

论 著

CTP与SWI在急性缺血性卒中出血性转化预测中的应用价值分析*

李聪聪¹ 邹朝双² 李树强^{1,*}

1.山东大学齐鲁医院德州医院
2.德州市疾病预防控制中心
(山东 德州 253000)

【摘要】目的 探究CT灌注成像(CTP)与磁敏感加权成像(SWI)在急性缺血性脑卒中出血性转化预测中的应用价值。方法 将2021年1月~2023年12月我院收治的108例急性缺血性脑卒中患者纳入研究。所有患者均接受CTP、SWI检查,分析其影像学特征。以脑数字减影血管造影(DSA)为“金标准”,对比CTP、SWI与“金标准”结果的一致性,分析诊断效能。对比不同检查方式对出血性转化分型的检出率。结果 经DSA检查,108例患者中有37例发生出血性转化,其中17例为HI-1型、10例HI-2型、6例PH-1型、4例PH-2型。CTP结果与“金标准”结果的Kappa值为0.582,一致性一般;SWI结果与“金标准”结果的Kappa值为0.609,一致性较高;联合检查结果与“金标准”结果的Kappa值为0.741,一致性较高。CTP对急性缺血性脑卒中出血性转化预测的敏感度、特异度和准确率分别为78.38%、81.69%、80.56%。SWI对急性缺血性脑卒中出血性转化预测的敏感度、特异度和准确率分别为83.78%、80.28%、81.48%。联合检查对急性缺血性脑卒中出血性转化预测的敏感度、特异度和准确率分别为89.19%、85.25%、86.73%。联合检查对HI-1型的检出率高于CTP、SWI($P<0.05$),CTP、SWI对HI-1型的检出率无显著差异($P>0.05$),CTP、SWI与联合检查对HI-2型、PH-1型、PH-2型的检出率无显著差异($P>0.05$)。结论 CTP与SWI联合检查对急性缺血性脑卒中出血性转化的预测价值较高,可有效鉴别患者的出血性转化分型,能为临床出血性转化的防治管理工作提供參考。

【关键词】急性缺血性脑卒中;出血性转化;CT灌注成像;磁敏感成像

【中图分类号】R743.31

【文献标识码】A

【基金项目】山东省医药卫生科技发展计划项目(2017WS765)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.08.003

Predictive Value of CTP and SWI for Hemorrhagic Transformation in Acute Ischemic Stroke*

Li Cong-cong¹, ZOU Chao-shuang², Li Shu-qiang^{1,*}.

1.Qilu Hospital of Shandong University Dezhou Hospital, Dezhou 253000, Shandong Province, China
2.Dezhou Center for Disease Control and Prevention, Dezhou 253000, Shandong Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the predictive value of CT perfusion (CTP) and susceptibility weighted imaging (SWI) for hemorrhagic transformation in acute ischemic stroke. **Methods** A total of 108 patients with acute ischemic stroke admitted to the hospital were enrolled between January 2021 and December 2023. All underwent CTP and SWI examinations to analyze imaging characteristics. Taking digital subtraction angiography (DSA) as the golden standard, the consistency between CTP, SWI and the golden standard was compared to analyze their diagnostic efficiency. The detection rates of different classifications of hemorrhagic transformation by different examination methods were compared. **Results** DSA showed that in the 108 patients, there were 37 cases with hemorrhagic transformation, including 17 cases of type HI-1, 10 cases of type HI-2, 6 cases of type PH-1 and 4 cases of type PH-2. Kappa value between CTP and the golden standard was 0.582, showing general consistency. Kappa value between SWI and the golden standard was 0.609, showing high consistency. Kappa value between combined detection and the golden standard was 0.741, showing high consistency. The sensitivity, specificity and accuracy of CTP, SWI and combined detection for predicting hemorrhagic transformation were (78.38%, 81.69%, 80.56%), (83.78%, 80.28%, 81.48%) and (89.19%, 85.25%, 86.73%), respectively. The detection rate of type HI-1 by combined detection was higher than that by CTP and SWI alone ($P<0.05$), but there was no significant difference between CTP and SWI ($P>0.05$). There was no significant difference in detection rates of types HI-2, PH-1 and PH-2 among CTP, SWI and combined detection ($P>0.05$). **Conclusion** CTP combined with SWI has high predictive value for hemorrhagic transformation in patients with acute ischemic stroke, which can effectively identify different classifications of hemorrhagic transformation and provide reference for clinical prevention and management of hemorrhagic transformation.

Keywords: Acute Ischemic Stroke; Hemorrhagic Transformation; CT Perfusion; Susceptibility Weighted Imaging

急性缺血性脑卒中属于临床上常见的脑血管疾病,一般多发于老年人群^[1]。引发急性缺血性脑卒中的主要因素在于脑血管阻塞,患者主要的脑供血动脉发生粥样硬化后会导致血管狭窄、闭塞,若发生粥样斑块的脱落则会导致供血动脉阻塞,进而引发血管阻塞,造成急性缺血性脑卒中^[2]。急性缺血性脑卒中的临床表现为呕吐、偏瘫、头痛等,具有较高的致残率和致死率,会对患者神经系统造成严重损伤^[3]。目前,静脉溶栓是治疗急性缺血性脑卒中的重要方法,可促使栓塞动脉血管恢复血流供给,缓解因血氧供给不足造成的神经性损伤^[4]。但静脉溶栓期间部分患者存在出血转化的风险,严重影响临床治疗效果^[5]。出血转化是指患者脑组织在缺血状态下继发出血症状,属于急性缺血性脑卒中的自然转归过程,也是导致患者死亡的重要因素^[6]。因此,在临床治疗时需提前筛查存在出血转化风险的患者,并及时调整治疗方案,以改善患者的预后效果。数字减影血管造影(DSA)作为诊断脑血管疾病的“金标准”,能够直观反映血管形态变化和判断出血事件,但DSA检查的操作复杂、诊断费用较高,不适合对患者进行临床普查^[7]。随着影像学技术的发展,颅脑CT和MRI技术在脑血管疾病的诊断与治疗中得到广泛应用。其中,CT灌注成像(CTP)技术具有明确患者脑组织病变位置和范围的作用,可用于评价局部组织的血流灌注情况^[8]。磁敏感加权成像(SWI)能够鉴别人体组织之间磁敏感特性的差异,对血液代谢物、钙化斑块和含铁离子沉积物的敏感度较高^[9]。基于此,本研究将探究CTP与SWI在急性缺血性脑卒中出血性转化预测中的应用价值,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 将2021年1月至2023年12月我院收治的108例急性缺血性脑卒中患者纳入研究。

纳入标准:符合缺血性脑卒中诊断标准^[10];无检查禁忌;首次出现急性脑梗死;无脑溶栓治疗史、脑手术治疗史。排除标准:受外力影响引起的脑梗死;合并脑出血;合并心、肺、肾等脏器功能受损;近期服用过抗凝血类药物。本研究经医院伦理委员会批准通过,患者均知情同意。纳入的患者中有男性55例,女性53例;年龄52~84岁,平均(62.72±4.31)岁;体质质量指数(BMI)在17.6~31.1kg/m²,平均(24.23±2.42)kg/m²;发病至入院时间3~15h,平均(9.41±2.61)h;合并高血压患者83例,高血脂患者92例,糖尿病患者54例。

1.2 检查方法 CTP检查:检查仪器选用美国GE 64排螺旋CT机。患者取仰卧位,设置CT

【第一作者】李聪聪,女,主治医师,主要研究方向:脑血管病、癫痫。E-mail: lccbright88@163.com

【通讯作者】李树强,男,副主任医师,主要研究方向:血管、腹部超声、小器官。E-mail: Lsq720726@126.com

平扫参数：层厚5mm，层距5mm，管电压120 kV，管电流200 mA。选取感兴趣区域进行灌注成像，以4 mL/s的注射速度，将45 mL碘帕醇经肘静脉注射入患者体内。注射期间完成动态CT扫描，参数设置：层厚5mm，管电压80 kV，管电流150 mA，矩阵 512×512 ，扫描间隔为4s，循环13次。将所得结果传输至处理系统，获得CT平扫和CTP图像结果。以脑中线为中轴，测量脑梗死区域的局部脑容量(rCBV)、局部脑血流量(rCBF)、平均通过时间(MTT)和达峰时间(TTP)。

MRI检查：使用美国GE公司的3.0T MRI系统，先行常规MRI扫描，T₁WI参数：TR 1750 ms，TE 21.8 ms；T₂WI参数：TR 3598 ms，TE 107.3 ms，DWI参数：TR 6000 ms，TE 73.5 ms。进行SWI序列扫描。扫描参数：TR 60 ms，TE 6 ms。激励次数为0.75，扫描视野 $22\text{cm} \times 22\text{cm}$ ，翻转角为 20° ，矩阵 448×320 ，层厚2mm，层间距1.5mm，层数72层，扫描时间为6min。将获得的图像数据传输至工作站进行处理，由高年资医师进行图像分析，以梗死区最大层面为感兴趣区域。出血性转化诊断标准：常规MRI下T₁WI呈高信号、T₂WI呈低信号、DWI显示梗死区域内呈高信号，SWI序列显示，脑梗死区域内呈点状低信号、血肿周围呈高信号。

DSA检查：使用Seldinger穿刺法，于患者右侧股动脉进行穿刺插管，抗凝后采用高压注射器注射对比剂，对比剂注射完成后进行2D-DSA正侧位造影，之后旋转DSA进行3D重建。

1.3 观察指标 (1)观察CTP检查和MRI检查的影像学特征。(2)以DSA结果为金标准，对比CTP检查、MRI检查及联合检查结果与金标准的一致性，并分析诊断效能。(3)对比CTP检查、MRI检查及联合检查对患者出血性转化分型的检出率。出血性转化分型标准^[11]：梗死区域边缘有少量点状出血为HI-1型；梗死区域存在片状出血，但未发生占位效应为HI-2型；梗死区域存在血肿，血肿面积<梗死区域面积的30%，且存在占位效应为PH-1型；血肿面积≥梗死区域面积的30%，占位效应明显或存在硬膜下出血、脑室内出血等梗死区域远端出血症状为PH-2型。

1.4 统计学方法 本次研究采用SPSS20.0统计学软件进行数据分析，使用Kappa检验CTP检查、MRI检查及联合检查结果与金标准的一致性；Kappa在0~0.40记为一致性差，Kappa在0.41~0.60记为一致性一般，Kappa在0.61~0.80记为一致性高，Kappa>0.80记为几乎完全一致；血性转化分型检出结果采用Fisher精确概率检验，以P<0.05提示有统计学意义。

2 结果

2.1 CTP检查和MRI检查的影像学特征 CT平扫可见梗死区域呈现斑片状高密度影，病灶边界模糊；CTP示双侧小脑半球、脑桥、延髓或颞顶枕叶多发TTP、MTT延长，rCBV、rCBF减低。常规MRI扫描下T₁WI呈高信号、T₂WI呈低信号，DWI序列可见血肿区域存在较弱高信号，SWI序列可见血肿呈低信号，周围呈高信号。典型病例见图1~图6。

2.2 不同检查结果与金标准结果的一致性对比 CTP结果与金标准结果的Kappa值为0.582，一致性一般；SWI结果与金标准结果的Kappa值为0.609，一致性较高；联合检查结果与金标准结果的Kappa值为0.741，一致性较高，见表1。

2.3 不同检查方式的诊断效能对比 CTP对急性缺血性脑卒中出血性转化预测的敏感度、特异度和准确率分别为78.38%、81.69%、80.56%。SWI对急性缺血性脑卒中出血性转化预测的敏感度、特异度和准确率分别为83.78%、80.28%、81.48%。联合检查对急性缺血性脑卒中出血性转化预测的敏感度、特异度和准确率分别为89.19%、85.25%、86.73%，见表2。

2.4 不同检查方式对患者血性转化分型的评估结果 经DSA检查，37例出血性转化患者中有17例为HI-1型、10例HI-2型、6例PH-1型、4例PH-2型。联合检查对HI-1型的检出率高于CTP、SWI(P<0.05)，CTP、SWI对HI-1型的检出率无显著差异(P>0.05)，CTP、SWI与联合检查对HI-2型、PH-1型、PH-2型的检出率无显著差异(P>0.05)，见表3。

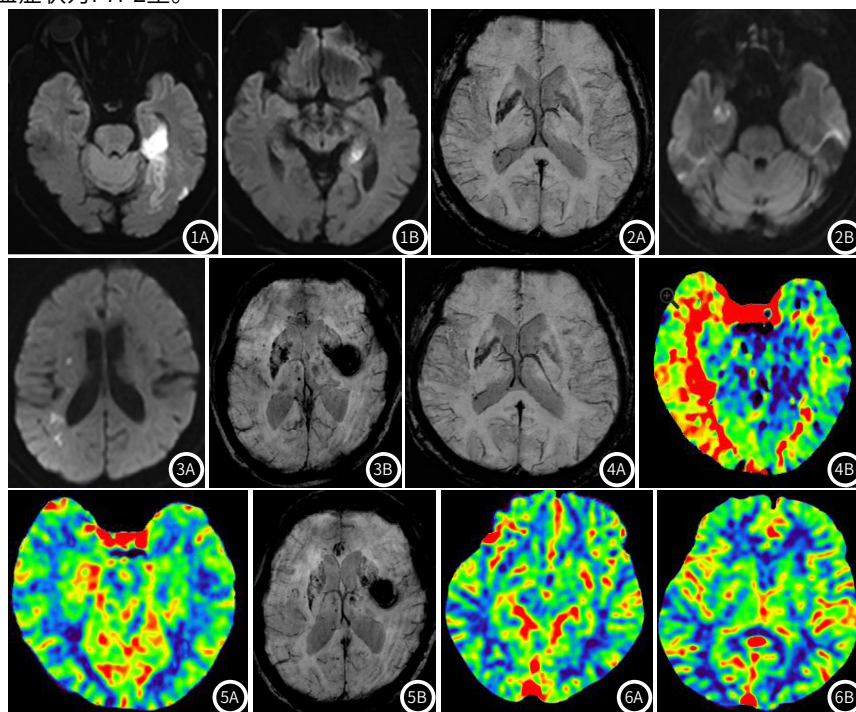


图1A-图1B 颅脑MRI示左侧颞叶、海马及左侧丘脑可见片状DWI高信号，左侧颞叶、海马及丘脑考虑近发梗死。

图2A-图2B SWI示右侧顶叶、基底节区及侧脑室后角旁可见点片状低信号，右侧顶叶、基底节区及侧脑室后角旁SWI低信号，考虑微出血可能。

图3A-图3B 颅脑CTP示颅脑灌注图像示右侧大脑半球TTP延长，局部区域rCBF升高。

图4A-图4B 颅脑MRI示DWI示右侧颞枕叶、右侧海马、右侧基底节、放射冠及半卵圆中心区见多发斑片状及斑片状高信号，右侧颞枕叶、右侧海马、右侧基底节、放射冠及半卵圆中心区新发脑梗死。

图5A-图5B SWI示双侧丘脑、双侧基底节区见多发类圆形及斑片状低信号，左侧基底节区异常信号，考虑出血。

图6A-图6B 头颅CTP示双侧大脑灌注图像对称，各脑区rCBV、rCBF无明显减低，TTP、MTT时间无明显延长。脑灌注成像未见明显异常。

表1 不同检查结果与金标准结果的一致性对比

检查方法	结果类型	金标准检查结果		Kappa
		阳性	阴性	
CTP	阳性	29	13	0.582
	阴性	8	58	
SWI	阳性	31	14	0.609
	阴性	6	57	
联合	阳性	33	9	0.741
	阴性	4	52	

表3 不同检查方式对患者血性转化分型的评估结果[n, (%)]

检查方法	HI-1型(n=17)	HI-2型(n=10)	PH-1型(n=6)	PH-2型(n=4)
CTP	11(64.71)*	7(70.00)	5(83.33)	4(100.00)
SWI	12(70.59)*	7(70.00)	5(83.33)	4(100.00)
联合	17(100.00)	9(90.00)	6(100.00)	4(100.00)
P	0.026	1.000	1.000	1.000

注：*为与联合检查对比，P<0.05。

3 讨论

急性缺血性脑卒中属于世界公共健康问题，会严重影响患者的正常活动能力及日常生活质量^[12]。缺血性脑卒中梗死区域出现继发性出血被称为出血性转化，是影响患者治疗方式和预后效果的重要因素^[13]。调查显示，急性缺血性脑卒中患者继发出血性转化的发生率在10%~40%之间，且与梗死位置、梗死区域面积等关系密切^[14]。静脉溶栓治疗是急性缺血性脑卒中的有效治疗方式，但继发出血性转化风险较高或已存在出血事件的患者无法适用溶栓治疗，需采取其它治疗方案已改善预后。因此，早期判断患者是否存在出血性转化，对临床治疗方式的选择具有重要指导意义。

目前，随着影像学技术的推广，CT、MRI等影像学检查在脑血管疾病的诊断中发挥重要作用。本研究使用CTP和SWI对急性缺血性脑卒中患者进行检查，结果显示：CTP结果与金标准结果的Kappa值为0.582，一致性一般；SWI结果与金标准结果的Kappa值为0.609，一致性较高；联合检查结果与金标准结果的Kappa值为0.741，一致性较高；CTP对急性缺血性脑卒中出血性转化预测的敏感度、特异度和准确率分别为78.38%、81.69%、80.56%。SWI对急性缺血性脑卒中出血性转化预测的敏感度、特异度和准确率分别为83.78%、80.28%、81.48%。联合检查对急性缺血性脑卒中出血性转化预测的敏感度、特异度和准确率分别为89.19%、85.25%、86.73%。说明CTP联合SWI检查对出血性转化的诊断价值最高，可有效提高临床诊断效率。CTP是一种借助碘造影剂观察患者血流灌注状态和血流动力学参数的成像技术。CTP可经由患者肘静脉注入血管造影剂，并观察造影剂在目标区域的变化，得到对应的图像数据。经工作站处理后可获得目标区域的TTP、MTT、rCBV、rCBF参数，并由此判断病灶内的血流状态，评估患者是否存在出血事件^[15]。SWI序列具有磁敏感性强的特点，能够鉴别人体各组织之间的磁敏感差异，尤其对应血液代谢物、含铁离子沉积物等高磁性物质的敏感度较高。血液中的血红蛋白、红细胞等均属于高磁性物质，可与颅内其它弱磁性、反磁性物质产生强烈的差异性。当患者梗死区域存在出血症状时，这些高磁性物质会因快速自旋失相位而导致信号强度变低，影像学表现为点状、片状低信号^[16]。借由信号差异和MRI技术的高分辨率，即可有效检出患者梗死区域的出血情况。联合检查对HI-1型的检出率高于CTP、SWI，说明联合检查对微小出血灶的敏感度较高，能够提高对微小出血时间的检出率。

表2 不同检查方式的诊断效能对比(%)

检查方法	敏感度	特异度	阳性预测价值	阴性预测价值	准确率
CTP	78.38	81.69	69.05	87.88	80.56
SWI	83.78	80.28	68.89	90.48	81.48
联合	89.19	85.25	78.57	92.86	86.73

综上所述，CTP与SWI联合检查对急性缺血性脑卒中出血性转化的预测价值较高，可有效鉴别患者的出血性转化分型，能为临床出血性转化的防治管理工作提供参考。

参考文献

[1] 周戈, 李培华, 杨才能, 等. 低剂量双源CTP评估急性缺血性脑卒中患者脑组织灌注缺损的价值及对血管内再通治疗的指导意义[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(1): 15-17.

[2] 包蕾. 阿加曲班联合阿司匹林治疗急性脑梗死疗效及对患者血管内皮功能的影响[J]. 陕西医学杂志, 2021, 50(5): 603-605, 625.

[3] 葛怀廷, 魏伟, 李聪聪, 等. 依达拉奉右莰醇对急性缺血性脑卒中患者神经功能及血清炎症因子的影响[J]. 药学与临床研究, 2022, 30(6): 487-491.

[4] 吕洲, 朱海生, 刘青蕊. 阿替普酶静脉溶栓联合丁苯酞对急性脑梗死患者出血性转化的影响及神经保护作用机制[J]. 脑与神经疾病杂志, 2023, 31(4): 230-234.

[5] 陈敏, 冯灵, 汪锐, 等. 影响急性脑梗死患者静脉溶栓后出血性转化预后的危险因素分析[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2021, 22(5): 639-643.

[6] 应黎, 张重生, 赵博轩, 等. 血栓弹力图联合PLR对伴脑小血管病的急性脑梗死后出血性转化风险的评估价值[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2023, 18(2): 195-198.

[7] 陈健, 张伟, 余璠. 计算机断层扫描灌注成像联合头颅血管造影对急性脑梗死溶栓治疗后发生出血性转化的预测价值[J]. 血管与腔内血管外科杂志, 2023, 9(12): 1519-1523.

[8] 郭艳丽, 胡示超, 秦文宇. 颅脑CT灌注成像相关指标与IMT对TIA进展为急性脑梗死的预测价值[J]. 罕少疾病杂志, 2024, 31(3): 19-21.

[9] 黎学兵. 应用磁共振敏感加权序列诊断缺血性脑卒中微出血的临床价值初探[J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18(10): 11-13.

[10] 国家卫生健康委员会急诊医学质控中心, 中国医师协会急诊医师分会, 世界中医药学会联合会急诊专业委员会. 中国急性缺血性脑卒中急诊诊治专家共识[J]. 中国急救医学, 2018, 38(4): 281-287.

[11] Hacke W, Kaste M, Fieschi C, et al. Intravenous thrombolysis with recombinant tissue plasminogen activator for acute hemispheric stroke. The European Cooperative Acute Stroke Study (ECASS) [J]. JAMA, 1995, 274(13): 1017-25.

[12] 吕亚敏, 李冰洋, 亓静阳. 急性缺血性脑卒中患者血清s-100β、NT-proBNP及cTnI水平变化与其病情进展的关系[J]. 罕少疾病杂志, 2023, 30(8): 27-29.

[13] 崔萍, 张继, 王松, 等. SWI毛刷征诊断AIS患者静脉溶栓后出血转化的价值观察[J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18(8): 26-28, 68.

[14] 王梦祥, 黑欢欢. 颅内时间飞跃法磁共振血管成像技术在脑梗死患者出血性转化中应用价值的评价[J]. 陕西医学杂志, 2022, 51(4): 424-428.

[15] 赵丽娜, 翟江玉, 雷明, 等. 多时相CTA联合CTP在急性缺血性脑卒中出血性转化中的预测效能分析[J]. 解放军医药杂志, 2021, 33(7): 87-91.

[16] 王林魁, 温琰玲, 杨凡慧. SWI对急性缺血性脑卒中出血性转化的检测及其对预后的影响[J]. 川北医学院学报, 2021, 36(8): 968-970, 988.

(收稿日期: 2024-06-07)
(校对编辑: 韩敏求)