibility-weighted imaging in patients with gliomas: comparison with MR perfusion imaging[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2009, 30 (7): 1402-1408.

[10] 孙英杰, 刘晓梅, 李光辉, 等. 增强MRI纹理分析在鉴别高级别胶质瘤和单发性脑转移瘤中的价值[J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29 (7): 15-17.

[11] 张厚云, 周建华, 姚金菊, 等. 全脑放疗联合靶向治疗非小细胞肺癌脑转移的近期效果及对血清肿瘤标志物的影响[J]. 中国卫生检验杂志, 2022, 32 (5): 603-606.

[12] 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.

[13] 孙兰婷, 汪瀚, 徐春生, 等. 磁敏感加权成像检测肝豆状核变性患者脑铁沉积及其与铁代谢关系的研究[J]. 临床放射学杂志, 2021, 40 (9): 1666-1669.

[14] 王虹, 韩伟华, 龙美跃, 等. 头颅磁敏感加权成像联合血清血管内皮生长因子、微小RNA-127、微小RNA-320在小动脉闭塞性脑梗死患者预后评估中应用[J]. 临床军医杂志, 2023, 51 (10): 1081-1084.

[15] 许方戩, 刘彦荣, 曾果. 弥漫性轴索损伤患者核磁SWI成像与CT成像诊断价值比较及病情严重程度的相关性[J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29 (12): 31-32, 35.

[16] Baxter G C, Patterson A J, Woitek R, et al. Improving the image quality of DWI in breast cancer: comparison of multi-shot DWI using multiplexed sensitivity encoding to conventional single-shot echo-planar imaging DWI[J]. The British Journal of Radiology, 2021, 94 (1119): 20200427.

[17] 胡文君, 刘爱连, 李焯, 等. 自动提取定量肿瘤内部磁敏感信号与R2*值预测卵巢囊腺肿瘤的侵袭性[J]. 中国医学影像学杂志, 2022, 30 (6): 588-592, 599.

[18] Gaudino S, Marziali G, Pezzullo G, et al. Role of susceptibility-weighted imaging and intratumoral susceptibility signals in grading and differentiating pediatric brain tumors at 1.5 T: a preliminary study[J]. Neuroradiology, 2020, 62 (6): 705-713.

[19] 李航, 于佳龙, 罗勇, 等. 肿瘤微血管密度、血管内皮生长因子与缺氧诱导因子-1 α 在脑胶质瘤中表达及其临床意义[J]. 中国老年学杂志, 2021, 41 (6): 1173-1176.

[20] 张潜, 尤庆波, 张磊, 等. 磁敏感加权成像和CT对单纯性脑出血与脑肿瘤出血的鉴别诊断价值[J]. 安徽医学, 2020, 41 (7): 822-825.

[21] Trapani S, Manicone M, Sikokis A, et al. Effectiveness and safety of “real” concurrent stereotactic radiotherapy and immunotherapy in metastatic solid tumors: a systematic review[J]. Critical Reviews in Oncology/Hematology, 2019, 142 (1): 9-15.

[22] 沙冠宇, 李绍东, 金松, 等. 多b值弥散加权成像对非小细胞肺癌脑转移放射治疗的疗效分析价值[J]. 临床与病理杂志, 2021, 41 (11): 2573-2579.

[23] 陈荣, 李勇, 彭一椽, 等. 磁共振扩散加权成像在星形细胞瘤及脑转移瘤鉴别诊断中的应用价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21 (2): 11-13.

(收稿日期: 2024-01-29)

(校对编辑: 江丽华)



(上接第15页)

[8] 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. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南2018[J]. 中华神经科杂志, 2018, 51 (9): 666-682.

[9] Ben Hassen W, Malley C, Boulouis G, et al. Inter- and intraobserver reliability for angiographic leptomeningeal collateral flow assessment by the American Society of Interventional and Therapeutic Neuroradiology/Society of Interventional Radiology (ASITN/SIR) scale[J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11 (4): 338-341.

[10] van Kranendonk KR, Treurniet KM, Boers AMM, et al. Hemorrhagic transformation is associated with poor functional outcome in patients with acute ischemic stroke due to a large vessel occlusion[J]. J Neurointerv Surg, 2019, 11 (5): 464-468.

[11] Eskioglu E, Huchmandzadeh Millotte M, Amiguet M, et al. National Institutes of Health stroke scale zero strokes[J]. Stroke, 2018, 49 (12): 3057-3059.

[12] 蔡智立, 何奕涛, 付学军, 等. 急性脑梗死机械取栓后颅内出血转化的影响因素分析[J]. 暨南大学学报(自然科学与医学版), 2021, 42 (3): 314-319.

[13] 张艳, 周霞, 王幼萌, 等. 急性缺血性脑中机械取栓术后出血转化及其对预后的影响[J]. 安徽医科大学学报, 2022, 57 (6): 987-990.

[14] Iancu A, Buleu F, Chita DS, et al. Early hemorrhagic transformation after reperfusion therapy in patients with acute ischemic stroke: analysis of risk factors and predictors[J]. Brain Sci, 2023, 13 (5): 840.

[15] 汪爱丹, 南丽杰, 郭道德, 等. 一站式多模态CT检查流程改变对卒中患者预后的影响[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2021, 16 (8): 852-856.

[16] 张建雷, 张睿, 潘菲, 等. 脑灌注成像预测机械取栓后急性缺血性脑卒中患者出血转化风险的价值[J]. 中国临床医学影像杂志, 2021, 32 (11): 761-765.

[17] 李玲, 刘芳, 张顺, 等. 基于四维CT血管成像的急性缺血性卒中患者血管内治疗后出血转化的列线图模型建立及效能预测[J]. 中华放射学杂志, 2022, 56 (4): 364-371.

[18] 秦霜, 戴才文, 王根强, 等. CT灌注成像联合血清D-D、MMP-9对急性脑梗死患者溶栓后出血转化的预测价值研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21 (6): 24-27.

[19] Zubair AS, Sheth KN. Hemorrhagic conversion of acute ischemic stroke[J]. Neurotherapeutics, 2023, 20 (3): 705-711.

[20] 潘景江, 余翔, 刘斌. CTP联合mCTA对急性缺血性脑卒中中取栓后出血性转化(PH2型)的预测[J]. 临床放射学杂志, 2023, 42 (5): 722-728.

[21] 孙丽娜. 头颅CTA联合CTP在急性脑梗死后出血性转化预测中的应用[J]. 内蒙古医科大学学报, 2020, 42 (2): 135-139.

[22] Huang P, Yi XY. Predictive role of admission serum glucose, baseline NIHSS score, and fibrinogen on hemorrhagic transformation after intravenous thrombolysis with alteplase in acute ischemic stroke[J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2023, 27 (20): 9710-9720.

[23] 姚丽娜, 时伟, 孙喜燕, 等. 颗粒蛋白前体、基质金属蛋白酶-9及入院时美国国立卫生研究院卒中量表评分对脑梗死病人出血转化的预测价值[J]. 安徽医药, 2021, 25 (5): 966-970.

(收稿日期: 2024-02-28)

(校对编辑: 江丽华)