

## 论 著

## FLAIR高信号血管征-DWI不匹配评估急性脑梗死患者血栓切除术后的预后价值

张 媛 陆小妍\* 郭 群

刘 浩 郭静丽

南京医科大学附属南京医院(南京市第一医院)医学影像科 (江苏南京 210006)

【摘要】目的 探讨急性脑梗死患者的FLAIR图像上出现高信号血管征的范围与弥散加权成像范围的不匹配评估患者行血管内血栓切除术(EVT)后功能结局的预后价值。方法 回顾性分析60例急性脑梗死发作后行血管内血栓切除术的患者,收集这些患者的FLAIR、DWI、FLAIR高信号血管征与DWI高信号不匹配、功能结果(mRS)以及其他临床相关数据,采用多元Logistic回归分析预测功能结果。结果 功能结果良好组(36/60;60.0%)较功能结果不良组(24/60;40.0%)的FVHS-DWI不匹配高(85.29%对45.83%; $t=12.371$ ;  $P<0.001$ )。多变量Logistic回归分析表明,FVHS-DWI不匹配与良好的功能结局独立相关[OR (95% CI): 0.179(0.042~0.494),  $P<0.001$ ]。结论 急性脑梗死患者EVT术前使用FVHS-DWI不匹配评估有助于预测急性脑梗死患者的功能结果。

【关键词】急性脑梗死; FLAIR高信号血管征; 侧枝循环; 弥散加权成像; 功能结果

【中图分类号】R445.2; R743.32

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.10.006

## Prognostic Value of FLAIR High-signal Vascular Sign -DWI Mismatch in Patients with Acute Cerebral Infarction after Thrombectomy

ZHANG Yuan, LU Xiao-yan\*, GUO Qun, LIU Hao, GUO Jing-li.

Department of Radiology, Nanjing First Hospital, Nanjing Medical University, Nanjing 210006, Jiangsu Province, China

## ABSTRACT

**Objective** To investigate the mismatch between the range of high-signal vascular signs on FLAIR images and the range of diffusion-weighted imaging in evaluating the prognostic value of functional outcomes after intravascular thrombectomy (EVT) in patients with acute cerebral infarction. **Methods** A retrospective analysis was performed on 60 patients with acute cerebral infarction who underwent intravascular thrombectomy. FLAIR, DWI, FLAIR high-signal vascular sign and DWI high-signal Mismatch (FVHS-DWI Mismatch), functional outcome (mRS), and other clinically relevant data were collected. Multiple logistic regression analysis was used to predict the functional results. **Results** Group with good functional results (36/60; 60.0%) compared with poor functional outcome group (24/60; 40.0%) had a high FVHS-DWI Mismatch (85.29% vs. 45.83%;  $t=12.371$ ;  $P<0.001$ ). Multivariate logistic regression analysis showed that FVHS-DWI mismatch was associated with good functional outcomes Independent correlation [OR (95% CI): 0.179 (0.042~0.494),  $P<0.001$ ]. **Conclusion** The use of FVHS-DWI Mismatch before EVT is helpful in predicting functional outcomes in patients with acute cerebral infarction.

**Keywords:** Acute Cerebral Infarction; FLAIR High Signal Vascular Sign; Collateral Circulation; Diffusion Weighted Imaging; Functional Outcome

急性缺血性脑卒中(AIS)即急性脑梗死,是一种严重危害人类生命的脑血管疾病,约占我国脑卒中发病率的70%<sup>[1]</sup>,有很高的死亡率和致残率。在患者症状发作后的4.5小时内使用组织纤溶酶原激活剂进行静脉溶栓是一种有效的治疗方法,但是在脑部大动脉血栓栓塞的病例中,其有效性降低,再通率不到50%<sup>[2-3]</sup>。血管内血栓切除术(EVT)正在成为大脑中动脉或颈内动脉等大血管闭塞患者的一线治疗方法<sup>[4-6]</sup>。尽管EVT可能导致血管内皮损伤和内膜水肿,但其可以使血管再通,为恢复闭塞血管的血流提供了一种有效方法。但是血管再通后患者的功能预后仍然未知。本研究通过分析急性脑梗死患者的MRI及临床特征,来预测EVT术后患者的功能结果。

## 1 资料与方法

**1.1 临床资料** 对2021年1月至2022年12月南京市第一医院60例急性脑梗死并进行EVT手术的患者进行回顾性分析。急性脑梗死为急性临床血管综合征,并伴有DWI显示急性脑梗死的证据。依据静脉溶栓标准,患者于急性脑梗死发作后4.5小时内接受静脉溶栓,然后立即行MRI检查,MR发现大血管闭塞,立即进行血管内血栓切除术。纳入标准:首次急性前循环梗死或既往轻度脑梗死,但不影响神经系统评分;EVT术前用MRI检查,包括FLAIR、DWI;患者接受EVT治疗;3个月后使用改良Rankin量表(mRS)进行临床随访。排除标准:影像学检查发现颅内出血,肿瘤或创伤;磁共振检查禁忌证;缺失mRS资料;患者拒绝EVT;运动伪影等任何原因导致无法评估MRI数据。患者以下临床资料被收集:年龄;性别;入院时的美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)评分;发病到入院、MRI检查、EVT及再通时间;糖尿病(空腹血糖 $\geq 126$  mg/dL, 7.00 mmol/L)或口服75g葡萄糖耐量试验2小时后血糖 $\geq 200$  mg/dL(11.1 mmol/L);糖化血红蛋白(glycated hemoglobin, HbA1c);高血压( $>140/90$  mmHg);高脂血症(血清总胆固醇 $>150$  mg/dL, 1.70 mmol/L)/甘油三酯 $>220$  mg/dL(5.72 mmol/L)/低密度脂蛋白胆固醇 $>140$  mg/dL(3.64 mmol/L);同型半胱氨酸(血液检查水平 $>15$   $\mu$ mol/L)和房颤。3个月后mRS评分评估功能结果:mRS评分0~2为功能结果良好,3~6分为功能结果不良。

**1.2 检查方法** MR检查使用3.0T磁共振扫描仪(Ingenia, 荷兰飞利浦)。序列包括常规T<sub>1</sub>WI、T<sub>2</sub>WI、FLAIR、DWI和MRA。序列参数:FLAIR(翻转恢复序列, TR 7000ms, TE 120ms, 矩阵356 $\times$ 151, FOV 230mm $\times$ 230mm, 翻转角90°, 层数18, 层厚6mm, 层间距1.3mm);DWI(自旋回波序列, TR 2501 ms, TE 98ms, 矩阵152 $\times$ 122, 3方向, FOV 230mm $\times$ 230mm, 翻转角90°, 层数18, 层厚6 mm, 层间距1.3 mm, b值0和1000s/mm<sup>2</sup>);3D-MRA(快速回波FFE序列, TR 4.9 ms, TE 1.82 ms, 矩阵528 $\times$ 531, FOV 330mm $\times$ 330mm, 层厚1.2 mm)。

**1.3 影像分析** 两名经验丰富的放射科医师独立评估这些图像,如果这两名读片者评估结果不一致,则对图像进行再次分析,并达成共识。FLAIR图像上的高信号血管依据ASPECTS(Alberta Stroke Program Early Computerized Tomography Score,

【第一作者】张 媛,女,主管护师,主要研究方向:神经系统磁共振。E-mail: 496284790@qq.com

【通讯作者】陆小妍,女,主管护师,主要研究方向:神经系统磁共振。E-mail: luxiaoyan2000@163.com

ASPECTS), 分为导带区和M1-M6共7个区域, 每个区域为1分<sup>[7]</sup>。评估FVHS-DWI不匹配为对比观察MR轴向FLAIR图像以及DWI图像, 当FLAIR图像上的FVHS延伸至DWI图像上皮质高信号范围的边缘以外时, 则认为存在FVHS-DWI不匹配。

**1.4 统计学方法** 采用SPSS 22.0进行统计分析。计量资料采用均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ ), 并使用独立样本t检验或Mann-Whitney U检验进行比较分析。计数资料采用例(%)表示, 并采用卡方检验或Fisher精确检验进行分析。 $P < 0.05$ 被认为具有统计学意义。以3个月的mRS为结局变量进行多因素Logistic回归分析, 得到比值比(OR)和95%置信区间(CI)。

## 2 结果

共有60例患者被纳入统计, 其中男34名, 女26名, 平均年龄 $65.24 \pm 14.6$ 岁。根据3个月后的mRS评分分为功能结果良好组和功能结果不良组, 功能结果良好组36例患者, 占60.0%, 功能结果不良组24例患者, 占40.0%。两组患者的基线资料和临床资料见表1。功能结果良好组和功能结果不良组间的性别、年龄、入院NIHSS评分、糖尿病、高血压、房颤、高脂血症、同型半胱氨酸血症的比例以及发病到MRI检查、EVT及再通时间无明显差异( $P > 0.05$ )。功能结果良好组(36/60; 60.0%)较功能结果不良组(24/60; 40.0%)的FVHS-DWI不匹配高(85.29%对45.83%;  $t = 12.371$ ;  $P < 0.001$ ), 两组间比较差异有统计学意义。多变量Logistic回归分析表明, FVHS-DWI不匹配与良好的功能结局[OR (95% CI): 0.179 (0.042~0.494),  $P < 0.001$ ]独立相关。EVT术前评估FVHS-DWI不匹配有助于预测急性脑梗死患者的功能结果。

当然, 我们的研究仍然有一些局限性。我们的研究是基于单

中心的急性脑梗死患者, 样本量较小, 结果可能存在一些误差。因此, 我们将在未来的研究中通过扩大样本量、减少误差来评估FVHS-DWI不匹配对急性脑梗死患者的预后价值。

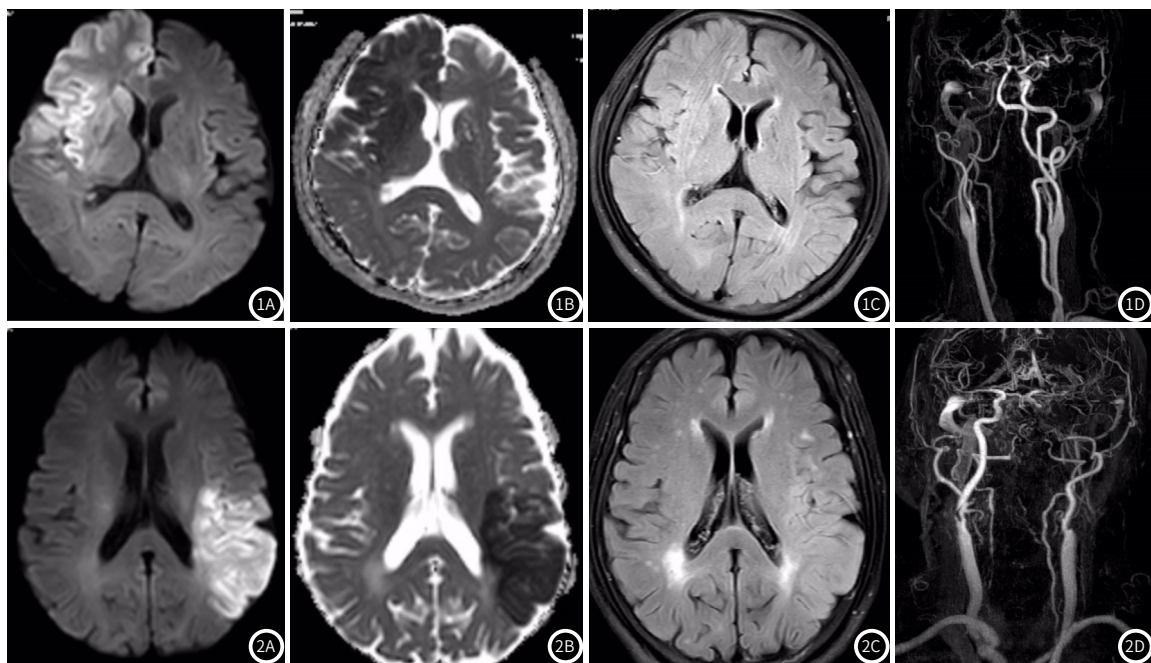
**表1 急性脑梗死患者EVT术后功能结果良好组和功能结果不良组间各参数比较**

|                   | 功能结果良好组       | 功能结果不良组       | t / $\chi^2$ 值 | P值     |
|-------------------|---------------|---------------|----------------|--------|
| 性别 男[例(%)]        | 15 (41.67%)   | 19 (79.17%)   | -0.267         | 0.731  |
| 年龄(岁)             | 65.24 ± 14.57 | 68.21 ± 15.32 | -0.821         | 0.338  |
| 入院NIHSS评分(分)      | 10.73 ± 5.29  | 14.32 ± 4.72  | -1.689         | 0.098  |
| 发病到MR时间(h)        | 5.74 ± 1.32   | 5.89 ± 1.47   | -0.385         | 0.621  |
| 发病EVT时间(h)        | 6.85 ± 1.73   | 6.92 ± 1.72   | -0.512         | 0.592  |
| 发病到再通时间(h)        | 7.21 ± 0.82   | 7.32 ± 0.77   | -0.248         | 0.781  |
| 高血压[例(%)]         | 29 (80.56%)   | 21 (87.50%)   | 0.157          | 0.932  |
| 心房颤动[例(%)]        | 13 (36.11%)   | 11 (45.83%)   | 0.571          | 0.173  |
| 高脂血症[例(%)]        | 19 (52.78%)   | 12 (50.00%)   | 0.153          | 0.915  |
| 同型半胱氨酸[例(%)]      | 4 (11.11%)    | 3 (12.50%)    | 0.117          | 0.962  |
| 空腹血糖(mg/L)        | 10.91 ± 1.87  | 11.71 ± 2.13  | -0.693         | 0.231  |
| HbA1c (%)         | 5.71 ± 0.43   | 5.94 ± 0.58   | -0.135         | 0.214  |
| FVHS评分(分)         | 4.57 ± 1.97   | 3.02 ± 1.39   | 2.751          | 0.009  |
| DWI容积(mL)         | 35.48 ± 24.67 | 47.13 ± 21.68 | -2.816         | 0.027  |
| FVHS-DWI不匹配[例(%)] | 29 (85.29%)   | 11 (45.83%)   | 12.371         | <0.001 |
| 3个月mRS评分(分)       | 2.43 ± 1.65   | 4.31 ± 1.65   | -5.873         | <0.001 |

注: NIHSS: 美国国立卫生研究院中风量表; EVT: 血管内血栓切除术;

HbA1c: 糖化血红蛋白; FVHS: FLAIR高信号血管征; DWI: 扩散加权成像;

mRS: 改良 Rankin 量表。



**图1A-图1D** 患者, 女, 78岁, 3个月mRS评分2分。1A: DWI示右侧额叶大片高信号。1B: ADC图右侧额叶ADC值减低。1C: FLAIR见右侧额叶内高信号血管影, 部分位于DWI高信号区域以外, 1D: MRA显示患者右侧颈内动脉显影浅淡, 局部闭塞, 右侧大脑中动脉供血区分支稀疏。

**图2A-图2D** 患者, 男, 69岁, 3个月mRS评分4分。2A: DWI示左侧额叶大片高信号。2B: ADC图显示左侧额叶ADC值减低。2C: FLAIR见病灶区域内少许高信号血管影。2D: MRA显示患者左侧颈内动脉闭塞。

## 3 讨论

随着社会的发展, 人口老龄化越来越严重, 急性脑梗死的发病率也逐年升高。急性脑梗死包括不可逆的核心梗死区和尚可挽救的缺血半暗带, 急性脑梗死的治疗目的是全部或部分挽救缺血半暗带<sup>[8]</sup>。目前, 急性脑梗死患者发病4.5h内立即使用重组组织型纤溶酶原激活剂(rtPA)进行静脉溶栓, 仍是首选的治疗方法, 是对于大血管闭塞, 其效果欠佳。血管内血栓切除术, 即EVT, 是再通颅内闭塞大血管的有效手术方法, 且已被证明可改善前循

环闭塞所致的急性脑梗死患者的预后, 在脑梗死的早期和6~24小时的窗口期都有较好效果。大多数患者在进行EVT前都接受过静脉溶栓, 可能会改善早期血管再通和侧支循环。但是即使术后患者成功再灌注, 仍然有一半及以上的患者发生严重的残疾或死亡导致预后不良。国内外很多相关研究表明侧枝循环能够加强缺血半暗带的血液供应, 对缺血的脑组织有明显的保护作用。因此, 侧枝循环的形成对于急性脑梗死患者的预后至关重要。在EVT之

前检测侧枝循环及缺血半暗带对于患者的功能结果有重要意义。FLAIR高信号血管征(FLAIR hyperintense vessel sign, FHVS)是指在磁共振FLAIR序列上蛛网膜下腔内点状条状的高信号血管影,其最早于1999年由Cosnard等发现<sup>[9]</sup>。发生机制可能是机体发生血液动力学损害后软脑膜上缓慢或逆行的侧枝循环血流供应缺血区<sup>[10]</sup>。Sanossian等<sup>[11]</sup>发现大动脉急性闭塞时,闭塞血管远端存在线状高信号,这些高信号的血流并非血栓,而与DSA上颈动脉狭窄患者的侧支循环一致,表明FHVS对于评估侧支循环有较高的准确性。有研究提出, FHVS可用于无创性评估急性脑梗死患者侧支循环状态。Mahdjoub等<sup>[12]</sup>研究发现FHVS与良好的侧支循环相关, FHVS的评分可用来挑选能够从静脉溶栓中获益的患者。另外,也有一些学者的研究表明, FHVS越广泛,患者的梗死体积和随访后的病灶体积越小,缺血半暗带也越大,功能结果明显较好<sup>[13-16]</sup>。Kufner等<sup>[17]</sup>研究报告显示FHVS反映了溶栓之前有血管栓塞的患者,其侧枝循环也较差。但是,早期多数研究仅仅使用FHVS来评估预后,但得出的结论却互相矛盾。单独的FHVS不足以评估患者的侧支循环情况以及预测脑梗死的预后,原因是多方面的。首先, FHVS原因多样,如血管闭塞、血流缓慢或逆行<sup>[18-19]</sup>。原因不同FHVS的病理情况也不同<sup>[20]</sup>。其次, FHVS评分方法也不尽相同,由于人员、机器、伪影、参数等原因,评估FHVS的影像学结果也有较大差异。已有研究<sup>[21]</sup>发现, FHVS-DWI不匹配可以比较准确地评估急性脑梗死患者的侧支循环,其在评估侧支循环方面优于FHVS。FHVS-DWI不匹配不仅可评估急性脑梗死后的侧支循环形成情况,还可评估急性脑梗死的范围。FHVS范围较大或 FHVS-DWI不匹配较多的患者其梗死体积往往较小,临床预后较好<sup>[22]</sup>,这很可能是因为在急性期,侧支循环快速形成,减少了核心梗死区的范围,挽救了较多的缺血半暗带。FHVS-DWI不匹配评估侧支循环方便重复、无需钆对比剂、可肉眼直接评估、无需后处理<sup>[23]</sup>。在我们的研究中,66.67%的急性脑梗死患者存在FHVS-DWI不匹配。功能良好组中,85.29%的患者存在FHVS-DWI不匹配,在功能不良组中,45.83%的患者存在FHVS-DWI不匹配。国内学者Wang等<sup>[23]</sup>发现FHVS-DWI不匹配与完全血运重建及良好功能结局呈正相关。有学者<sup>[24]</sup>发现,将FLAIR与DWI相结合可以识别从血管再通中受益的大脑中动脉M1段闭塞的患者。FHVS表示良好的侧枝循环形成。而良好的侧枝循环使rtPA在溶栓期间进入血栓远端,并可促进EVT期间的血凝块取出,从而提高成功再通的速率<sup>[25-28]</sup>。

本研究发现,与功能结果较差组相比,功能结果良好组的FHVS的评分更高, DWI体积更小, FHVS-DWI不匹配比例更高,并且与良好的功能结果独立相关(图1-2)。FHVS的范围大于DWI上皮质高信号范围的边界,显示为FHVS-DWI不匹配,表明急性脑梗死患者虽然因缺血而导致的脑组织受损,但这些受损的脑组织周围有更多的侧枝循环,这种侧枝循环丰富的组织更容易在血管再通后恢复其功能。这就是FHVS-DWI不匹配的患者更有可能获得有利的临床预后的原因。

## 4 结 论

综上所述,与不良功能结果相比,良好的功能结果具有更高的FHVS-DWI不匹配率, FHVS-DWI不匹配与良好的功能结局独立相关。急性脑梗死患者行血栓切除术治疗前评估FHVS-DWI不匹配有助于预测患者的功能结果。

## 参考文献

- [1]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.
- [2]林志超,谭泽峰,刘申柱,等.急性缺血性脑卒中多模态影像检查可行性研究[J].临床放射学杂志,2021,40(2):216-220.
- [3]Tsigoulis G,Kargiotis O,Alexandrov AV.Intravenous thrombolysis for acute ischemic stroke:a bridge between two centuries[J].Expert Rev Neurother,2017,17:819-837.
- [4]Goyal M,Menon BK,van Zwam WH,et al.Endovascular thrombectomy after large-vessel ischaemic stroke:a meta-analysis of individual patient data from five randomised trials[J].Lancet,2016,387:1723-1731.

- [5]Goyal M, Demchuk AM, Menon BK, et al. Randomized assessment of rapid endovascular treatment of ischemic stroke[J]. N Engl J Med, 2015, 372: 1019-1030.
- [6]Powers WJ, Rabinstein AA, Ackerson T, et al. 2018 guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association[J]. Stroke, 2018, 49: e46-e110.
- [7]Legrand L, Tisserand M, Turc G, et al. Do FLAIR vascular hyperintensities beyond the DWI lesion represent the ischemic penumbra? [J]. AJNR. American Journal of Neuroradiology, 2015, 36: 269-274.
- [8]McCabe C, Arroja MM, Reid E, et al. Animal models of ischaemic stroke and characterisation of the ischaemic penumbra [J]. Neuropharmacology, 2018, 134: 169-177.
- [9]刘浩,王同兴,郭静丽.急性大脑中动脉闭塞患者Flair序列高信号血管征在评估侧支循环中的临床应用价值[J].临床神经病学杂志,2020,33(6):430-433.
- [10]Lee Y, Wilm BJ, Brunner DO, et al. On the signal-to-noise ratio benefit of spiral acquisition in diffusion MRI [J]. Magn Reson Med, 2021, 85(4): 1924-1937.
- [11]Sanossian N, Saver JL, Alger JR, et al. Angiography reveals that fluid-attenuated inversion recovery vascular hyperintensities are due to slow flow, not thrombus [J]. AJNR. American Journal of Neuroradiology, 2009, 30(3): 564-568.
- [12]Mahdjoub E, Turc G, Legrand L, et al. Do fluid-attenuated inversion recovery vascular hyperintensities represent good collaterals before reperfusion therapy [J]. AJNR. American journal of Neuroradiology, 2018, 39(1): 77-83.
- [13]Huang X, Liu W, Zhu W, et al. Distal hyperintense vessels on flair: a prognostic indicator of acute ischemic stroke [J]. European Neurology, 2012, 68(4): 214-220.
- [14]Olindo S, Chausson N, Joux J, et al. Fluid-attenuated inversion recovery vascular hyperintensity: an early predictor of clinical outcome in proximal middle cerebral artery occlusion [J]. Archives of Neurology, 2012, 69(11): 1462-1468.
- [15]Lee KY, Latour LL, Luby M, et al. Distal hyperintense vessels on FLAIR: an MRI marker for collateral circulation in acute stroke? [J]. Neurology: Official Journal of the American Academy of Neurology, 2009, 72(13): 1134-1139.
- [16]Pérez de la Ossa N, Hernández-Pérez M, Domènech S, et al. Hyperintensity of distal vessels on FLAIR is associated with slow progression of the infarction in acute ischemic stroke [J]. Cerebrovascular Diseases (Basel, Switzerland), 2012, 34(5-6): 376-384.
- [17]Kufner A, Galinovic I, Ambrosi V, et al. Hyperintense vessels on FLAIR: hemodynamic correlates and response to thrombolysis [J]. AJNR. American Journal of Neuroradiology, 2015, 36(8): 1426-1430.
- [18]Apfaltrer P, Wenz H, Böhme J, et al. FLAIR vascular hyperintensities indicate slow poststenotic blood flow in ICA stenosis [J]. Clinical Neuroradiology, 2021, 31(3): 827-831.
- [19]Lee SH, Seo KD, Kim JH, et al. Correlation between hyperintense vessels on FLAIR imaging and arterial circulation time on cerebral angiography [J]. Magn Reson Med Sci, 2016, 15(1): 105-110.
- [20]Zeng L, Chen J, Liao H, et al. Fluid-attenuated inversion recovery vascular hyperintensity in cerebrovascular disease: a review for radiologists and clinicians [J]. Frontiers in Aging Neuroscience, 2021, 13: 790626.
- [21]邱艳华,黄立东,陈秋雁,等. FLAIR血管高信号-弥散加权成像不匹配评估急性缺血性脑卒中侧支循环的临床价值[J].磁共振成像,2022,13(3):6-11,65.
- [22]Jing L, Sui B, Shen M, et al. Comparison of three FLAIR vascular hyperintensities methodologies in patients with acute ischemic stroke [J]. Acta Radiologica (Stockholm, Sweden: 1987), 2021, 62(6): 766-775.
- [23]Wang Y, Zhou Z, Ding S. FLAIR vascular hyperintensity-DWI mismatch most likely to benefit from recanalization and good outcome after stroke [J]. Medicine, 2020, 99(2): e18665.
- [24]Jiang L, Chen YC, Zhang H, et al. FLAIR vascular hyperintensity in acute stroke is associated with collateralization and functional outcome [J]. European Radiology, 2019, 29(9): 4879-4888.
- [25]Yoo AJ, Andersson T. Thrombectomy in acute ischemic stroke: challenges to procedural success [J]. J Stroke, 2017, 19: 121-130.
- [26]Leng X, Fang H, Leung TW, et al. Impact of collateral status on successful revascularization in endovascular treatment: a systematic review and meta-analysis [J]. Cerebrovasc Dis, 2016, 41: 27-34.
- [27]Liebeskind DS, Jahan R, Nogueira RG, et al. Impact of collaterals on successful revascularization in Solitaire FR with the intention for thrombectomy [J]. Stroke, 2014, 45: 2036-2040.
- [28]Singer OC, Berkefeld J, Nolte CH, et al. Collateral vessels in proximal middle cerebral artery occlusion: the ENDOSTROKE study [J]. Radiology, 2015, 274: 851-858.

(收稿日期: 2023-11-22)

(校对编辑: 江丽华)