

急性大脑中动脉脑梗死患者早期神经功能恶化与显著低信号血管征的相关性

王伟 牟英峰 陈曦 孙浩 杜波 陈浩 黄炎 王敦敬 耿德勤

221004 徐州医科大学第一临床医学院(王伟、陈曦、孙浩); 221002 徐州医科大学附属医院神经内科(牟英峰、杜波、陈浩、黄炎、王敦敬、耿德勤)

通信作者: 耿德勤, Email: gengdeqin@126.com

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6574.2021.03.003

【摘要】目的 探讨磁敏感加权成像(SWI)显示的显著低信号血管征(PHVS)与急性大脑中动脉(MCA)脑梗死患者早期神经功能恶化(END)的相关性。**方法** 回顾性收集2017年9月至2020年9月于我院卒中病区住院且资料完整的急性MCA脑梗死患者,采用改良SWI-ASPECT评分定量记录PHVS的部位与数量,根据患者入院7d内是否发生END分为END组和非END组,分析PHVS与END的独立相关性。**结果** 共纳入240例急性MCA脑梗死患者,其中END组67例,非END组173例。单因素分析显示,END组和非END组的PHVS阳性率、高血压病、入院美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)评分、主干动脉狭窄程度、外周血中性粒细胞/淋巴细胞比值(NLR)比较,差异有统计学意义($P < 0.05$)。多因素Logistic回归统计分析显示,PHVS阳性率($OR=4.925$, $95\%CI: 2.525 \sim 9.607$)、入院NIHSS评分($OR=1.182$, $95\%CI: 1.059 \sim 1.319$)、NLR($OR=1.148$, $95\%CI: 1.017 \sim 1.295$)、主干动脉重度狭窄($OR=2.620$, $95\%CI: 1.185 \sim 5.793$)和闭塞($OR=4.643$, $95\%CI: 1.662 \sim 12.975$)是急性MCA脑梗死患者发生END的独立危险因素。在PHVS阳性患者亚组分析中,END组的改良SWI-ASPECT评分高于非END组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** SWI显示的PHVS提示急性MCA脑梗死患者发生END的风险增高,需引起临床重视。

【关键词】 急性脑梗死; 显著低信号血管征; 早期神经功能恶化; 预后

基金项目: 国家卫健委脑防委“中国脑卒中高危人群干预适宜技术研究及推广项目”(GN-2018R0009)

Correlation between early neurological deterioration and prominent hypointense vessels sign in patients with acute middle cerebral artery infarction Wang Wei, Mu Yingfeng, Chen Xi, Sun Hao, Du Bo, Chen Hao, Huang Yan, Wang Dunjing, Geng Deqin

The First Clinical Medical College of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221004, China (Wang W, Chen X, Sun H); Department of Neurology, the Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University, Xuzhou 221002, China (Mu YF, Du B, Chen H, Huang Y, Wang DJ, Geng DQ)

Corresponding author: Geng Deqin, Email: gengdeqin@126.com

【Abstract】Objective To investigate the correlation between prominent hypointense vessels sign (PHVS) on susceptibility-weighted imaging (SWI) and early neurological deterioration (END) in patients with acute middle cerebral artery (MCA) infarction. **Methods** Patients with acute MCA cerebral infarction admitted to the stroke ward of our hospital from September 2017 to September 2020 with complete data were retrospectively collected. The location and number of PHVS were quantitatively recorded using the modified SWI-ASPECT score. The patients were divided into END group and non-END group according to whether END occurred within 7 days after admission, and the independent correlation between PHVS and END was analyzed. **Results** A total of 240 patients with acute MCA cerebral infarction were included, including 67 patients in the END group and 173 patients in the non-END group. Univariate analysis showed that the differences in positive rate of PHVS, hypertension, admission NIHSS score, main artery stenosis and peripheral blood neutrophil/lymphocyte ratio (NLR) between END group and non-END group were statistically significant ($P < 0.05$). Multivariate logistic regression analysis showed that positive rate of PHVS ($OR=4.925$, $95\%CI: 2.525-9.607$), NIHSS score at admission ($OR=1.182$, $95\%CI: 1.059-1.319$), NLR ($OR=1.148$, $95\%CI: 1.017-1.295$), severe

stenosis of main artery ($OR=2.620$, $95\%CI$: 1.185–5.793) and occlusion ($OR=4.643$, $95\%CI$: 1.662–12.975) were the risk factors of end in patients with acute MCA cerebral infarction Independent risk factors. In the subgroup analysis of PHVS positive patients, the modified SWI-ASPECT score in END group was higher than that in non-end group, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). **Conclusions** PHVS shown by SWI indicates an increased risk of END in patients with acute MCA cerebral infarction, which should be paid attention to.

【Key words】 Acute brain infarction; Prominent hypointense vessels sign; Early neurological deterioration; Prognosis

Fund program: Brain Defense Committee of National Health Commission "Research and Promotion Project of Appropriate Intervention Technology for Chinese Stroke High-Risk Population" (GN-2018R0009)

目前,急性脑梗死是导致全球老年人残疾和死亡的主要病因之一^[1],其中20%~40%的患者在发病早期即出现病情持续进展和神经功能缺损逐渐加重,该现象被称之为早期神经功能恶化(early neurological deterioration, END)^[2]。研究表明,END与不良预后显著相关,因此早期识别END的危险人群尤为重要。多年来学者们从临床特征、实验室资料等方面积极寻找END的预测因子并探讨其潜在机制,但是目前对END的早期识别仍有待提高,而对小静脉变化非常敏感的磁敏感加权成像(susceptibility-weighted imaging, SWI)为寻找END的影像学标志物提供了新的研究思路。SWI上的显著低信号血管征^[3](prominent hypointense vessels sign, PHVS)即不对称的异常低信号静脉被认为与脑组织低灌注有关^[4],但是PHVS能否预测END仍存在争议。近期有研究发现,在急性前循环脑梗死的患者中PHVS的分布区域与大脑中动脉(middle cerebral artery, MCA)的供血区域基本一致^[5],而在后循环脑梗死患者中很少发现PHVS^[6]。推测之所以既往关于PHVS与END的研究结论不一,可能是因为受研究对象和治疗方案的影响,故本研究以行药物保守治疗的急性MCA脑梗死患者为研究对象,对PHVS与急性MCA脑梗死患者END的相关性进行研究。

对象与方法

一、研究对象

以2017年9月至2020年9月就诊于徐州医科大学附属医院神经内科卒中病区的急性脑梗死患者为初筛对象,根据纳入及排除标准进行筛选,最后共纳入240例资料完整的患者进行研究。纳入标准:(1)年龄18~83岁;(2)首次发作的急性脑梗死患者,急性脑梗死诊断符合中华医学会神经分会制定的《中国急性缺血性脑卒中诊疗指南2018》^[7];(3)患者发病7 d内入院并于入院2 d内完善血液学检查,入院3 d内完成头部MRI、SWI、头颈CTA检查;

(4)影像学提示脑梗死部位位于MCA供血区;(5)均行抗血小板聚集、降脂稳斑、改善循环等药物保守治疗。排除标准:(1)急性后循环梗死或双侧大脑半球同时存在梗死灶;(2)一侧颈内动脉(internal carotid artery, ICA)完全闭塞、双侧ICA/MCA重度狭窄或闭塞、伴后循环动脉重度狭窄或闭塞;(3)患者基础情况差,伴颅脑外伤、肿瘤、血管畸形等中枢神经系统疾病,伴心肺功能不全、严重肝肾疾病或免疫性疾病等;(4)信息不完整;(5)行静脉溶栓或血管内治疗。本研究经我院伦理委员会批准(审批号:XYFY2018-KL038-01)。

二、方法

1. 资料采集:收集患者的基本信息,如人口学信息(性别、年龄)、脑血管病危险因素(吸烟史、饮酒史、高血压病、糖尿病、心房颤动)、入院血压、入院美国国立卫生研究院卒中量表(National Institutes of Health Stroke Scale, NIHSS)评分、影像学资料(梗死灶面积、SWI上PDVH的分布情况、CTA上主干动脉的狭窄程度)以及实验室检查结果[如外周血中性粒细胞/淋巴细胞比值(neutrophil to lymphocyte ratio, NLR)、血糖、白蛋白、肝酶、肌酐]等。(1)END定义^[8]。患者入院7 d内任何时间NIHSS评分较入院时增加 ≥ 2 分或运动项评分较入院时增加 ≥ 1 分。(2)PHVS定义及评分。PHVS定义^[3]为SWI图像上患侧MCA供血区与健侧相比,表现出明显的低信号静脉影伴有管径增加和(或)条数增多;采用Alberta卒中项目早期CT评分(Alberta Stroke Program Early CT Score, ASPECT)^[9]定量分析PHVS部位与数量,该评分系统共计10分,包括低层面MCA皮质或髓质区域(M1、M2、M3各1分)共3分、高层面MCA皮质或髓质区域(M4、M5、M6各1分)共3分、岛叶皮质(I)1分、丘纹静脉引流的3个区域[尾状核(C)、豆状核(L)和内囊(IC)]各1分,当某一区域出现PHVS时计1分,最终分数即为SWI-ASPECT评分。(3)ICA/MCA狭窄程度。在CTA上根据脑梗死溶栓(thrombolysis in

cerebralinfarction, TIC1) 分级评分系统^[10], 轻中度狭窄为狭窄远端血流信号正常, 分支无明显减少; 重度狭窄为严重狭窄, 狭窄远端血流信号明显减少; 完全闭塞为血管完全闭塞且远端血流信号缺失。

2. 统计学方法: 采用SPSS 26.0统计软件进行数据分析, 计量资料经正态性检验, 符合正态分布的资料均采用均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 组间比较采用独立样本 *t* 检验; 不符合正态分布的资料均采用中位数及四分位数 [$M(P_{25}, P_{75})$]表示, 组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验。分类计数资料均采用例数或百分比表示, 无序分类资料组间比较采用 χ^2 检验, 有序分类资料组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验。采用 Logistic 回归分析筛选影响 END 的相关因素。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 两组急性 MCA 脑梗死患者一般资料比较: 见表 1。两组患者的性别、高血压病、糖尿病、心房颤动、吸烟史、饮酒史、PHVS、梗死面积比较采用 χ^2 检验, 结果显示 END 组的高血压、PHVS 人数所占比例明显高于非 END 组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 其余指标比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。两组患者的发病时长、入院 NIHSS 评分、主干动脉狭窄程度、NLR、血小板/淋巴细胞比值 (platelet to lymphocyte ratio, PLR)、C 反应蛋白、天冬氨酸氨基转移酶、丙氨酸氨基转移酶、肌酐、D-二聚体、纤维蛋白原降解产物采用 Mann-Whitney *U* 检验, 结果显示 END 组的入院 NIHSS 评分、主干动脉狭窄程度、NLR 高于非 END 组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 其余指标比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。两组患者的年龄、收缩压、舒张压、白蛋白、葡萄糖、总胆固醇、国际标准化比值、活化部分凝血活酶时间采用独立样本 *t* 检验, 结果显示差异无统计学意义 ($P < 0.05$)。

2. 影响急性 MCA 脑梗死患者发生 END 的因素分析: 以患者是否发生 END 为因变量, 以单因素分析中差异有统计学意义的指标 (高血压病、入院 NIHSS 评分、PHVS、主干动脉狭窄程度、NLR) 为自变量 (赋值见表 2) 建立二元 Logistic 回归方程, 表 3 分析显示入院 NIHSS 评分、PHVS 阳性、主干动脉狭窄程度、NLR 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 为急性 MCA 脑梗死患者发生 END 的危险因素。

3. 急性 MCA 脑梗死 PHVS 阳性患者亚组 SWI-ASPECT 评分比较: 见表 4。两组患者的 SWI-ASPECT

总分经独立样本 *t* 检验结果显示, END 组的 SWI-ASPECT 总分明显高于非 END 组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。两组患者的 M1、M2、M3、M4、M5、M6、C、L、IC、I 人数所占比例经 χ^2 检验显示, END 组的 M2、M5 人数所占比例明显高于非 END 组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 其余指标比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

讨 论

本研究显示, PHVS 可能是预测急性 MCA 脑梗死患者发生 END 的影像学指标, 推测 PHVS 代表的低灌注区域处于代偿调节过程, 并且这种代偿更倾向于走向衰竭发生 END, 可以表现为脑梗死面积增大、脑水肿、出血转化等。脑血管急性闭塞后, 先后启动了结构代偿和功能代偿, 即侧支循环和小血管自身的血流调节, 当血流储备逐渐走向衰竭, 脑组织低灌注区域开启代谢代偿, 即通过提高氧摄取分数维持氧代谢率, 血管内脱氧血红蛋白比例增加, 而利用血氧水平依赖原理成像的 SWI 对顺磁性物质脱氧血红蛋白高度敏感, 此时富含脱氧血红蛋白的脑小静脉在 SWI 方面表现为 PHVS。同时, 由于组织代谢代偿的有限性, 脑组织梗死区域可能进一步增大^[11]。Li 等^[12]的研究也论证了这一观点, 其通过对急性脑梗死患者的随访影像发现, 相比于 PHVS 阴性的患者, PHVS 阳性患者更易发生早期梗死面积增大。另外, PHVS 阳性患者该区域小静脉代谢性扩张、管壁变薄, 血管壁细胞缺血变性坏死, 血-脑脊液屏障受损, 易发生出血, 文小检等^[13]对 PHVS 与脑梗死出血转化的研究中的结论与此一致。

本研究还显示, SWI-ASPECT 评分和 M2、M5 区出现 PHVS 也可以预测急性 MCA 脑梗死发生 END 的风险。究其原因, 较高的 SWI-ASPECT 评分可能代表了更广泛的低灌注区域。有研究表明, 较高的 SWI-ASPECT 评分与较差的侧支循环相关^[14], 这也印证了本研究的结果。同样, 由于 M2、M5 区是 MCA 近皮质供血区域, M2、M5 区出现 PHVS 代表原本侧支循环丰富的皮质区域已发生低灌注, 提示病情的严重性, 发生 END 的风险增高。

SWI 是一种依据血氧水平依赖 (blood oxygen level dependent, BOLD) 原理显影的功能磁共振技术, 虽然其最初的研发理念是利用脱氧血红蛋白作为内源性对比剂实现头部小静脉成像, 但是随着研究深入, 其应用范围逐渐扩大。Lu 等^[15-16]的研究

表1 两组急性MCA脑梗死患者一般资料比较

项目	非END组(n=173)	END组(n=67)	t/Z/χ ² 值	P值
性别[例(%)]				
男	114(65.9)	41(61.2)	0.467	0.494
女	59(34.1)	26(38.8)		
年龄[岁, M(P ₂₅ , P ₇₅)]	62.27 ± 11.31	60.87 ± 13.71	0.809	0.419
发病时长[d, M(P ₂₅ , P ₇₅)]	3.0(1.0, 5.0)	2.0(1.0, 4.0)	-1.254	0.210
既往史[例(%)]				
高血压病	116(67.1)	54(80.6)	4.289	0.038
糖尿病	48(27.7)	19(28.4)	0.009	0.924
心房颤动	12(6.9)	3(4.5)	0.498	0.480
吸烟史	58(33.5)	17(25.4)	1.494	0.222
饮酒史	32(18.5)	9(13.4)	0.874	0.350
入院血压[mmHg, $\bar{x} \pm s$]				
收缩压	144.97 ± 18.24	149.28 ± 20.07	1.599	0.111
舒张压	88.49 ± 14.88	88.76 ± 12.10	0.145	0.885
入院NIHSS评分[分, M(P ₂₅ , P ₇₅)]	3.0(1.0, 5.0)	4.0(2.0, 8.0)	-4.138	<0.001
PHVS[例(%)]	46(26.6)	42(62.7)	27.099	<0.001
梗死面积[例(%)]				
≤ 1/3	143(82.7)	53(79.1)	0.408	0.523
> 1/3	30(17.3)	14(20.9)		
主干动脉狭窄程度[例(%)]				
轻中度狭窄	69(39.9)	17(25.4)	-2.675	0.007
重度狭窄	86(49.7)	35(52.2)		
完全闭塞	18(10.4)	15(22.4)		
实验室资料				
NLR [M(P ₂₅ , P ₇₅)]	2.41(1.85, 3.89)	3.56(2.64, 6.62)	-4.622	<0.001
PLR [M(P ₂₅ , P ₇₅)]	131.25(97.62, 166.41)	135.83(96.00, 191.67)	-0.934	0.350
C反应蛋白[mg/L, M(P ₂₅ , P ₇₅)]	3.10(1.10, 8.30)	4.00(1.90, 9.20)	-1.634	0.102
天冬氨酸氨基转移酶[U/L, M(P ₂₅ , P ₇₅)]	19.00(16.00, 25.00)	17.00(15.00, 25.00)	-1.648	0.099
丙氨酸氨基转移酶[U/L, M(P ₂₅ , P ₇₅)]	20.00(15.00, 33.00)	21.00(13.00, 31.00)	-0.634	0.526
白蛋白[g/L, $\bar{x} \pm s$]	42.90 ± 4.84	42.14 ± 8.61	0.685	0.495
肌酐[μmol/L, M(P ₂₅ , P ₇₅)]	65.00(52.00, 76.00)	61.00(53.00, 75.00)	-0.793	0.428
葡萄糖[mmol/L, $\bar{x} \pm s$]	6.65 ± 2.84	6.72 ± 2.24	0.165	0.869
总胆固醇[mmol/L, $\bar{x} \pm s$]	4.42 ± 0.90	4.31 ± 0.88	0.860	0.391
国际标准化比值($\bar{x} \pm s$)	1.04 ± 0.34	1.06 ± 0.30	0.308	0.759
活化部分凝血活酶时间[s, $\bar{x} \pm s$]	28.25 ± 6.43	27.37 ± 7.64	0.909	0.364
D-二聚体[μg/ml, M(P ₂₅ , P ₇₅)]	0.23(0.13, 0.42)	0.27(0.13, 0.60)	-0.956	0.339
纤维蛋白原降解产物[mg/L, M(P ₂₅ , P ₇₅)]	1.90(1.30, 2.55)	1.60(1.10, 2.66)	-0.702	0.483

注: 1 mmHg=0.133 kPa; MCA 大脑中动脉; NIHSS 美国国立卫生研究院卒中量表; PHVS 显著低信号血管征; NLR 中性粒细胞/淋巴细胞比值; PLR 血小板/淋巴细胞比值; END 早期神经功能恶化

表2 变量赋值表

变量	因素	赋值
Y	END	否=0, 是=1
X1	高血压	否=0, 是=1
X2	入院NIHSS评分	数值型
X3	PHVS	否=0, 是=1
X4	主干动脉狭窄程度	轻中度狭窄=1, 重度狭窄=2, 完全闭塞=3
X5	NLR	数值型

联合CT灌注成像(CT perfusion imaging, CTP)、MRI灌注加权成像(perfusion-weighted imagine, PWI)证明了PHVS与低灌注区域具有良好的匹配能力,但同时PHVS的出现也是一种代偿机制的体现,而这种代偿是走向衰竭还是可以挽救缺血组织在既往研究中结论不一,且这种代偿机制在不同的治疗方案下是否有不同的结局仍需进一步研究。汪春霞等^[5]认为,PHVS与患者的预后无关,PHVS仅是缺血适

表3 影响急性MCA脑梗死患者发生END的Logistic回归分析

因素	B值	标准误	Wald χ^2 值	P值	OR值	95%CI
PHVS	1.594	0.341	21.876	0.000	4.925	2.525 ~ 9.607
高血压	0.618	0.416	2.208	0.137	1.856	0.821 ~ 4.194
主干动脉狭窄程度	-	-	9.551	0.008	-	-
重度狭窄	0.963	0.405	5.660	0.017	2.620	1.185 ~ 5.793
完全闭塞	1.535	0.524	8.577	0.003	4.643	1.662 ~ 12.975
NLR	0.138	0.062	4.969	0.026	1.148	1.017 ~ 1.295
入院NIHSS评分	0.167	0.056	8.884	0.003	1.182	1.059 ~ 1.319
常量	1.594	0.341	21.876	0.000	-	-

注: MCA 大脑中动脉; END 早期神经功能恶化; PHVS 显著低信号血管征; NIHSS 美国国立卫生研究院卒中量表; - 无数据

表4 急性MCA脑梗死PHVS阳性患者SWI-ASPECT评分比较

组别	例数	SWI-ASPECT评分 [分, ($\bar{x} \pm s$)]	M1 [例(%)]	M2 [例(%)]	M3 [例(%)]	M4 [例(%)]	M5 [例(%)]	M6 [例(%)]	C [例(%)]	L [例(%)]	IC [例(%)]	I [例(%)]
非END组	46	1.65 ± 0.82	9(19.6)	17(37.0)	11(23.9)	6(13.0)	16(34.8)	6(13.0)	3(6.5)	1(2.2)	6(13.0)	1(2.2)
END组	42	3.05 ± 1.36	12(28.6)	33(78.6)	17(40.5)	10(23.8)	35(83.3)	2(4.8)	1(2.4)	2(4.8)	10(23.8)	3(7.1)
t/χ^2 值		5.756	0.980	15.497	2.776	1.711	21.238	0.958	0.176	0.006	1.711	0.367
P值		<0.001	0.322	<0.001	0.096	0.191	<0.001	0.328	0.675	0.936	0.191	0.545

注: MCA 大脑中动脉; PHVS 显著低信号血管征; SWI-ASPECT 磁敏感加权成像-Albert 卒中项目早期CT; END 早期神经功能恶化

应的表现,与临床结局无因果关系;而在Lou等^[17]的研究中,PHVS阳性患者经再灌注治疗后获得更好的预后,分析其原因可能因为血管再通后低灌注得到改善,扭转了缺氧组织的临床结局。本研究通过对行药物保守治疗的患者进行研究,结果显示对于不能及时改善灌注的脑梗死患者,PHVS提示发生END的风险增高,组织代偿性提高摄氧分数的方式不足以挽救低灌注组织。

在本研究中,入院NIHSS评分、主干动脉狭窄程度、NLR也是END的独立影响因素,这与既往研究结论一致^[18-19],且三者皆可反映脑组织灌注不足。另外,关于入院NIHSS评分、主干动脉狭窄程度与PHVS的关系在多篇报道中均已提及。崔萍等^[20]的研究显示,入院NIHSS评分为深髓静脉征分级程度的独立影响因素。在Yu等^[21]对急性MCA脑梗死患者的研究中,PHVS的出现与颈内动脉或MCA近段狭窄或闭塞性病变相关。这进一步佐证了本研究的假设,PHVS的出现是多种机制介导的脑组织低灌注、氧供需失衡的综合体现,可能是END的影像学标志物。

综上所述,PHVS可作为早期、快速识别急性MCA脑梗死发生END的影像学表现,临床实践中可利用SWI获取疾病进展的信息,同时脑组织低灌注也可能是END的治疗靶点。但是本研究对象中未包含行血管再通治疗的患者,所以后续将继续收集

资料进一步验证PHVS对不同治疗方案的患者发生END的预测价值。

利益冲突 文章所有作者共同认可文章无相关利益冲突

作者贡献声明 构思与设计为王伟、牟英峰、杜波、黄炎、陈浩、王敦敬、耿德勤,研究准备、数据分析、数据解释、论文撰写为王伟,数据搜集、数据整理为王伟、陈曦和孙浩,论文修订为王伟、牟英峰、耿德勤

参 考 文 献

- [1] GBD 2015 Maternal Mortality Collaborators. Global, regional, and national levels of maternal mortality, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015 [J]. Lancet, 2016, 388(10053): 1775-1812. DOI: 10.1016/s0140-6736(16)31470-2.
- [2] Yi X, Han Z, Zhou Q, et al. 20-hydroxyeicosatetraenoic acid as a predictor of neurological deterioration in acute minor ischemic stroke[J]. Stroke, 2016, 47(12): 3045-3047. DOI: 10.1161/STROKEAHA.116.015146.
- [3] Jensen-Kondering U, Böhm R. Asymmetrically hypointense veins on T2*w imaging and susceptibility-weighted imaging in ischemic stroke[J]. World J Radiol, 2013, 5(4): 156-165. DOI: 10.4329/wjr.v5.i4.156.
- [4] Zaitzu Y, Kudo K, Terae S, et al. Mapping of cerebral oxygen extraction fraction changes with susceptibility-weighted phase imaging[J]. Radiology, 2011, 261(3): 930-936. DOI: 10.1148/radiol.11102416.
- [5] 汪春霞, 吴诗楠, 龚晓娇, 等. 急性脑梗死患者磁敏感加权成像显示的不对称性皮质静脉征的临床观察[J]. 中华神经科杂志, 2017, 50(6): 452-456. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-7876.2017.06.010.

- [6] 胡宗继, 谭琦, 刘琳, 等. 磁敏感加权成像不对称的显著皮质静脉与急性缺血性卒中患者早期神经功能恶化的相关性[J]. 国际脑血管病杂志, 2020, 28(2): 87-92. DOI: 10.3760/ema.j.issn.1673-4165.2020.02.002.
Hu ZJ, Tan Q, Liu L, et al. Corelition between asymmetricly prominent cortical veins on susceptblity-weighted imaging and early neurological deterioration in patients with acute schemic stroke[J]. Int J Cerebrovasc Dis, 2020, 28(2): 87-92.
- [7] 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. DOI: 10.3760/ema.j.issn.1006-7876.2018.09.004.
Chinese Society of NeurologyChinese Stroke Society. Chinese guidelines for diagnosis and treatment of acute ischemic stroke 2018 [J]. Chin J Neurol, 2018, 51(9): 666-682.
- [8] Kim JM, Bae JH, Park KY, et al. Incidence and mechanism of early neurological deterioration after endovascular thrombectomy [J]. J Neurol, 2019, 266(3): 609-615. DOI: 10.1007/s00415-018-09173-0.
- [9] Barber PA, Demchuk AM, Zhang J, et al. Validity and reliability of a quantitative computed tomography score in predicting outcome of hyperacute stroke before thrombolytic therapy. ASPECTS Study Group. Alberta Stroke Programme Early CT Score[J]. Lancet, 2000, 355(9216): 1670-1674. DOI: 10.1016/s0140-6736(00)02237-6.
- [10] Higashida RT, Furlan AJ, Roberts H, et al. Trial design and reporting standards for intra-arterial cerebral thrombolysis for acute ischemic stroke[J]. Stroke, 2003, 34(8): e109-e137. DOI: 10.1161/01.STR.0000082721.62796.09.
- [11] 贾亚南, 刘翠翠, 刘俊艳. 磁敏感加权成像不对称皮层静脉征与急性缺血性卒中预后的关系研究[J]. 中国卒中杂志, 2019, 14(7): 639-644. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5765.2019.07.003.
Jia YN, Liu CC, Liu JY. Predictive value of asymmetrical cortical vein sign based on susceptibility weighted imaging for prognosis of patients with acute ischemic stroke[J]. Chin J Stroke, 2019, 14(7): 639-644.
- [12] Li W, Xiao WM, Luo GP, et al. Asymmetrical cortical vein sign predicts early neurological deterioration in acute ischemic stroke patients with severe intracranial arterial stenosis or occlusion[J]. BMC Neurol, 2020, 20(1): 331. DOI: 10.1186/s12883-020-01907-w.
- [13] 文小检, 刘筠, 许亮. SWI对急性脑梗死出血性转化及早期预后的预测价值[J]. 临床放射学杂志, 2015, 34(1): 14-17. DOI: 10.13437/j.cnki.jcr.2015.01.006.
- Wen XJ, Liu J, Xu L. Clinical value of susceptibility weighted imaging in predicting hemorrhagic transformation and making early prognosis for acute cerebral infarction[J]. Journal of Clinical Radiology, 2015, 34(1): 14-17.
- [14] Verma RK, Hsieh K, Gratz PP, et al. Leptomeningeal collateralization in acute ischemic stroke: impact on prominent cortical veins in susceptibility-weighted imaging[J]. Eur J Radiol, 2014, 83(8): 1448-1454. DOI: 10.1016/j.ejrad.2014.05.001.
- [15] Lu X, Meng L, Zhou Y, et al. Quantitative susceptibility-weighted imaging may be an accurate method for determining stroke hypoperfusion and hypoxia of penumbra[J]. Eur Radiol, 2021. [Online ahead of print]. DOI: 10.1007/s00330-020-07485-2.
- [16] Luo S, Yang L, Wang L. Comparison of susceptibility-weighted and perfusion-weighted magnetic resonance imaging in the detection of penumbra in acute ischemic stroke[J]. J Neuroradiol, 2015, 42(5): 255-260. DOI: 10.1016/j.neurad.2014.07.002.
- [17] Lou M, Chen Z, Wan J, et al. Susceptibility-diffusion mismatch predicts thrombolytic outcomes: a retrospective cohort study[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2014, 35(11): 2061-2067. DOI: 10.3174/ajnr.A4017.
- [18] Seners P, Baron JC. Revisiting ‘progressive stroke’: incidence, predictors, pathophysiology, and management of unexplained early neurological deterioration following acute ischemic stroke[J]. J Neurol, 2018, 265(1): 216-225. DOI: 10.1007/s00415-017-8490-3.
- [19] Martin AJ, Price CI. A systematic review and Meta-analysis of molecular biomarkers associated with early neurological deterioration following acute stroke[J]. Cerebrovasc Dis, 2018, 46(5/6): 230-241. DOI: 10.1159/000495572.
- [20] 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. DOI: 10.3969/j.issn.16725131.2020.08.009.
Cui P, Zhang J, Wang S, et al. Diagnostic value of SWI hairbrush sign for hemorrhagic transformation in AIS Patients after intravenous thrombolysis[J]. Chinese Journal of CT and MRI, 2020, 18(8): 26-28, 68.
- [21] Yu J, Wang L, Li Z, et al. Related factors of asymmetrical vein sign in acute middle cerebral artery stroke and correlation with clinical outcome[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2017, 26(10): 2346-2353. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.05.023.

(收稿日期: 2020-12-21)

(本文编辑: 赵金鑫)