

• 头颈部影像学 •

FLAIR 序列血管高信号征 3 种评分法与 DWI-ASPECTS 相关性研究及影响因素分析

卢思言, 王艳爽, 江顺滨, 苗重昌

【摘要】 目的:探讨 FLAIR 序列血管高信号征(FVH)3 种评分法与 DWI-ASPECTS 相关性及其影响因素分析。**方法:**回顾性搜集本院 82 例经 MRI 证实单侧大脑中动脉供血区急性脑梗死患者临床及影像资料。所有患者发病 3 d 内行 MRI 检查,扫描序列包括 T₁WI、T₂WI、T₂-FLAIR、DWI 及 MRA。由两名放射科医师分别用 Lee、改良 ASPECT、Olindo 3 种评分方法对 FVH 分布范围进行评分,运用 DWI-ASPECTS 评分法对脑梗死体积进行半定量评估。脑梗死体积与 FVH 评分相关性采用 Spearman 秩相关性分析;根据 DWI-ASPECTS 评分将患者分为大梗塞组(≤ 5 分)和小梗塞组(≥ 6 分),采用受试者工作特征曲线(ROC)评价 3 种 FVH 评分方法诊断价值;根据 FVH 的 Olindo 评分将患者分为 FVH 低分组(≤ 5 分)及高分组(≥ 6 分),比较两组间临床及影像资料分析 FVH 影响因素。**结果:**82 例患者 MRI 图像中均能观察到 FVH,FVH 与脑梗死体积呈正相关,其中 Lee 评分与脑梗死体积呈中等度相关(Spearman's $\rho = -0.46, P < 0.01$),改良 ASPECT 评分与脑梗死体积呈强相关(Spearman's $\rho = -0.60, P < 0.01$),Olindo 评分与脑梗死体积呈强相关(Spearman's $\rho = -0.74, P < 0.01$)。Lee、改良 ASPECT、Olindo 及 3 种评分方法联合在大梗塞组中的 ROC 曲线下面积分别为 0.69、0.79、0.88、0.89, Lee、改良 ASPECT、Olindo 3 种评分方法 ROC 曲线下面积两两比较差异有统计学意义($P < 0.05$),Olindo 评分法对大梗塞的诊断效能最高(AUC=0.88),Olindo 评分法与 3 种方法联合比较差异无统计学意义($Z=0.90, P=0.37$)。FVH 高分组与低分组比较 DWI-ASPECTS 及血管狭窄程度差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论:**FVH 3 种评分法均与脑梗死体积呈正相关,其中 Olindo 评分法相关性最强,对大梗塞诊断价值最高;FVH 高分组患者血管狭窄程度更重,FVH 可作为血管重度狭窄-闭塞影像指标;Willis 环不完整促使二级侧支循环建立,可能影响 FVH 形成。

【关键词】 磁共振成像;脑梗死;评分方法;预后

【中图分类号】 R445.2; R743.33; R449 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2021)06-0722-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2021.06.006

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Correlation study and influencing factors analysis of three scoring methods for FLAIR vascular hyperintensity and DWI-ASPECTS LU Si-yan, WANG Yan-shuang, JIANG Shun-bin, et al. Department of Radiology, Affiliated Lianyungang Hospital of Xuzhou Medical University, Lianyungang 222000, China

【Abstract】 Objective: To investigate the correlation between the three scoring methods of FLAIR vascular hyperintensity (FVH) and DWI-ASPECTS, and analyze the influencing factors. **Methods:** The clinical and MRI data of 82 patients with acute ischemic stroke in the unilateral middle cerebral artery blood supply area were collected retrospectively. Collecting the MRI imaging data of 82 patients with acute ischemic stroke in the blood supply area of unilateral middle cerebral artery confirmed by MRI. All the patients were underwent MRI scan within 3 days after stroke, which included T₁WI, T₂WI, T₂-FLAIR, DWI and MRA. Two radiologists used Lee, modified ASPECT, and Olindo to score the distribution of FVH respectively, and the DWI-ASPECTS scoring method were used to semi-quantitatively assess the cerebral infarction volume. The correlation between infarction volume and FVH scores were analyzed by Spearman rank correlation analysis. According to the DWI-ASPECTS score, patients were divided into large infarction group (≤ 5 points) and small infarction group (≥ 6

作者单位:222000 江苏,徐州医科大学附属连云港医院影像科

作者简介:卢思言(1995-),女,四川西昌人,硕士研究生,住院医师,主要从事中枢神经系统影像诊断工作。

通信作者:苗重昌, E-mail:lygzhcmiao@163.com

points), and the receiver operating characteristic curve (ROC) was used to evaluate the diagnostic value of three FVH scoring methods. Furthermore, patients were divided into FVH low group (≤ 5 points) and high group (≥ 6 points) according to Olindo score, which clinical and imaging data between the two groups were compared, and the influencing factors of FVH were analyzed. **Results:** FVH can be observed in MRI images of 82 patients. FVH was significantly positively correlated with infarction volume, among which the Lee score was moderately correlated with infarction volume ($r=0.46$, $P<0.01$), both the modified ASPECT score ($r=0.60$, $P<0.01$) and Olindo score were strongly correlated with cerebral infarction volume ($r=0.74$, $P<0.01$). The area under the ROC curve of Lee, modified ASPECT, Olindo, and their combination in the large infarction group were 0.69, 0.79, 0.88 and 0.89, respectively. The area under the ROC curve of Lee, modified ASPECT, and Olindo were statistically significant different. The Olindo score method has the highest diagnostic efficiency for large infarctions (AUC=0.88). The Olindo scoring method combined with the combination of the three methods had no statistical significant difference. The difference between FVH high group and low group in DWI-ASPECTS and the degree of stenosis were statistically significant. **Conclusion:** The three FVH scoring methods were all positively correlated with cerebral infarction volume. Among them, the Olindo scoring method had the strongest correlation and the highest diagnostic value for large infarctions; patients with high FVH had more severe vessel stenosis. FVH can be used as an imaging index for severe stenosis-occlusion of blood vessels. The incomplete circle of Willis promotes the establishment of secondary collateral circulation, which may affect the formation of FVH.

【Key words】 Magnetic resonance imaging; Brain infarction; Scoring methods; Prognosis

我国每年新发脑卒中者约 240 万, 每年死于脑卒中者约 110 万, 其中脑梗死占全部卒中 70%^[1]。目前急性脑梗死诊断主要依赖于 MRI 检查中 DWI 序列, 因其在脑梗死发生 6h 内就能发现病灶^[2]。研究^[3]指出 FLAIR 序列血管高信号征 (FLAIR vascular hyperintensities, FVH) 可比 DWI 更早提示急性脑梗死发生。目前关于 FVH 与临床预后关系尚存在争议。Jiang 等^[3]认为 FVH 评分越高, DWI 体积越小功能预后越好, 与 Zhai^[4] 及 Dong 等^[5] 研究结果一致。而 Kono 等^[6] 认为 FVH 分布越广泛患者在入院时梗死体积越大、神经功能缺损越严重, 与 Nam 等^[7] 研究结果一致。Li 等^[8] 则认为 FVH 不足以作为短期临床结局独立预测因子。这些不同结论可能与各研究患者人群、纳入标准和 FVH 评分方法等不同有关^[9,10]。本研究分别使用 3 种评分方法对 FVH 进行评分, 探究不同评分方法是否会影响 FVH 与脑梗死体积相关性并分析 FVH 影响因素。

材料与方法

1. 资料来源

本研究拟对 2018 年 6 月—2019 年 12 月间因单侧大脑中动脉狭窄或闭塞所致急性脑梗死且未接受静脉溶栓或者血管内取栓患者临床及影像学资料进行回顾性分析。纳入标准: 急性期入院, 起病 3d 内完成颅脑磁共振 T₁WI、T₂WI、MRA、DWI 序列以及 T₂-

FLAIR 序列检查; MRA 证实单侧大脑中动脉闭塞或狭窄, DWI 上 MCA 闭塞或狭窄侧供血区域高信号灶; 排除标准: ①出血性脑卒中患者; ②DWI 上双侧 MCA 供血区高信号灶或单侧 MCA 供血区以外的高信号; MCA 闭塞同侧颈内动脉狭窄 $\geq 30\%$; MRI 检查前经溶栓或介入治疗; ③近期有急性脑梗死者; ④影像质量差及原始影像资料不全者。据以上标准共纳入 82 例患者, 男 50 例、女 32 例, 年龄 14~92 岁 (中位年龄 68 岁)。

2. 检查方法

使用 GE Signa HDx 3.0T MR 扫描仪, 8 通道头颅相控阵线圈。患者取水平卧位, 中心线位于两侧眉弓连线水平, 扫描范围均为延髓下端至颅顶。T₂-FLAIR 序列: TR 8500.0 ms, TE 145.0 ms, FOV 240 mm $\times$ 240 mm, 矩阵 320 $\times$ 224, NAX 为 1, 层厚 6 mm, 间距 1 mm。

3. 图像分析

FVH 判断标准: T₂-FLAIR 像上在外侧裂池、脑沟或临近脑表面的斑点状、管状或蛇纹状高信号; T₂WI 像上在对应位置呈流空信号; 参照 DWI 像排除分布于脑沟附近皮层梗死。

FVH 3 种评分方法。Olindo 评分法^[11]: 评分标准为选定 T₂-FLAIR 上大脑中动脉 M1 段起始出现为第一个层面从下往上观察 10 层, 若无层面显示 FVH 则记为 0 分, 若有一层 FVH 阳性则加 1 分, 最多为 10 分。

改良 ASPECT 评分法^[3]:在基底节层面和侧脑室顶部层面把大脑中动脉供血区域划分为 7 个感兴趣区(即在 ASPECT 评分法基础上把尾状核、豆状核、内囊及岛带归为一个区域),每个区域出现 FVH 阳性则加 1 分,满分为 7 分。

Lee 评分法^[6]:FVH 阴性或大脑中动脉 M1 或 M2 近端高信号评定为 0 分;再据 FVH 分布范围是否超过大脑中动脉供血区 1/3,分为轻微(1 分)与显著(2 分)。

梗死体积的半定量评估:DWI 阿尔伯特早期 CT 评分(DWI-alberta stroke program early CT score, DWI-ASPECTS)^[9]即在基底节层面和侧脑室顶部层面把大脑中动脉供血区域划分为 10 个感兴趣区(M1-M10),满分 10 分,每梗塞一个区域减一分,大脑中动脉供血区完全受累为 0 分。据 DWI-ASPECTS 评分将患者分为大梗塞组(≤ 5 分)和小梗塞组(> 5 分)。

MRA 评价 MCA 狭窄程度:根据北美症状性颈动脉内膜切除试验狭窄分级法(North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial, NASCET)测量狭窄率,狭窄率=(1-最狭窄部位直径/远端正常血管直径) $\times 100\%$ 。将血管狭窄程度分为Ⅲ级:轻中度狭窄($< 70\%$)、重度狭窄($\geq 70\%$)、闭塞($= 100\%$)。

MRA 评价 MCA 狭窄部位:狭窄部位依据 MRA 图像将 MCA 分为 M1 段(水平段,MCA 起始部至分叉前段);M2 段:M1 分叉处至 MCA 膝部;M3 段:自 MCA 膝部及其以后。

Willis 环分型。Willis 环Ⅰ型:前后循环完整;Willis 环Ⅱ型:后循环不完整,前循环完整;Willis 环Ⅲ型:前循环不完整,后循环完整;Willis 环Ⅳ型:前后循环均不完整。

将 FVH 及 DWI-ASPECTS 评分标准以书面文档形式提供给两名具有 5 年以上影像诊断经验的放射科医师,分别独立进行评分,当出现评分不一致时由两名医师商讨决定。

4. 统计方法

采用 SPSS 21.0 软件进行统计学分析,取 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。采用 Kappa 一致性检验评价两名放射科医师的主观评判结果一致性;采用受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic

curve,ROC)及 Spearman 秩相关性分析脑梗死体积与 3 种 FVH 评分法的相关性,用 Medcalc 软件 Z 检验比较各评分 ROC 曲线下面积(area under curve, AUC)。分类资料组间比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率法,计量资料组间比较采用 Wilcoxon 符号秩和检验。

结 果

1. 两名放射科医师对 FVH 及 DWI-ASPECTS 评分结果一致性检验

两名具有 5 年以上影像诊断经验的放射科医师分别对所有患者 FVH 及 DWI-ASPECTS 评分。Lee、改良 ASPECT、Olindo 及 DWI-ASPECTS 评分者间一致性 Kappa 值分别为 0.744、0.812、0.777 及 0.915 ($P < 0.01$)。

2. FVH 与脑梗死体积相关性

FVH 与脑梗死体积呈正相关,其中 Lee 评分与脑梗死体积呈中等度相关(Spearman's $\rho = -0.46, P < 0.01$),改良 ASPECT 评分与脑梗死体积呈强相关(Spearman's $\rho = -0.60, P < 0.01$),Olindo 评分与脑梗死体积呈强相关(Spearman's $\rho = -0.74, P < 0.01$,图 1)。

3. 三种评分方法 ROC 曲线分析

根据 DWI-ASPECTS 评分将患者分为大梗塞组(≤ 5 分)和小梗塞组(≥ 6 分),分析 FVH 3 种评分法诊断价值(图 2,表 1、2)。Lee、改良 ASPECT、Olindo 及 3 种评分方法联合在大梗塞组中的 ROC 曲线下面积分别为 0.69、0.79、0.88、0.89, Lee、改良 ASPECT、Olindo 3 种评分方法 ROC 曲线下面积两两比较差异有统计学意义,Olindo 评分法对大梗塞诊断效能最高,Olindo 评分法与 3 种方法联合比较差异无统计学意义($P = 0.37$)。

表 1 三种评分方法及其联合的 ROC 曲线下面积

评分方法比较	AUC	标准误	95%可信区间
Lee	0.693	0.0500	0.582~0.791
改良 ASPECT	0.785	0.0489	0.680~0.868
Olindo	0.883	0.0386	0.793~0.943
Lee+改良 ASPECT+Olindo	0.889	0.0378	0.801~0.948

4. 探讨影响 FVH 的相关临床及影像因素

据 Olindo 评分将患者分为高分组(≥ 6 分)和低

表 2 ROC 曲线下面积两两比较

评分方法比较	Z 检验	标准误	95%可信区间	P 值
Lee~改良 ASPECT	2.047	0.0446	0.004~0.179	0.041
改良 ASPECT~Olindo	2.569	0.0382	0.023~0.173	0.010
Lee~Olindo	4.065	0.0466	0.098~0.281	< 0.001
Lee+改良 ASPECT+Olindo~Lee	3.910	0.0501	0.098~0.294	< 0.001
Lee+改良 ASPECT+Olindo~改良 ASPECT	2.725	0.0384	0.029~0.180	0.006
Lee+改良 ASPECT+Olindo~Lee~Olindo	0.903	0.0070	-0.007~0.020	0.366

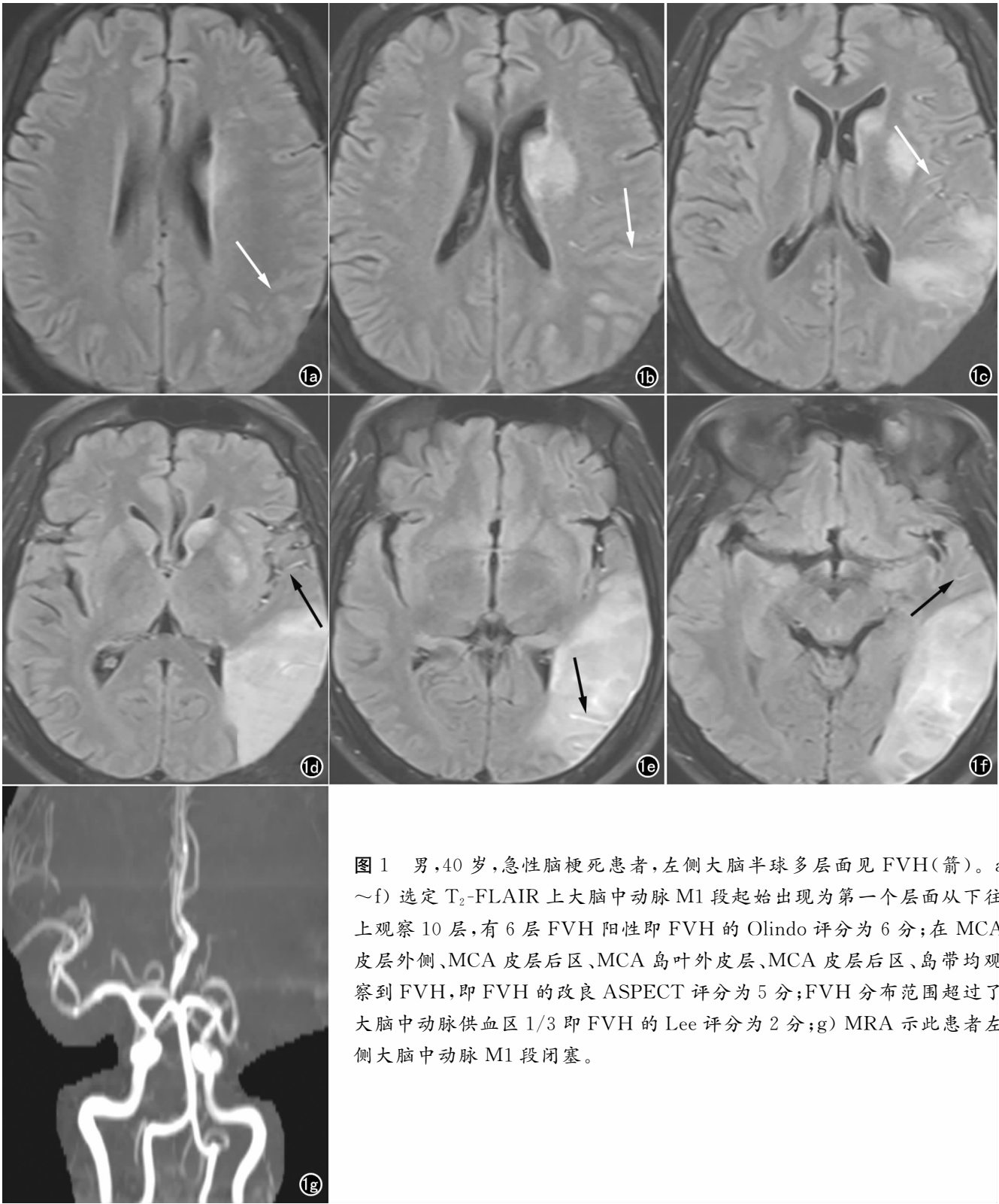


图 1 男,40 岁,急性脑梗死患者,左侧大脑半球多层面见 FVH(箭)。a ~f) 选定 T₂-FLAIR 上大脑中动脉 M1 段起始出现为第一个层面从下往上观察 10 层,有 6 层 FVH 阳性即 FVH 的 Olindo 评分为 6 分;在 MCA 皮层外侧、MCA 皮层后区、MCA 岛叶外皮层、MCA 皮层后区、岛带均观察到 FVH,即 FVH 的改良 ASPECT 评分为 5 分;FVH 分布范围超过了大脑中动脉供血区 1/3 即 FVH 的 Lee 评分为 2 分;g) MRA 示此患者左侧大脑中动脉 M1 段闭塞。

分组(≤ 5 分),比较组间临床及影像因素(表 3);两组间年龄、性别、高血压、糖尿病、血管狭窄部位及 Willis 环分型差异无统计学意义($P>0.05$)。

FVH 低分组血管轻中度狭窄、重度狭窄及闭塞分别有 20 例、4 例、21 例,FVH 高分组血管轻中度狭窄、重度狭窄及闭塞分别有 5 例、6 例、26 例,两组间血管狭窄程度分布差异有统计学意义($P=0.01$)。

FVH 高分组 DWI-ASPECTS 中位数为 4,FVH 低分组 DWI-ASPECTS 中位数为 6,差异具有统计学意义($P<0.05$)。

讨 论

大脑中动脉闭塞后缺血区主要靠软脑膜动脉开放并建立与大脑后动脉和大脑前动脉之间侧支循环来代

表 3 FVH 高分组与低分组间临床及影像因素比较

变量	低分组(n=45)	高分组(n=37)	χ^2/Z	P
年龄	70.00(63.00,76.00)	68.00(57.50,72.50)	-1.577	0.115
性别,男	25/50	25/50	1.231	0.267
高血压	28/46	18/46	1.519	0.218
糖尿病	7/11	4/11	0.394	0.530
DWI-ASPECTS	6.00(6.00,8.00)	4.00(3.00,5.50)	-4.814	<0.001
血管狭窄部位			3.260	0.194
M1 段	31/60	29/60		
M2 段	10/18	8/18		
M3 段	4/4	0/4		
血管狭窄程度			9.239	0.010
轻中度	20/25	5/25		
重度	4/10	6/10		
闭塞	21/47	26/47		
Willis 环分型			5.032	0.134
I 型	1/2	1/2		
II 型	10/22	12/22		
III 型	5/5	0/5		
IV 型	29/53	24/53		

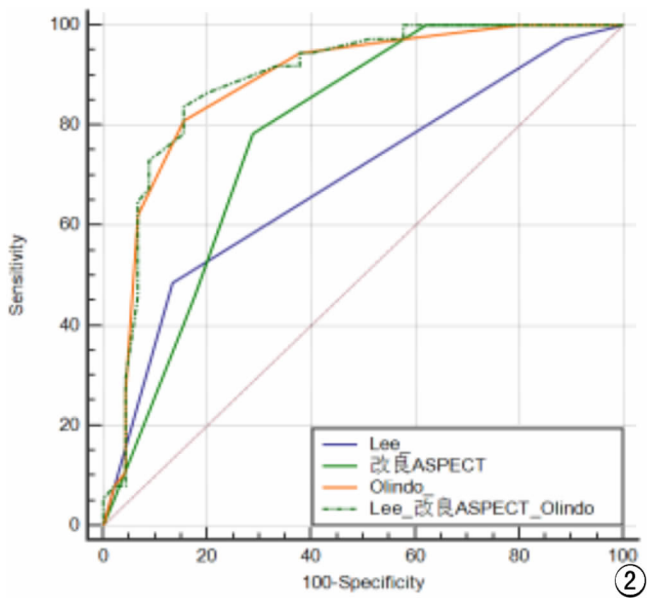


图 2 三种评分方法及其联合的 ROC 曲线分析

偿^[12]。DSA 是评估侧支循环金标准,但具有侵袭性。FVH 作为一种新兴评价侧支循环影像学方法,因其具有简单性、无创性日益受到关注。FLAIR 血管高信号(FLAIR vascular hyperintensity,FVH)于 1999 年由 Cosnard 等^[13]首次报道,指在 FLAIR 序列上发现的一种沿脑沟或脑表面分布点状、管状或蛇纹状高信号,此时血管流空效应消失表现为高信号。大部分研究认为 FVH 出现代表了血流动力学障碍,与软脑膜侧支循环相关,学者建议将 FVH 作为评估侧支状态替代指标^[14]。Sanossian^[15]及李婵婵^[16]分别将 FVH 与 DSA 和 CTA 进行对照研究,证实了 FVH 在评估软脑膜侧支循环方面的价值。

核心梗死区周围缺血半暗带随着时间推移处于动态变化中,在侧支循环广泛且得到及时有效治疗情况

下半暗带可转化为正常灌注区,在不利条件下向核心梗死区转化,缺血半暗带这两种发展趋势可能是导致先前研究结果不同原因之一。本研究中 FVH 与脑梗死体积呈正相关即 FVH 评分越高脑梗死体积越大,与卜玮艺等^[17]研究一致,这可能与入组患者均未接受溶栓治疗有关,此时侧支循环虽存在,但因不能得到及时有效治疗梗死体积增大。

FVH 与临床预后关系尚存在争议,造成这种差异原因有待进一步探究。Song 等^[9]认为这种差异性可能与各研究评分方法不同有关。目前 FVH 评价方法较多尚未统一,这些评价方法各有其优缺点。本研究纳入了 Lee,改良 ASPECT 及 Olindo 3 种最常用的 FVH 定量评估法。郭京华等^[18]探讨了这 3 种评分方法评分者间一致性,结果显示 Lee 评分法观察者间一致性最好,但其对于 FVH 分布情况区分较差且很难确定是否超过大脑中动脉供血区 1/3 这一临界值。Olindo 评分法并不能说明每个截面中 FVH 的实际范围且取决于截面的数量和厚度。改良 ASPECT 评分法虽然对 FVH 分布区域区分较好但 Kono 等^[6]研究表明在 ASPECT 评分法中不同区域 FVH 与脑梗死关联存在差异。本研究 Olindo 评分法与脑梗死体积相关性最强(Spearman's rho=-0.74),对大梗塞诊断效能最高(AUC=0.88)。

Cosnard 等^[13]将 FVH 与 MRA 对比分析发现两者在诊断血管狭窄或闭塞方面具有类似诊断价值。本研究将 FVH 高分组与低分组进行比较发现血管狭窄程度分布差异有统计学意义,FVH 高分组中血管重度狭窄-闭塞 32 例明显多于血管轻中度狭窄(5 例)者,FVH 可作为血管重度狭窄-闭塞影像指标,与 Song 等^[9]研究一致。周芬莉等^[19]研究得出 FVH 预测大动脉重度狭窄或闭塞敏感度和特异度分别为 62%、

88%。然而对于 FVH 低分患者不能排除血管重度狭窄-闭塞可能性,本研究 FVH 低分组有 25 例患者血管狭窄程度较重。

既往研究表明 FVH 评分与动脉狭窄部位有关,狭窄部位越靠近脑动脉近心端 FVH 评分越高,其原因可能是病变越靠近脑动脉近心端脑组织低灌注范围越大,血流减慢越明显,FVH 出现范围随之增大。本研究 82 例患者均能观察到 FVH,其中 60 例患者血管狭窄部位在 MCA 的 M1 段,但 FVH 高分组与低分组间比较差异无统计学意义,需扩大样本量进一步研究。

Willis 环是颅内重要的一级侧支循环^[20],可提供灌注替代途径以维持狭窄血管供血区脑组织血液供应,在缺血早期发挥代偿作用,如果一级侧支循环无法提供足够的血流灌注,二级、三级侧支循环将会建立。本研究中 Willis 环 I 型 2 例(2/82)、Willis 环 II 型 22 例(22/82)、Willis 环 III 型 5 例(5/82)、Willis 环 IV 型 53 例(53/82)。Willis 环 II 型、IV 型比例明显较高,推测后循环不完整可能有利于 FVH 的形成,此时初级侧支代偿不足,来自大脑后动脉的软脑膜侧支(二级侧支循环)代偿建立,血流速度减慢血管流空效应消失产生 FVH。FVH 高分组与低分组比较 Willis 各型分布差异无统计学意义($P=0.134$)。

本研究局限性:DWI-ASPECTS 是一种半定量评分方法,该方法的主要缺点是较小缺血灶也参与评分且该评分不能完全反映真实梗死体积;样本数量偏小,需要扩大样本量进一步研究。

综上所述,我们研究显示 FVH 3 种评分法均与脑梗死体积呈正相关,其中 Olindo 评分法相关性最强,对大梗塞诊断价值最高。FVH 可作为血管重度狭窄-闭塞的影像指标。Willis 环后循环不完整可能是 FVH 形成的影响因素。由于本研究样本量较少,需要后续大量研究来验证这些结论。

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.中国脑血管病一级预防指南 2019[J].中华神经科杂志,2019,52(9):684-709.
- [2] 章跃武,朱希松,吴渭贤,等. MR 扩散加权成像对急性脑梗死的诊断价值[J].放射学实践,2004,19(10):706-708.
- [3] 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.
- [4] 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): e188078.
- [5] Dong X, Nao J. Fluid-attenuated inversion recovery vascular hyperintensities in anterior circulation acute ischemic stroke, associa-

- tions with cortical brain infarct volume and 90-day prognosis[J]. Neurol Sci, 2019, 40(8): 1675-1682.
- [6] Kono T, Naka H, Nomura E, et al. The association between hyperintense vessel sign and final ischemic lesion differ in its location[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2014, 23(6): 1337-1343.
- [7] Nam KW, Kwon HM, Park SW, et al. Distal hyperintense vessel sign is associated with neurological deterioration in acute ischaemic stroke[J]. Eur J Neurol, 2017, 24(4): 617-623.
- [8] Li CC, Hao XZ, Tian JQ, et al. Predictors of short-term outcome in patients with acute middle cerebral artery occlusion: unsuitability of fluid-attenuated inversion recovery vascular hyperintensity scores[J]. Neural Regen Res, 2018, 13(1): 69-76.
- [9] Song L, Lyu C, Shen G, et al. Application of FLAIR vascular hyperintensity-DWI mismatch in ischemic stroke depending on semi-quantitative DWI-alberta stroke program early CT score[J]. Front Neurol, 2019, 10: 994.
- [10] 陈广浩,邱建博,缪正飞,等. DWI 梗死体积与 FLAIR 血管高信号-DWI 不匹配及预后的相关性研究[J]. 中风与神经疾病杂志, 2019, 36(6): 484-487.
- [11] 丁蓓,江泓,张欢,等. 颈动脉系统短暂性脑缺血发作患者 FLAIR 序列高信号血管征与 CT 灌注成像的对照研究[J]. 临床放射学杂志, 2019, 38(6): 964-968.
- [12] 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.
- [13] 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]. Neuro-radiology, 1999, 41(5): 342-346.
- [14] Nave AH, Kufner A, Bucke P, et al. Hyperintense vessels, collateralization, and functional outcome in Patients with stroke receiving endovascular treatment[J]. Stroke, 2018, 49(3): 675-681.
- [15] 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]. Am J Neuroradiol, 2009, 30(3): 564-568.
- [16] 李婵婵,杨艳梅,尹乐康,等. 大脑中动脉闭塞 FLAIR 血管高信号征与 CTA 对比研究[J]. 中国医学影像技术, 2015, 31(7): 971-975.
- [17] 卜玮艺,高利珍,刘筠,等. FLAIR 高信号血管征在大脑中动脉急性脑梗死中的发生规律[J]. 临床放射学杂志, 2019, 38(6): 983-987.
- [18] 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.
- [19] 周芬莉,樊东升. 急性缺血性卒中患者头颅核磁 DWI-FLAIR 不匹配与侧支循环的相关性[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2016, 14(1): 10-14.
- [20] 郝晓勇,吴江,杨朝慧,等. ASL 灌注成像评价无症状型单侧颈内动脉重度狭窄或闭塞老年患者脑血流动力学改变及 Willis 环侧支代偿作用[J]. 放射学实践, 2020, 35(4): 462-466.

(收稿日期:2020-07-28 修回日期:2020-09-23)