·综述·

FLAIR血管高信号的影像学评估进展*
Advances in Imaging Evaluation of FLAIR Vascular Hyperintensity*

鹿朝驰[1]　李沐曈[1]　牛金亮[2,*]
1.山西医科大学医学影像学院
2.山西医科大学第二医院磁共振室 (山西 太原 030001)
第一作者：鹿朝驰，男，在读研究生，主要研究方向：神经影像。E-mail：535951685@qq.com
通讯作者：牛金亮，男，教授，主要研究方向：神经影像。E-mail：sxlscjy@163.com

【关键词】脑梗死；磁共振成像；液体衰减反转恢复序列；血管高信号
【中图分类号】R445.2
【文献标识码】A
【基金项目】中央引导地方科技发展资金项目(YDZJSX2022A066)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2026.04.062

1 背　景

液体衰减反转恢复(fluid- attenuated inversion recovery, FLAIR)序列是通过将一定组织值范围的液体信号抑制，使得脑脊液里液体信号衰减，从而突出颅脑里小病灶及脑室周围病灶的显示。Cosnard等[1]于1999年第一次提出FLAIR血管高信号(vascular hyperintensity, FVH)的存在，在此之后有越来越多的学者以及研究团队在AIS患者的FLAIR序列中发现了FVH。当出现此影像学表现时，常常代表着该血管内存在缓慢血流[2]，即因血流动力学受损而形成的缓慢顺行血流或在侧支循环内的缓慢逆行血流。有学者提出，FLAIR序列可以用于估计脑卒中病变的时间[3-4]，因此是AIS患者在进行颅脑磁共振检查时不可或缺的序列。FLAIR阴性的影像学结果可提示脑卒中病变＜6h，可作为静脉注射组织型纤溶酶原激活剂(IV-tPA)的依据[5-6]。有研究[7-8]表明，FVH阳性可以作为一种识别近端颈内动脉(Internal Carotid Artery, ICA)狭窄的影像学标志。除此之外，FVH阳性还可以作为预测侧支状态和AIS患者预后的神经影像学标志物，并由此而获得了很多学者的关注[9-10]。这种神经影像学征象不仅可以在大血管狭窄闭塞性疾病中观察到，也在其他疾病诸如烟雾病(Moyamoya disease)和短暂性脑缺血发作(transient ischemic attack, TIA)中观察到，但它们产生的病理机制或许不同。FVH也有一些其他的如高信号血管征(hyperintense vessel sign, HVS)、高信号血管(hyperintense vessel, HV)等的称呼，本文统一称呼为FVH。

2 定　义

FLAIR血管高信号(FLAIR vascular hyperintensity, FVH)是指在FLAIR序列上显示的一种出现在蛛网膜下腔的、表现为斑点状、线状、管状或弯曲蛇纹状的高信号影[11-12]，并与大血管闭塞或狭窄相关。有研究表明，FVH多出现于大脑中动脉(Middle Cerebral Artery, MCA)近端，且以线样为主要形式[13]。

3 FVH的形成机制

FVH的形成机制主流学说为血液流速减慢所致，Ahn等[14]对FVH的形成机制进行了模拟性研究，再结合与脑血管造影相关的研究，其结果表明，FVH最可能的形成机制是血流动力学的改变。该模拟性研究将四级不同流速(11.3、8.03、5.72、2.84cm/s))的模拟液进行FLAIR序列检查并进行图像后处理，研究发现当流速为11.3 cm/s时，FLAIR的信号强度最低，可观察到FVH，当流速逐渐降低时，FLAIR的信号会逐渐升高，并且只有当模拟液的流速＜5.72 cm/s时，才会在模拟液的中心部分观察到高信号。这项发现与缓慢血流的理论相一致。由于FLAIR是一个自旋回波序列，当应用180°的切片选择性重聚焦脉冲时，正常血流动力学下的血质子由于流速快，无法被捕捉，导致信号丢失。但是，缓慢的血流却可能有更好的机会停留在成像切片中，由此可以产生足够多的信号被检测到[15]。Nomura等[16]学者的研究也表明，较高的FVH信号强度可能提示灌注不足，这项研究也支持了前文所提的FVH的形成原因。在早期的研究中，曾有学者假设FVH是一种血栓，但是，后续的血管造影研究却指出，FVH是在血栓的远端或近端由于缓慢的血流而形成的，并不是血栓本身[17]。Lee等[18]的一项研究将FVH与动脉循环时间进行了比较，研究结果表示，只有当侧支血流足够慢时，FVH才会显示。以上研究均支持了血液流速减慢而导致FVH的出现。

4 影响FVH的因素

首先，影响FVH最重要的因素是血流速度，而影响血流速度最重要的因素是动脉狭窄或闭塞。FVH常见于大脑中动脉(Middle Cerebral Artery, MCA)或颈内动脉(internal carotid artery, ICA)明显狭窄或闭塞的AIS的患者[19]，当动脉狭窄或闭塞时，远端的血流量会明显减少，血流速度会急剧下降，从而导致FVH的出现。根据出现FVH的位置，可将FVH分为两种，近端FVH是指存在于MCA的M1和M2节段的FVH，其发生的机制可能是缓慢的顺行血流。而存在于MCA的M3节段及更远端的称为远端FVH，发生机制可能是侧支循环的逆行血流[20]。并且有研究表明，FVH在M1段出现的概率要高于M2、M3段[21]。此外，也有研究显示，FVH的信号强度与M1节段的狭窄程度之间存在着显著的正相关[22]。

其次，另一个重要的因素可能是，从AIS患者出现卒中症状到进行磁共振检查的时间间隔，Aoki等[23]对此进行了研究，其结果显示，随着时间的逐渐延长，FVH的阳性率会逐渐降低。Maeda等[24]的研究结果表明，在AIS患者发病内的24h内进行磁共振检查，FVH的阳性率为100%，其原因可能与AIS患者在发病后动脉血流急剧减少、血流速度急剧下降有关。随着时间的逐渐推移，在发病的1—4天内进行影像学检查，FVH的阳性率为40%，至5-9天时，其阳性率下降至18%。这项研究结果也支持了FVH的存在与出现症状到进行检查的时间间隔有关的观点。由此可以推断，FVH可能只是一种暂时性存在的现象，会在卒中症状发作后的24h后逐渐消失。另外，Grosch等[25]研究表明，随访MRI中的FVH阳性和信号强度会减少，并且这种表现在成功进行血运重建的患者中更明显。

第三，影响FVH的因素可能与磁共振仪的各项参数有关。Ahn等[14]曾报道了与FVH相关的MRI参数，如回波时间(TE)、翻转角度(FA)等，并且其研究结果表明，采用增强重建(Propeller)技术的周期性旋转重叠平行线是影响FVH信号强度的独立因素。随着TE的增加，FVH的信号强度会逐渐降低。而相比之下，随着重新聚焦脉冲FA的增加，FVH的信号强度也会逐渐增加，而磁共振的Propeller技术可以纠正运动伪影，从而显著增加FVH的信号强度[26]。

此外，引起AIS的病因也许会是一项影响FVH出现的因素，

在亚洲人群中，导致AIS的两个最常见的病因是大动脉粥样硬化(Large Artery Atherosclerosis, LAA)以及心源性栓塞(Cardio Embolism, CE)[27]。赵等[28]对引起AIS的病因分型与FVH存在的相关性进行了研究，结果显示，与LAA型导致的AIS相比，CE型所致的AIS出现的FVH阳性率更高。Fitzgerald等[29]的研究中提到，由于LAA型AIS与CE型AIS的栓子性质不同，LAA型栓子体积较大，致使血管栓塞位置更靠近近心端，而CE型栓子多体积较小，且质地较LAA型栓子坚韧，故更易到达远心端。

5 FVH的评价方法

FVH的评价方法较多，每种方法的侧重点及对临床的价值各不相同。在国内外文献报道的三种评估方法中，Lee评分法为Lee等[8]于2009年首先提出并应用，他将FVH征象用无、轻微、显著三个等级表示，但是临床应用有限。Olindo评分法为Olindo等[30]于2012年首次应用，其划分的依据是根据FVH显示的层面，但是Olindo评分法并不能明确显示FVH的实际范围。在2015年，Lee等[18]将改良Alberta卒中计划早期计算机断层扫描评分法(Alberta Stroke Program Early CT Score, ASPECTS)应用于FLAIR图像并进行FVH评分。

ASPECTS是一种广泛用于评估急性缺血性脑卒中患者CT的方法。其评价的标准主要是根据7个皮质区域(M1-M6和岛叶)进行FVH评分。脑岛和M1-M3对应着基底节水平，M4-M6对应着基底节正上方的脑室水平，具体分布如下：M1，表示MCA前皮层；M2，表示MCA外侧皮层；M3，表示MCA后大脑皮层；M4、M5和M6则分别是指在MCA前、侧、后区紧高于M1、M2和M3的区域。FVH-ASPECTS评分则表示基于FVH阳性区域的数量，关于这一点，众多学者在临床实践中都达成了一致共识。

Lyu等[31]对此进行了研究，其结果显示，较低的FVH-ASPECTS评分与更好的侧支循环等级相关。无症状闭塞组的FVH-ASPECTS显著低于有症状闭塞组。FVH-ASPECTS在多变量logistic回归中调整年龄、性别、病变位置和侧支循环分级后与症状状态独立相关。

郭等[32]的研究表明，Lee评分法的评分者间的一致性最高。Olindo评分法和ASPECT改良评分法评分者间的一致性相对较差，但是这两种评分法在分组后一致性均有提高。

6 FVH的临床意义

由于磁共振检查具有无创、方便的特性，并且FVH对侧支循环具有评估作用、FVH及DWI在AIS患者诊断时具有协同作用，可以对FVH的临床意义及FVH对于AIS患者的预后评估进行分析总结。

AIS患者在发病后的侧支循环是否良好与患者的预后好坏密切相关[33]。侧支循环是一种重要的血液代偿机制，其可以通过维持缺血半暗带的灌注从而提高可挽救脑组织的存活几率，AIS患者在发病后如果有良好的侧支循环，那么缺血半暗带的灌注可以得到相应的提高，患者的预后会有一个更好的结果。目前评价侧支循环的“金标准”为数字减影血管成像(Digital Subtraction Angiography, DSA)，但是由于其具有侵入性，且操作复杂，所以临床应用受到一定的限制[34]。而FVH可以作为AIS和TIA患者血流动力学受损的标志，反映出病变区域的脑组织可能正处在持续的低灌注状态，从而提示患者可能会有不良的预后。Liu等[22]的研究了出现FVH的位置与侧支循环之间的联系，其结果显示，若FVH的位置在枕裂内，它主要表示M1段的缓慢顺行侧支血流；出现在颞枕交界处的FVH通常代表从ACA到MCA的逆行软脑膜侧支血流；FVH若扩张至额叶和顶叶的脑沟，则代表软脑膜侧支血流逆行流动。Lyu等[31]的研究结果也表明，FVH-ASPECTS是了解脑血流动力学的一种可行的影像学标志物，可作为血流动力学损伤的替代物。该研究同时也提出，多发的FVH与良好的侧支循环呈负相关，与不良的预后呈正相关。并且，Xiang等[35]的研究也认为FVH是AIS患者预后不良的独立因素。然而有其他的研究[36-37]表示，FVH评分与良好的侧支循环呈正相关，FVH评分越高，预示着梗死核心的面积越小，患者的临床预后越好。这两种相反的观点至今尚未有更进一步明确的研究结果。

相比于单独评估FVH，结合DWI对FVH进行评估或许更具有临床意义。FVH-DWI不匹配是指在DWI的梗死区之外出现了FVH信号，该信号也许可以反映该区域的脑组织虽然受损但可以挽救，当该组织经过再灌注后，可能会恢复正常的生理功能，因此，有学者提出FVH-DWI不匹配的患者相对于没有FVH-DWI不匹配的患者，可能会有一个更好的预后[38]。Liu等[39]结合ASPECTS对FVH进行了研究，结果发现在DWI梗死区外的FVH-ASPECTS评分的升高与血管内治疗患者的良好临床结局相关，而在DWI梗死内的FVH-ASPECTS评分的升高则预示着出血性转化。部分学者[40-43]对FVH-DWI不匹配的研究结果表明，FVH-DWI不匹配与完全血运重建呈正相关，并与之独立相关。Wang等[44]的研究发现，与临床结局较差的组别相比，功能结果良好的组有更高的FVH-DWI错配比和更高的完全血运重建率。Zhang等[45]的研究也进一步证实了FVH-DWI不匹配率高的患者会有更好的预后这一观点。此外，在Legrand等[41]的研究中指出，FVH-DWI不匹配可以预测PWI-DWI不匹配的存在，其特异性为64%，而敏感性则达到了92%，在将Tmax阈值调整为4s时，特异性增加到了76%，因此，在缺乏灌注数据的情况下，FVH-DWI不匹配可能为PWI-DWI不匹配提供一种替代方法，尽早为AIS患者进行血管内治疗，以尽可能挽救患者，改善临床预后。

FVH的出现对TIA患者来说可能是一项重要的神经影像学标志物[46]，TIA是指病情的发作持续时间小于24h的突发性局限性的脑功能障碍。Nam等[47]的研究表明，FVH阳性预示着TIA有复发的风险。FVH能够预测TIA患者在病情发作后30天内的复发情况，甚至会出现AIS等更严重的情况。TIA患者在病情发作后，AIS的发病风险会升高。所以，为了避免TIA进一步发展为AIS，在TIA患者发病后最需要重视的应该是TIA的早期诊断以及治疗。Ding等[48]曾对TIA中FVH的发生率进行了研究，其结果指出，在纳入研究的38名存在脑动脉严重狭窄或闭塞的TIA患者中，有31名(81.6%)患者在进行磁共振检查时发现了FVH。与此同时，他们还发现在FVH阴性组的TIA患者的动脉狭窄程度与FVH阳性组之间并没有显著的差别，因此他们认为动脉狭窄的严重程度并不能准确预测FVH的存在以及程度。

目前关于FVH的研究主要集中于通过FVH预测AIS患者的预后方面。有许多的研究结果表明，FVH的存在表明AIS患者的脑病变区域正处于持续的低灌注状态，可能会与不良的预后相关[49-52]；但也有研究指出，FVH表示缓慢的侧支血流，表明AIS患者的病变区域正受到侧支循环的持续灌注，可能会挽救缺血半暗带，因此与良好的预后相关[23,53-54]；另外，也有学者提出，关于FVH的临床意义应该根据患者的具体情况具体分析，在不同的患者体内或不同的条件下，FVH或许代表着不同的临床意义。比如，在Li等[55]的研究表明，MCA闭塞患者和MCA严重狭窄的患者中出现FVH的临床意义有差异，在纳入研究的282名患者中，在MCA狭窄≥70%的患者中，高FVH评分代表严重的临床损害和不良的临床预后；而在近端MCA闭塞的AIS患者中，高FVH评分则代表着良好的临床预后。此外，有研究显示，FVH的出现与临床功能的预后无关，但可以预测接受静脉溶栓(Intravenous Thrombolysis, IVT)的患者可以有更好的预后[56-57]。而在进行静脉溶栓后或进行血管内血栓切除术(endovascular thrombectomy, EVT)出现的FVH征象则可能预示着患者预后不良[51,58]。还有学者提出，应当结合梗死核心的体积与FVH阳性，对接受药物治疗的AIS患者进行综合评估预测[59]。

总之，目前对于FVH对临床的评估指导价值存在多种观点，造成这些不同结果的原因可能是因为各磁共振设备参数、各研究纳入标准、病例发病至成像时间及病例身体素质等各种差异所致，因此，在进行研究时应进一步缩小异质性。

7 总结与展望

综上，目前仍需针对缺血性脑血管疾病的FVH征象进行更深入的研究，包括FVH的发生机制、影响因素、临床价值等。但多项研究表明，这种征象与狭窄或闭塞性的脑血管疾病所导致的血流动力学受损和侧支血流有关。FVH作为一个重要的神经影像学的标志物，需要大量的数据用于确定它潜在的临床应用及价值，并更好地指导临床对病人进行个性化治疗。

参考文献

[1]Cosnard G, Duprez T, Grandin C, et al. Fast FLAIR sequence for detecting major vascular abnormalities during the hyperacute phase of stroke: a comparison with MR angiography[J]. Neuroradiology, 1999, 41(5): 342-346.

[2]Nishimoto T, Ishihara H, Oka F, et al. Cerebral hemodynamics associated with fluid-attenuated inversion recovery hyperintense vessels in patients with extracranial carotid artery stenosis[J]. Neuroradiology, 2020, 62(6): 677-684.

[3]Rimmele DL, Thomalla G. Wake-up stroke: clinical characteristics, imaging findings, and treatment option-an update[J]. Front Neurol, 2014, 5: 35.

[4]Wouters A, Lemmens R, Dupont P, et al. Wake-up stroke and stroke of unknown onset: a critical review[J]. Front Neurol, 2014, 5: 153.

[5]Aoki J, Kimura K, Iguchi Y, et al. FLAIR can estimate the onset time in acute ischemic stroke patients[J]. J Neurol Sci, 2010, 293(1-2): 39-44.

[6]Thomalla G, Simonsen CZ, Boutitie F, et al. MRI-guided thrombolysis for stroke with unknown time of onset[J]. N Engl J Med, 2018, 379(7): 611-622.

[7]Kashiwazaki D, Yamamoto S, Akioka N, et al. High-intensity vessel sign on fluid-attenuated inversion recovery imaging: a novel imaging marker of high-risk carotid stenosis—a MRI and SPECT study[J]. Acta Neurochir (Wien), 2020, 162(10): 2573-2581.

[8]Apfaltrer P, Wenz H, BÖhme J, et al. FLAIR vascular hyperintensities indicate slow poststenotic blood flow in ICA stenosis[J]. Clin Neuroradiol, 2021, 31(3): 827-831.

[9]Ebinger M, Kufner A, Galinovic I, et al. Fluid-attenuated inversion recovery images and stroke outcome after thrombolysis[J]. Stroke, 2012, 43(2): 539-542.

[10]Zhu L, Jiang F, Wang M, et al. Fluid-attenuated inversion recovery vascular hyperintensity as a potential predictor for the prognosis of acute stroke patients after intravenous thrombolysis[J]. Front Neurosci, 2022, 15: 808436.

[11]Lee KY, Latour LL, Luby M, et al. Distal hyperintense vessels on FLAIR: an MRI marker for collateral circulation in acute stroke?[J]. Neurology, 2009, 72(13): 1134-1139.

[12]Azizyan A, Sanossian N, Mogensen MA, et al. Fluid-attenuated inversion recovery vascular hyperintensities: an important imaging marker for cerebrovascular disease[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2011, 32(10): 1771-1775.

[13]李青云, 江功远, 戴维龙, 等. T2 FLAIR大脑中动脉高信号血管征在急性期和亚急性期脑梗死的诊断价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2020, 18(7): 11-13.

[14]Ahn SJ, Lee KY, Ahn SS, et al. Can FLAIR hyperintense vessel (FHV) signs be influenced by varying MR parameters and flow velocities? A flow phantom analysis[J]. Acta Radiol, 2016, 57(5): 580-586.

[15]Wehrli FW. Time-of-flight effects in MR imaging of flow[J]. Magn Reson Med, 1990, 14(2): 187-193.

[16]Nomura T, Okamoto K, Igarashi H, et al. Vascular hyperintensity on fluid-attenuated inversion recovery indicates the severity of hypoperfusion in acute stroke[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2020, 29(2): 104467.

[17]Lee JY, Lee KY, Suh SH. Different meaning of vessel signs in acute cerebral infarction[J]. Neurology, 2010, 75(7): 668.

[18]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.

[19]Zhang D, Wang M, Wu L, et al. Assessing the characteristics and diagnostic value of plaques for patients with acute stroke using high-resolution magnetic resonance imaging[J]. Quant Imaging Med Surg, 2022, 12(2): 1529-1538.

[20]Zhai DY, Zhu SG, Zhang W, et al. Infarct morphology assessment in patients with carotid artery/middle cerebral artery occlusion using fast fluid-attenuated inversion recovery (FLAIR) vascular hyperintensity (FVH)[J]. PLoS One, 2017, 12(11): e0188078.

[21]张卫, 朱幼玲, 吴晓宇, 等. MRI FLAIR 序列血管高信号征对急性前循环脑梗死的临床评估作用[J]. 中华神经医学杂志, 2015, 14(3): 265-270.

[22]Liu W, Xu G, Yue X, et al. Hyperintense vessels on FLAIR: a useful non-invasive method for assessing intracerebral collaterals[J]. Eur J Radiol, 2011, 80(3): 786-791.

[23]Aoki J, Suzuki K, Suda S, et al. Negative-FLAIR vascular hyperintensities serve as a marker of no recanalization during hospitalization in acute stroke[J]. J Clin Neurosci, 2020, 72: 233-237.

[24]Maeda M, Koshimoto Y, Uematsu H, et al. Time course of arterial hyperintensity with fast fluid-attenuated inversion-recovery imaging in acute and subacute middle cerebral arterial infarction[J]. J Magn Reson Imaging, 2001, 13(6): 987-990.

[25]Grosch AS, Kufner A, Boutitie F, et al. Extent of FLAIR hyperintense vessels may modify treatment effect of thrombolysis: a post hoc analysis of the WAKE-UP trial[J]. Front Neurol, 2021, 11: 623881.

[26]Ahn SJ, Suh SH, Lee KY, et al. Hyperintense vessels on T2-PROPELLER-FLAIR in patients with acute MCA stroke: prediction of arterial stenosis and perfusion abnormality[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2015, 36(11): 2042-2047.

[27]Sharobeam A, Churilov L, Parsons M, et al. Patterns of infarction on MRI in patients with acute ischemic stroke and cardio-embolism: a systematic review and meta-analysis[J]. Front Neurol, 2020, 11: 606521.

[28]赵玉婵, 袁涛, 班然然, 等. T2-FLAIR血管高信号征及其对急性缺血性脑卒中功能预后影响: 基于病因研究[J]. 放射学实践, 2021, 36(10): 1205-1211.

[29]Fitzgerald S, Rossi R, Mereuta OM, et al. Large artery atherosclerotic clots are larger than clots of other stroke etiologies and have poorer recanalization rates[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2021, 30(1): 105463.

[30]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]. Arch Neurol, 2012, 69(11): 1462-1468.

[31]Lyu J, Hu J, Wang X, et al. Association of fluid-attenuated inversion recovery vascular hyperintensity with ischaemic events in internal carotid artery or middle cerebral artery occlusion[J]. Stroke Vasc Neurol, 2023, 8(1): 69-76.

[32]郭京华, 唐守现, 彭伟, 等. 缺血性脑血管病患者FLAIR血管高信号征三种评分方法的一致性研究[J]. 磁共振成像, 2018, 9(5): 340-345.

[33]Kim HJ, Lee SB, Choi JW, et al. Multiphase MR angiography collateral map: functional outcome after acute anterior circulation ischemic stroke[J]. Radiology, 2020, 295(1): 192-201.

[34]Tian X, Tian B, Shi Z, et al. Assessment of intracranial atherosclerotic plaques using 3D black-blood MRI: Comparison with 3D time-of-flight MRA and DSA[J]. J Magn Reson Imaging, 2021, 53(2): 469-478.

[35]Xiang W, Wei H, Liang Z, et al. FLAIR vascular hyperintensity combined with asymmetrical prominent veins in acute anterior circulation ischemic stroke: prediction of collateral circulation and clinical outcome[J]. Eur J Med Res, 2023, 28(1): 446.

[36]Xin Y, Zhou H, Xue MC, et al. Correlation of fluid-attenuated inversion recovery sequence vascular hyperintensity in magnetic resonance with collateral circulation and short-term clinical prognosis in acute ischemic stroke[J]. Quant Imaging Med Surg, 2024, 14(6): 4123-4133.

[37]Derraz I, Ahmed R, Mourand I, et al. FLAIR vascular hyperintensities predict functional outcome after endovascular thrombectomy in patients with large ischemic cores[J]. Eur Radiol, 2022, 32(9): 6136-6144.

[38]Kaewumporn U, Songsaeng D, Kunapinun A, et al. FLAIR vascular hyperintensity-DWI mismatch and DWI-FLAIR mismatch ASPECTS for prediction of good outcome after recanalization in anterior circulation stroke; multicenter observational study[J]. Eur J Radiol, 2023, 163: 110837.

[39]Liu D, Scalzo F, Rao NM, et al. Fluid-attenuated inversion recovery vascular hyperintensity topography, novel imaging marker for revascularization in middle cerebral artery occlusion[J]. Stroke, 2016, 47(11): 2763-2769.

[40]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]. Cerebrovasc Dis, 2012, 34(5-6): 376-384.

[41]Legrand L, Tisserand M, Turc G, et al. Do FLAIR vascular hyperintensities beyond the DWI lesion represent the ischemic penumbra?[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2015, 36(2): 269-274.

[42]Nave AH, Kufner A, Bücke P, et al. Hyperintense vessels, collateralization, and functional outcome in patients with stroke receiving endovascular treatment[J]. Stroke, 2018, 49(3): 675-681.

[43]Jiang L, Peng M, Geng W, et al. FLAIR hyperintensities-DWI mismatch in acute stroke: associations with DWI volume and functional outcome[J]. Brain Imaging Behav, 2020, 14(4): 1230-1237.

[44]Wang Y, Zhou Z, Ding S. FLAIR vascular hyperintensity-DWI mismatch most likely to benefit from recanalization and good outcome after stroke[J]. Medicine (Baltimore), 2020, 99(2): e18665.

[45]张媛, 陆小妍, 郭群, 等. 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[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(10): 16-18.

[46]Zeng L, Wang Q, Liao H, et al. FLAIR Vascular Hyperintensity: An Important MRI Marker in Patients with Transient Ischemic Attack[J]. Int J Gen Med, 2022, 15: 6165-6171.

[47]Nam KW, Kim CK, Kim TJ, et al. FLAIR vascular hyperintensities predict early ischemic recurrence in TIA[J]. Neurology, 2018, 90(9): e738-e744.

[48]Ding B, Chen Y, Jiang H, et al. Fluid-attenuated inversion recovery vascular hyperintensities in transient ischemic attack within the anterior circulation[J]. Biomed Res Int, 2020, 2020: 7056056.

[49]Kufner A, Galinovic I, Ambrosi V, et al. Hyperintense vessels on FLAIR: hemodynamic correlates and response to thrombolysis[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2015, 36(8): 1426-1430.

[50]Dong X, Bai C, Nao J. Influential factors and clinical significance of fluid-attenuated inversion recovery vascular hyperintensities in transient ischemic attacks of carotid arterial system[J]. Neuroradiology, 2017, 59(11): 1093-1099.

[51]Wang E, Wu C, Yang D, et al. Association between fluid-attenuated inversion recovery vascular hyperintensity and outcome varies with different lesion patterns in patients with intravenous thrombolysis[J]. Stroke Vasc Neurol, 2021, 6(3): 449-457.

[52]Reyes D, Simpkins AN, Hitomi E, et al. Estimating perfusion deficits in acute stroke patients without perfusion imaging[J]. Stroke, 2022, 53(11): 3439-3445.

[53]Yuan T, Ren G, Hu X, et al. Added assessment of middle cerebral artery and atrial fibrillation to FLAIR vascular hyperintensity-DWI mismatch would improve the outcome prediction of acute infarction in patients with acute internal carotid artery occlusion[J]. Neurol Sci, 2019, 40(12): 2617-2624.

[54]Derraz I, Ahmed R, Benali A, et al. FLAIR vascular hyperintensities and functional outcome in nonagenarians with anterior circulation large-vessel ischemic stroke treated with endovascular thrombectomy[J]. Eur Radiol, 2021, 31(10): 7406-7416.

[55]Li G, Huang R, Bi G. The impact of FLAIR vascular hyperintensity on clinical severity and outcome: a retrospective study in stroke patients with proximal middle cerebral artery stenosis or occlusion[J]. Neurol Sci, 2021, 42(2): 589-598.

[56]Zhou Z, Malavera A, Yoshimura S, et al. Clinical prognosis of FLAIR hyperintense arteries in ischaemic stroke patients: a systematic review and meta-analysis[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2020, 91(5): 475-482.

[57]Zhou Z, Yoshimura S, Delcourt C, et al. Thrombolysis outcomes in acute ischemic stroke by fluid-attenuated inversion recovery hyperintense arteries[J]. Stroke, 2020, 51(7): 2240-2243.

[58]Xu XQ, Shen GC, Ma G, et al. Prognostic value of post-treatment fluid-attenuated inversion recovery vascular hyperintensity in ischemic stroke after endovascular thrombectomy[J]. Eur Radio, 2022, 32(12): 8067-8076.

[59]Lyu JH, Zhang SH, Wang XY, et al. FLAIR vessel hyperintensities predict functional outcomes in patients with acute ischemic stroke treated with medical therapy[J]. Eur Radiol, 2022, 32(8): 5436-5445.

(收稿日期：2024-11-22)　　(校对：李清芸　排版：张鸿燊)