

论 著

HR-MRI用于诊断急性脑梗死患者颅内动脉狭窄价值分析*

肖太星¹ 赵艳玲¹ 郝丽芳²
常立国³ 冯 博^{3,*}1.聊城市第三人民医院CT/MR室
(山东 聊城 252000)2.聊城市第三人民医院放射科
(山东 聊城 252000)3.聊城市第三人民医院神经内科
(山东 聊城 252000)

【摘要】目的 探究高分辨率磁共振(HR-MRI)对急性脑梗死(ACI)患者颅内动脉狭窄的诊断价值。方法 选取我院2020年7月至2021年10月诊治的103例急性脑梗死患者,以数字减影血管造影(DSA)诊断结果作为“金标准”,将患者分为轻度狭窄组(n=34例)和中重度狭窄组(n=69例),分析HR-MRI对急性脑梗死患者颅内动脉狭窄的检出情况及其诊断价值。结果 HR-MRI诊断ACI患者颅内动脉狭窄的Kappa值为72.13%,与DSA诊断结果有较好的一致性;中重度狭窄组患者血管RI值低于轻度狭窄组,斑块总厚度、斑块负荷及斑块强化率高于轻度狭窄组($P<0.05$);HR-MRI局部信号与血管狭窄程度呈正相关($r=0.479$, $P<0.05$);HR-MRI成像中的血管RI、斑块总厚度、斑块负荷、斑块强化率诊断ACI患者颅内动脉狭窄的曲线下面积(AUC)分别为0.764、0.869、0.791、0.776,均有较高地诊断价值($P<0.05$)。结论 HR-MRI能有效检出ACI患者颅内动脉狭窄情况,并帮助确定病变血管部位,为ACI的早期诊断评估提供可靠依据。

【关键词】高分辨率磁共振;磁共振成像;影像;诊断

【中图分类号】R743.3; R445.2

【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合同书(202003071453)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.03.010

Analysis of Value of HR-MRI in Diagnosing Intracranial Artery Stenosis in Patients with Acute Cerebral Infarction*

XIAO Tai-xing¹, ZHAO Yan-ling¹, HAO Li-fang², CHANG Li-guo³, FENG Bo^{3,*}.

1.CT/MR room, Liaocheng Third People's Hospital, Liaocheng 252000, Shandong Province, China

2.Radiology department, Liaocheng Third People's Hospital, Liaocheng 252000, Shandong Province, China

3.Neurology, Liaocheng Third People's Hospital, Liaocheng 252000, Shandong Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the diagnostic value of high-resolution magnetic resonance (HR-MRI) on intracranial artery stenosis in patients with acute cerebral infarction (ACI). **Methods** 103 patients with ACI diagnosed and treated in the hospital between July 2020 and October 2021 were selected. The diagnosis result of digital subtraction angiography (DSA) was used as the "gold standard", and the patients were classified into mild stenosis group (n=34) and moderate-to-severe stenosis group (n=69). To analyze the detection and diagnostic value of HR-MRI in intracranial artery stenosis in patients with acute cerebral infarction. **Results** The Kappa value of HR-MRI in diagnosing intracranial artery stenosis in patients with ACI was 72.13%, which had good consistency with the diagnosis result of DSA. Compared with mild stenosis group, the vascular RI was lower, and the total plaque thickness, plaque load and plaque enhancement rate were thicker or higher in moderate-to-severe stenosis group ($P<0.05$). HR-MRI local signal was positively correlated with the degree of vascular stenosis ($r=0.479$, $P<0.05$). The areas under the curves (AUC) of vascular RI, total plaque thickness, plaque load and plaque enhancement rate were 0.764, 0.869, 0.791 and 0.776 in diagnosing intracranial artery stenosis in patients with ACI, and the above imaging results have high diagnostic value ($P<0.05$). **Conclusion** HR-MRI can effectively detect intracranial artery stenosis in patients with ACI, and help determine the location of the diseased blood vessels so as to provide a reliable basis for the early diagnosis and evaluation of ACI.

Keywords: HR-MRI; Magnetic Resonance Imaging; Imaging; Diagnosis

急性脑梗死(acute cerebral infarct, ACI)又称急性缺血性脑卒中,主要是由于颅内动脉出现粥样硬化,形成斑块使管腔狭窄甚至闭塞,导致局部急性脑组织供血不足,随着人们生活、工作方式的变化及生活节奏的加快,ACI患者逐年上升,并呈现年轻化趋势^[1]。该病起病急,病情发展迅速,大部分患者因得不到及时救治而死亡,故早期诊断ACI颅内动脉狭窄程度成为临床治疗的关键^[2]。常规影像学检查,如核磁共振成像、CT血管造影、数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)只能显示动脉血管的狭窄程度,无法明确狭窄血管壁结构及造成血管狭窄的因素^[3]。高分辨率磁共振成像(high-resolution magnetic resonance imaging, HR-MRI)是以动脉血管壁作为成像目标且具备较高的软组织分辨率,被认为是唯一可活体检测颅内动脉血管壁结构的无创成像技术,逐渐应用于颅内AS血管壁和斑块特征的诊断研究中^[4]。以往研究表明,HR-MRI成像与动脉粥样硬化斑块特性具备相关性,但较少研究HR-MRI成像在诊断ACI患者颅内动脉狭窄程度方面的价值^[5],因此,本研究拟分析HR-MRI成像特征与颅内动脉狭窄的相关性,探究HR-MRI用于诊断ACI患者颅内动脉狭窄价值,旨在为临床诊断ACI提供更加准确的影像学信息。

1 对象与方法

1.1 研究对象 选取我院2020年7月至2021年11月诊治的103例ACI患者作为研究对象,其中男性61例,女性42例;年龄43-82岁,平均年龄(62.75±14.59)岁;合并高血压65例,糖尿病27例。

纳入标准:符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南》中关于ACI的诊断标准^[6];经DSA确诊为ACI;均进行HR-MRI检查,且与DSA检查平均间隔时间≤2.5 d;MCA狭窄程度≥30%;患者及其家属知情同意。排除标准:伴颅内恶性肿瘤、脑外伤;合并严重心血管疾病、肝肾功能不全、深静脉血栓;生命体征明显不稳;存在HR-MRI检查禁忌症。根据DSA颅内动脉狭窄程度检查结果将ACI患者分为轻度狭窄组34例,中重度狭窄组69例。

1.2 方法 HR-MRI检查:所有患者检查前禁食4h,取仰卧位,均采用Ingenia II 3.0 T磁共振扫描仪(飞利浦)进行动脉扫描。先采用8通道专用线圈行三维时间飞跃法(3D-time of flight, 3D-TOF)进行动脉血管成像扫描定位,TOF-MRA参数设置为重复时间22 ms、回波时间3.5 ms、激励次数1次、矩阵为330 mm×220 mm、层厚0.6 mm、层数140。然后于动脉狭窄横轴位处行黑血技术高分辨率T₁WI、T₂WI及FLAIR序列扫描。扫描参

【第一作者】肖太星,男,副主任医师,主要研究方向:CT/MRI方面的研究。E-mail: xtx0635@163.com

【通讯作者】冯 博,男,副主任医师,主要研究方向:脑血管病。E-mail: 47702306@qq.com

数：(1)T₁WI序列重复时间800 ms、回波时间10 ms、激励次数2次、矩阵为180 mm×144 mm、层厚2 mm、层间距0 mm；(2)T₂WI及FLAIR序列重复时间4000 ms、回波时间50 ms、激励次数1次、矩阵为180 mm×144 mm、层厚2 mm、层间距0 mm。将Gd-DTPA纵向弛豫造影剂经静脉高压注射，剂量为0.2 mmHg/kg，流速2mL/s。注射后5 min强化成像，再注射等量0.9%氯化钠注射液进行冲洗。

DSA检查：所有患者均局麻醉后采用UNIQ-FD20血管造影系统(飞利浦)进行数字造影检查，经股动脉穿刺置管，将造影剂注入主动脉、双侧颈内动脉(internal carotid artery, ICA)、基底动脉、椎动脉、颈总动脉(common carotid artery, CCA)分叉处等进行显影，通过快速连续摄片后获取造影血管图像。

1.3 图像分析 所得图像均由2名专业影像学诊断医师采取双盲法阅片并进行图像处理。从DWI图像中找出狭窄动脉血管及斑块，使用Vessel Mass软件计算狭窄血管长度、血管壁厚度、血管最狭窄处管腔直径、斑块厚度等，通过测量斑块平扫和增强信号强度，获取斑块负荷及斑块强化率。图像分析标准^[7]：(1)管腔狭窄程度：血管狭窄率为血管最狭窄处与远端正常管径之比，血管狭窄率<50%为轻度狭窄，50%≤狭窄率<70%为中度狭窄，狭窄率≥70%为重度狭窄。正常为0%，闭塞为100%。狭窄及闭塞均为阳性，正常为阴性。(2)责任斑块：病灶管腔最狭窄处≤2.0 cm的斑块。(3)管壁增厚：颅内动脉血管壁厚度>1 mm即为管壁增厚。(4)斑块位置：以责任斑块所在位置定为斑块位置，若责任斑块覆盖面>1个象限，则以责任斑块面积中最大部分所处象限定为斑块位置；若责任斑块覆盖面≥3个象限则为环形斑块。(5)血管重构：血管重构指数(reconstruction index, RI)>1.05为阳性重构，RI<0.95为阴性重构。

1.4 统计学方法 采用SPSS 21.0软件进行相关数据的整理与分析，以DSA诊断结果为“金标准”，四格表法计算HR-MRI诊断ACI患者颅内动脉狭窄的敏感度、特异性、阴性及阳性预测值；计数资料组间对比用卡方(χ^2)检验，计量资料给予正态及方差齐性检验满足要求，用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表达，组间行t检验；采用Spearman相关分析HR-MRI斑块信号强度与动脉狭窄程度的相关性，P<0.05视为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 HR-MRI成像特征 103例ACI患者中，MCA狭窄者59例，ICA狭窄者44例。MCA狭窄者责任斑块位于M1段56例，位于上干3例；ICA狭窄者责任斑块位于ICA起始段34例，位于CCA分叉处6例，位于CCA球部4例。56例出现阳性重构，37例出现阴性重构，10例未出现重构。

2.2 HR-MRI颅内动脉狭窄检查结果 103例ACI患者经DSA共检测941条血管，其中正常血管705条，狭窄或闭塞血管共236条，以DSA结果作为“金标准”，HR-MRI检查的敏感度为78.39%，特异度为93.33%，准确率为89.59%，阳性预测值为79.74%，阴性预测值为92.81%，误诊47例，误诊率为6.67%，漏诊51例，漏诊率为21.61%，HR-MRI诊断ACI患者颅内动脉狭窄的Kappa值为72.13%，与DSA诊断结果有较好的一致性，见表1。

2.3 HR-MRI成像结果与ACI患者颅内动脉狭窄程度比较 相较于轻度狭窄组，中重度狭窄组患者血管RI更低，斑块总厚度、斑块负荷、斑块强化率更大，比较有差异，具备统计学意义(P<0.05)，见表2。

2.4 HR-MRI成像结果 诊断ACI患者颅内动脉狭窄的ROC曲线分析 HR-MRI成像结果诊断长期HD合并CRBSI的效能均较高(P<0.05)。血管RI约登指数最大时对应cut-off为0.89，诊断ACI患者颅内动脉狭窄的AUC为0.764，敏感度、特异度分别为85.51%、70.59%；斑块总厚度约登指数最大时对应cut-off为3.73 mm，诊断ACI患者颅内动脉狭窄的AUC为0.869，敏感度、特异度分别为88.41%、79.41%；斑块负荷约登指数最大时对应cut-off为0.76，诊断ACI患者颅内动脉狭窄的AUC为0.791，敏感度、特异度分别为69.57%、88.24%；斑块强化率约登指数最大时对应cut-off为0.24，诊断ACI患者颅内动脉狭窄的AUC为

0.776，敏感度、特异度分别为69.53%、82.39%，见表3及图1。

2.5 HR-MRI局部信号与血管狭窄程度的相关性 HR-MRI局部信号与血管狭窄程度呈正相关(P<0.05)，见表4。

2.6 典型病例 典型病例及分析见图2~图4。图2可见左侧CCA分叉处-ICA起始部形成薄纤维易损斑块，管腔中度狭窄，管壁偏心性增厚，最狭窄处管壁厚度约0.38 cm，病变管壁内未见明显强化；右侧CCA分叉处-ICA起始部及左侧MCA M2段管腔轻度狭窄。图3可见右侧MCA M1段形成易损斑块，斑块内少许出血，管腔重度不规则狭窄，管壁偏心性增厚，病变管壁呈点线样强化；左侧MCA M1段、双侧ICA管壁增厚并轻度狭窄。图4可见右侧ICA起始段形成薄纤维易损斑块，斑块内出血，管壁增厚且管腔中重度狭窄，最狭窄处管壁厚度约0.40 cm，病变管壁可见不均匀强化，血管负性重构；左侧CCA球部及ICA起始段形成易损斑块，管腔中重度狭窄。

表1 CEUS与MRI诊断结果比较(n)

检查方法		DSA		合计
		阳性	阴性	
HR-MRI	阳性	185	47	232
	阴性	51	658	709
合计		236	705	941

表2 HR-MRI成像结果与ACI患者颅内动脉狭窄程度比较

组别	n	血管RI	斑块总厚度(mm)	斑块负荷	斑块强化率
轻度狭窄组	34	1.15±0.26	2.06±0.51	0.69±0.06	0.17±0.04
中重度狭窄组	69	0.82±0.24	4.83±1.05	0.82±0.11	0.31±0.08
t		6.383	14.534	6.425	9.612
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表3 HR-MRI局部信号与血管狭窄程度的相关性

DSA	HR-MRI局部信号		合计	r	P
	强化	无强化			
轻度狭窄	8	26	34	0.479	<0.001
中重度狭窄	51	18	69		
合计	59	44	103		

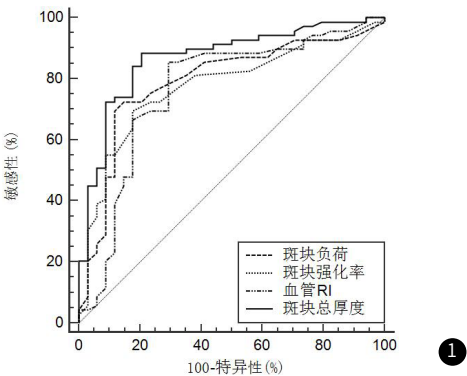


图1 HR-MRI成像结果诊断ACI患者颅内动脉狭窄的ROC曲线

3 讨论

ACI可发生于颅内动脉系统的任何部位，动脉狭窄是导致ACI的主要原因，ACI患者中，ICA、MCA等大血管病变约占80%，基底动脉、椎动脉等病变约占20%^[8]。颅内动脉发生狭窄使得脑部血流流速减慢，血流量减少，狭窄处易形成血栓，血栓脱落后引起栓塞，患者出现急性大脑缺血坏死征象^[9]。ACI治疗的关键点在于早期诊断并找准狭窄血管，及时给予溶栓治疗，通过畅通梗阻血管，降低缺血脑组织出现不可逆损伤的可能性，提高患者生存率^[10]，因此，如何利用影像学检查早期准确评估颅内动脉狭窄程度具有非常重要的临床意义。

DSA作为一种利用计算机对人体内血管进行数字化造影成像的检查方法，是目前诊断血管狭窄程度的金标准，但其属于有创影像学诊断技术，在对患者进行插管、注射药物时可导致血管痉

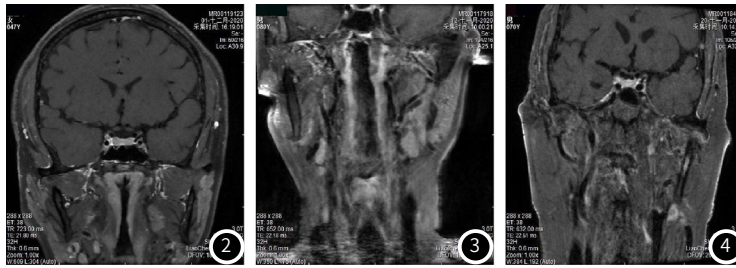


图2 左侧CCA分叉处-ICA起始部中度狭窄并右侧CCA分叉处-ICA起始部及左侧MCA M2段管腔轻度狭窄;
图3 右侧MCA M1段重度狭窄并左侧MCA M1段、双侧ICA轻度狭窄;
图4 右侧ICA起始段、左侧CCA球部及ICA起始段中重度狭窄。

表4 HR-MRI成像结果诊断ACI患者颅内动脉狭窄的价值

指标	截点值	AUC	95%CI	P	约登指数	敏感度(%)	特异性(%)
血管RI	0.89	0.764	0.658~0.871	<0.001	0.561	85.51	70.59
斑块总厚度	3.73 mm	0.869	0.794~0.943	<0.001	0.678	88.41	79.41
斑块负荷	0.76	0.791	0.696~0.886	<0.001	0.578	69.57	88.24
斑块强化率	0.24	0.776	0.682~0.870	<0.001	0.519	69.53	82.39

挛、损伤等不良情况发生,不适用于ACI患者颅内动脉狭窄的早期诊断筛查^[11]。本研究以DSA结果作为“金标准”,对比得出:HR-MRI检查的敏感度为78.39%,特异度为93.33%,准确率为89.59%,误诊率为6.67%,漏诊率为21.61%,HR-MRI诊断ACI患者颅内动脉狭窄的Kappa值为72.13%,与DSA诊断结果有较好的一致性,提示HR-MRI在ACI患者颅内动脉狭窄程度方面具备较高的诊断价值。HR-MRI能够准确评估颅内动脉狭窄情况的原因可能在于:(1)远端血管分支能受到动脉狭窄处斑块分布的潜在影响,特别是MCA、ICA等分支较多的血管,若此类血管分支开口处出现严重狭窄并形成斑块,斑块脱落可导致分支开口处动脉血栓形成,增加脑梗死的风险;而临床传统血管影像学技术无法明确斑块在穿支动脉开口处的位置,HR-MRI可弥补其在斑块诊断中的不足,TSE-T₂WI和FS-T₂WI序列成像对颅内动脉壁显示最好,能较为清晰地呈现责任斑块与穿支动脉开口的关系^[12]。(2)MRI常规序列在定位ACI病灶,评估血管壁损伤程度方面的敏感性及准确度偏低,而HR-MRI采用了3D-TOF技术,该技术能准确评估颅内大血管狭窄情况,并且行黑血技术进行高分辨率T₁WI、T₂WI序列扫描,通过饱和射频脉冲促进血流的预饱和,而预饱和状态下血流的纵向磁化矢量小,体内注入纵向弛豫造影剂后几乎不生成信号,成像中可呈现出血流黑色低信号,周边组织高信号的状态,形成鲜明对比,使得血管壁及斑块边界成像更加清晰^[13]。本研究出现21.61%的漏诊率原因可能在于漏诊患者血管的夹层分离小,HR-MRI对不规则颅内动脉血管腔的敏感性较低,也可能由于动脉夹层血肿厚度过小或管壁呈现环形增厚导致管腔狭窄不明显而产生漏诊的情况^[14]。

ACI患者动脉狭窄处可出现血管重构现象,相较于常规MRI、CT造影等技术,HR-MRI可检测到动脉管壁结构,得出管壁相关参数,为ACI的诊断提供更多的有效信息^[15]。本研究结果显示:相较于轻度狭窄组,中重度狭窄组患者血管RI更低,斑块总厚度、斑块负荷、斑块强化率更大,且HR-MRI局部信号与血管狭窄程度呈正相关,提示HR-MRI的这些血管成像特征可以作为诊断ACI患者颅内动脉狭窄的依据。研究证实,RI越小,越有可能出现易损斑块的累积超过动脉血管壁向外扩张的代偿能力,从而造成管壁塌陷,导致血管狭窄程度更加严重,随着病程的进展,管壁发生纤维愈合,易损斑块逐渐钙化、纤维化^[16]。另有研究表明,血管重构模式与斑块成分相关,当管壁增厚时,为维持原来管腔直径大小,血管壁会发生重构,大的脂质核心、炎症反应可能促使血管发生正性重构,小的脂质核心、斑块钙化和纤维化等可能促使血管发生负性重构,管腔呈现中重度狭窄^[17]。动脉血管在形成易损斑块初期可造成局部缺氧,诱导毛细血管的增生,管壁增厚且通透性增高,Gd-DTPA造影剂容易发生渗漏,因此,对于血管轻度狭窄患者而言,HR-MRI显示病变管壁强化作用不明显,随着动脉血管壁狭窄程度的加重,管壁新生毛细血管密度增高,管壁通透性逐渐降低,Gd-DTPA造影剂集聚在众多新生毛细血管中,造成管壁局部信号强化^[18]。另外,对于健康人而言,行HR-MRI FLAIR序列扫描,颅内动脉呈现出低信号,但当颅内血流减慢,一部分质子会产生强化信号,强化程度与血液流速呈负相关,在FLAIR序列中呈高信号,但在T₂WI序列中仍呈低信号^[19]。

所以部分ACI患者HR-MRI FLAIR序列会出现高信号血管征,且血管狭窄程度与信号强度呈正相关。

综上所述,基于HR-MRI在颅内动脉血管壁结构成像方面的优势,对于适合行HR-MRI的血管MCA M1段及ICA等大血管可常规开展HR-MRI,以提高颅内狭窄动脉的检出率及血管狭窄程度的诊断评估。

参考文献

- [1] 张会文,文建英,李婷婷,等.多层螺旋CT灌注成像结合血管成像应用于诊断急性缺血性脑卒中的临床价值[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(10):11-12,35.
- [2] Yang B, Zhu H, Zhang Y, et al. High-resolution magnetic resonance imaging confirmed atherosclerosis of an intracranial penetrating artery: A case report[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2018, 27(7): e121-e124.
- [3] Xia C, Chen HS, Wu SW, et al. Etiology of isolated pontine infarctions: a study based on high-resolution MRI and brain small vessel disease scores[J]. BMC Neurol, 2017, 17(1): 216-219.
- [4] Chung JW, Cha J, Lee MJ, et al. Intensive statin treatment in acute ischaemic stroke patients with intracranial atherosclerosis: a high-resolution magnetic resonance imaging study (STAMINA-MRI Study)[J]. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 2020, 91(2): 204-211.
- [5] 朱友义,高律萍,曹成瑛,等. MRI-DWI、HR-MRI评估急性脑梗死患者相关高危斑块特征研究[J]. 中国临床医学影像杂志, 2021, 32(10): 700-703.
- [6] 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2014[J]. 中华神经科杂志, 2015, 48(4): 246-257.
- [7] Wang GC, Chen YJ, Feng XR, et al. Diagnostic value of HR-MRI and DCE-MRI in unilateral middle cerebral artery inflammatory stenosis[J]. Brain Behav, 2020, 10(9): e01732-e01735.
- [8] 刘强, 汤园园. 急性缺血性脑梗死CT和MRI的诊断比较[J]. 罕少疾病杂志, 2019, 26(5): 8-10.
- [9] Shin J, Chung JW, Park MS, et al. Outcomes after ischemic stroke caused by intracranial atherosclerosis vs dissection[J]. Neurology, 2018, 91(19): e1751-e1759.
- [10] Chen H, Li X, Zhang X, et al. Late delayed radiation-induced cerebral arteriopathy by high-resolution magnetic resonance imaging: a case report[J]. BMC Neurol, 2019, 19(1): 232-235.
- [11] Park JE, Jung SC, Lee SH, et al. Comparison of 3D magnetic resonance imaging and digital subtraction angiography for intracranial artery stenosis[J]. Eur Radiol, 2017, 27(11): 4737-4746.
- [12] 沈宓, 高培毅, 林燕, 等. MR血管壁成像对大脑中动脉深穿支梗死的初步研究[J]. 国际医学放射学杂志, 2017, 40(6): 656-660.
- [13] Chen L, Liu Q, Shi Z, et al. Interstudy reproducibility of dark blood high-resolution MRI in evaluating basilar atherosclerotic plaque at 3 Tesla[J]. Diagn Interv Radiol, 2018, 24(4): 237-242.
- [14] 张雯丽, 卜宁, 李晓会, 等. 高分辨磁共振对急性脑梗死患者的颅内动脉评估[J]. 中风与神经疾病杂志, 2019, 36(4): 317-321.
- [15] Kang HG, Lee CH, Shin BS, et al. Characteristics of symptomatic basilar artery stenosis using high-resolution magnetic resonance imaging in ischemic stroke patients[J]. J Atheroscler Thromb, 2021, 28(10): 1063-1070.
- [16] 杨倩, 张杨, 黎海涛. 轻中度血管狭窄重构模式与斑块易损性的高分辨磁共振研究[J]. 第三军医大学学报, 2017, 39(18): 1836-1840.
- [17] 张丹凤, 陈慧钿, 张卫东, 等. 高分辨磁共振成像大脑中动脉粥样硬化斑块的分布及信号特点与脑梗死的关系[J]. 磁共振成像, 2017, 8(1): 4-7.
- [18] Wang E, Shao S, Li S, et al. A high-resolution MRI study of the relationship between plaque enhancement and ischemic stroke events in patients with intracranial atherosclerotic stenosis[J]. Front Neurol, 2019, 9(1): 1154-1158.
- [19] 卜伟艺, 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.

(收稿日期: 2022-01-14)

(校对编辑: 谢诗婷)