

论 著

Diagnostic Value of High-Resolution MRI 3D Black Blood and CT Angiography in Diagnosis of Plaque Characteristics in Patients with Carotid Artery Stenosis

LIU Chang-li¹, WANG Shao-bin², ZHANG Jun^{1*}.

1. Imaging Department of Inner Mongolia Baogang Hospital, Baotou 014010, Inner Mongolia, China

2. Department of Neurology, Inner Mongolia Baogang Hospital, Baotou 014010, Inner Mongolia, China

高分辨MRI 3D黑血技术和CT血管造影对颈动脉狭窄患者斑块特性诊断价值比较

刘常利¹ 王少斌² 张 军^{1*}1. 内蒙古包钢医院影像科
(内蒙古 包头 014010)2. 内蒙古包钢医院 神经内科
(内蒙古 包头 014010)

【摘要】目的 比较高分辨磁共振成像(MRI) 3D黑血技术和计算机断层扫描(CT)血管造影(CTA)对颈动脉狭窄患者斑块特性的诊断价值。**方法** 选取2020年1月至12月本院收治的68例临床拟诊为颈动脉狭窄伴斑块患者。所有研究对象均进行颈部MRI 3D黑血技术和CTA检查, 比较高分辨率MRI 3D黑血与CTA的定量测量结果。以数字减影血管造影(DSA)为金标准, 分析两种检测方法对血管狭窄和溃疡斑块的诊断价值。**结果** 68例患者中单侧病变10例, 双侧病变58例, 3支因图像质量不佳予以剔除, 共纳入123支颈动脉病变。高分辨率MRI 3D黑血测量的管腔面积、管壁面积及管壁外面积与CTA比较, 差异均无统计学意义($P>0.05$)。高分辨率MRI 3D黑血、CTA测量管腔狭窄率比较差异无统计学意义($P>0.05$), Pearson相关性分析显示高分辨率MRI 3D黑血、CTA与DSA测量管腔狭窄率均呈正相关($P<0.001$)。以DSA为金标准, 高分辨率MRI 3D黑血检查对血管狭窄 $>70\%$ 的灵敏度为93.88%、特异度为100.00%、约登指数为0.939; CTA的灵敏度为91.83%、特异度为93.24%、约登指数为0.851。高分辨率MRI 3D黑血和CTA分别检出溃疡斑块38个、35个, DSA检出33个, 高分辨率MRI 3D黑血诊断溃疡斑块的灵敏度、特异度和约登指数分别为100.00%、91.44%、0.914, CTA诊断溃疡斑块的灵敏度、特异度和约登指数分别为78.79%、90.00%、0.688。**结论** 高分辨率MRI 3D黑血技术与CTA对颈动脉狭窄患者斑块特性诊断价值的对比报道尚少。鉴于此, 本研究通过对本院收治的68例临床拟诊为颈动脉狭窄伴斑块患者为研究对象, 对比高分辨率MRI 3D黑血技术对溃疡斑块的诊断价值更高。

【关键词】 高分辨率磁共振成像; 3D黑血技术; 颈动脉狭窄; 斑块特性; 诊断

【中图分类号】 R543.4

【文献标识码】 A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.01.017

ABSTRACT

Objective To compare the diagnostic value of high-resolution magnetic resonance imaging (MRI) 3D black blood technique and computed tomography (CT) angiography (CTA) in the diagnosis of plaque characteristics in patients with carotid artery stenosis. **Methods** Sixty eight clinically diagnosed patients with carotid artery stenosis and plaque who were admitted to our hospital from January to December 2020 were selected. All subjects underwent neck MRI 3D black blood technique and CTA examination, and the quantitative measurement results of high-resolution MRI 3D black blood and CTA were compared. With digital subtraction angiography (DSA) as the gold standard, the diagnostic value of two detection methods for vascular stenosis and ulcer plaque was analyzed. **Results** Among the 68 patients, 10 were unilateral lesions and 58 were bilateral lesions. 3 vessels were removed due to poor image quality. A total of 123 carotid artery lesions were included. There was no significant difference in the area of the lumen, the area of the tube wall and the external area of the tube wall measured by high-resolution MRI 3D black blood compared with CTA ($P>0.05$). There was no statistically significant difference in the rate of lumen stenosis measured by high-resolution MRI 3D black blood and CTA ($P>0.05$). Pearson correlation analysis showed that high-resolution MRI 3D black blood and DSA were positively correlated with the luminal stenosis rate measured by DSA ($P<0.001$). With DSA as the gold standard, the sensitivity of high-resolution MRI 3D black blood examination for vascular stenosis $>70\%$ was 93.88%, the specificity was 100.00%, and the Youden index was 0.939. The sensitivity of CTA was 91.83%, the specificity was 93.24%, and the Youden index was 0.851. High-resolution MRI 3D black blood and CTA detected 38 and 35 ulcer plaques, respectively, and DSA detected 33. The sensitivity, specificity and Youden index of high-resolution MRI 3D black blood in the diagnosis of ulcer plaques were respectively 100.00%, 91.44%, 0.914, the sensitivity, specificity and Youden index of CTA in diagnosing ulcer plaque were 78.79%, 90.00%, 0.688, respectively. **Conclusion** Both high-resolution MRI 3D black blood technology and CTA have higher diagnostic value for carotid artery stenosis, but high-resolution MRI 3D black blood technology has higher diagnostic value for ulcer plaque.

Keywords: High-Resolution Magnetic Resonance Imaging; 3D Black Blood Technique; Carotid Artery Stenosis; Plaque Characteristics; Diagnosis

颈动脉粥样硬化是缺血性脑卒中发病的高危因素, 临床报道显示, 约30%~50%的缺血性脑卒中由颈动脉狭窄、破裂等病变引起, 颈动脉狭窄程度和稳定性是缺血性脑卒中事件的关键因素^[1]。因此, 监测颈动脉狭窄程度及斑块性质对缺血性脑卒中的预测具有重要意义。数字减影血管造影(DSA)是诊断血管疾病的金标准, 但由于DSA的有创性, 临床应用受到局限。目前, 临床主要采用超声进行早期病变的筛查, 但其对轻度狭窄患者漏诊率较高^[2]。CT血管造影(CTA)检查颈动脉病变具有视野广、分辨率高等多种优势, 但其对溃疡斑块诊断的灵敏度较低^[3-4]。近年来研究显示^[5-6], 高分辨磁共振成像(MRI) 3D黑血技术在颈动脉狭窄程度和稳定性的识别和评估中逐渐凸显出优势, 对动脉粥样硬化斑块的负荷和成分特征能够更清晰的进行观察。目前, 临床关于高分辨率MRI 3D黑血技术与CTA对颈动脉狭窄患者斑块特性诊断价值的对比报道尚少。鉴于此, 本研究通过对本院收治的68例临床拟诊为颈动脉狭窄伴斑块患者为研究对象, 对比高分辨率MRI 3D黑血技术与CTA在颈动脉狭窄患者斑块特性中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 临床资料 选取2020年1月至2020年12月期间本院收治的68例临床拟诊为颈动脉狭窄伴斑块患者, 其中男44例、女24例, 年龄31~80岁, 平均(69.37±10.21)岁, 合并症: 高血压35例, 糖尿病16例, 高脂血症15例, 短暂性脑缺血发作28例, 腔隙性脑梗死48例, 大面积脑梗死11例。本研究获得本院医学伦理委员会批准同意。

纳入标准: 所有患者均临床拟诊为颈动脉狭窄患者, 且经彩色多普勒超声检查明确单侧或双侧存在颈动脉伴斑块, 或管壁最大厚度 $>1.5\text{ mm}$ ^[7]; 均接受高分辨率MRI 3D黑血及CTA检查, 且两项检查间隔不足1个月; 均接受DSA检查获得明确诊断; 签署知情同意书。

【第一作者】 刘常利, 男, 主治医师, 主要研究方向: 影像诊断。E-mail: kangtao12045@163.com

【通讯作者】 张 军, 男, 主任医师, 主要研究方向: 影像诊断。E-mail: 967266720@qq.com

排除标准：不配合检查者；有MRI检查禁忌症者；颈动脉内膜剥脱手术史者；脑动脉或颈动脉介入治疗史者；颈部放射治疗史者；合并心律失常、心房颤动等可能诱发心源性脑卒中的疾病者；先天性颈动脉解剖变异者；造影剂过敏者。

1.2 CTA检查方法 采用GE Bright speed 16层螺旋CT扫描。仰卧位，保持下颌支与水平面垂直，颈部侧位定位片中确认扫描范围：颈第6~7椎体向上至颅底。(1)常规螺旋CT平扫，120kV，180 mA，层厚5mm，无重建间隔。(2)螺旋CT增强扫描，120kV，280mA，矩阵512×512。(3)静脉注射碘海醇80~100mL，注射速度3.0mL/s，注射完毕后延迟15s，行颈动脉CTA扫描。图像传至后处理ADW4.3工作站，进行容积再现、多平面重组、曲面重组、表面遮掩法等多角度分析颈动脉狭窄或斑块情况。

1.3 高分辨率MRI 3D黑血检查方法 采用Philips Intera Achieva 3.0 TX超导磁共振扫描仪，8通道颈动脉相控阵表面线圈。扫描范围：时间飞跃法(TOF)获取颈动脉分叉位置，覆盖分叉点上下2 cm为扫描范围。扫描参数：在扫描范围内，采用运动致敏驱动平衡改良技术(iMSDE)序列冠状位扫描，反转角6°，TR 9.2 ms，TE4.3ms，回波链长度(ETL) 12，激励次数(NEX) 1，精准频率反转恢复技术(SPAIR)脂肪抑制，覆盖长度15cm，矩阵尺度512×512，最小分辨率0.28mm×0.28mm。以感兴趣区为参考，与重建图像对应层相差0.1mm，图像传输至后处理工作站(GE Healthcare, Milwaukee)，对原始图像进行标准轴位重建。

1.4 图像分析 MRI、CTA图像均由2名高年资有丰富血管疾病诊断经验的影像科医师行独立双盲判读，意见不同时，增加第三个高年资阅片人，通过讨论达成一致意见。图像质量评价^[8]：I级：动脉内壁和外壁无法判断；II级：动脉管壁结构可见，但边界部分不清；III级：动脉壁结构清晰，但局部不清；IV级：动脉壁结构和轮廓均清晰可辨；图像质量≤2分者剔除。评价范围为颈动脉分叉处±5 cm，选取最狭窄处评价。

1.5 评价指标 (1)定量指标测量：确定颈动脉分叉层面及其上下两个层面，将两种成像图像与DSA进行匹配、校准，定量测量管腔面积、管壁面积、管壁外界面积。(2)狭窄率计算：血管狭窄

率根据北美症状性颈动脉内膜切除实验(NASCET)标准^[9]评估，即(狭窄远端正常血管直径-狭窄处最窄直径)/狭窄远端正常血管直径×100%。(3)溃疡斑块^[10]：高分辨率MRI 3D黑血显示斑块表面连续性中断，且凹陷处最大径超过1 mm；CTA显示对比剂扩散至血管外，进入斑块组织周围，容积再现(VR)像上呈龛影；DSA显示血管内壁有明确突起或龛影。

1.6 统计学分析 将SPSS 13.0软件用以检验统计学差异，分别以“”表示符合正态分布的计量资料，并进行t检验，用例数或“%”表示计数资料，P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 金标准检查结果 以DSA为金标准，68例患者中，10例单侧病变，58例双侧病变，3支因高分辨率MRI 3D黑血检查图像质量≤2分予以剔除，共纳入123支颈动脉病变。

2.2 高分辨率MRI 3D黑血与CTA定量测量结果 高分辨率MRI 3D黑血测量的管腔面积、管壁面积及管壁外界面积与CTA比较，差异均无统计学意义(P>0.05)，见表1。

2.3 高分辨率MRI 3D黑血与CTA对血管狭窄的诊断 高分辨率MRI 3D黑血、CTA测量管腔狭窄率分别为(65.70±12.10)%、(65.34±11.47)%，两者比较差异无统计学意义(t=0.905，P>0.05)；DSA测量管腔狭窄率为(66.10±9.24)%，Pearson相关性分析显示高分辨率MRI 3D黑血、CTA与DSA测量管腔狭窄率呈正相关(r=0.961、0.952，P<0.001)。以DSA为金标准，根据NASCET标准高分辨率MRI 3D黑血检查对血管狭窄>70%的灵敏度为93.88%(46/49)、特异度为100.00%(74/74)、约登指数为0.939；CTA的灵敏度为91.83%(45/49)、特异度为93.24%(69/74)、约登指数为0.851，见表2。

2.4 高分辨率MRI 3D黑血与CTA对溃疡斑块的诊断 高分辨率MRI 3D黑血检出溃疡斑块38个，CTA检出溃疡斑块35个，DSA检出33个。以DSA为金标准，高分辨率MRI 3D黑血诊断溃疡斑块的灵敏度、特异度和约登指数分别为100.00%(33/33)、91.44%(85/90)、0.914，CTA诊断溃疡斑块的灵敏度、特异度和约登指数分别为78.79%(26/33)、90.00%(81/90)、0.688，见表3。

2.5 典型病例

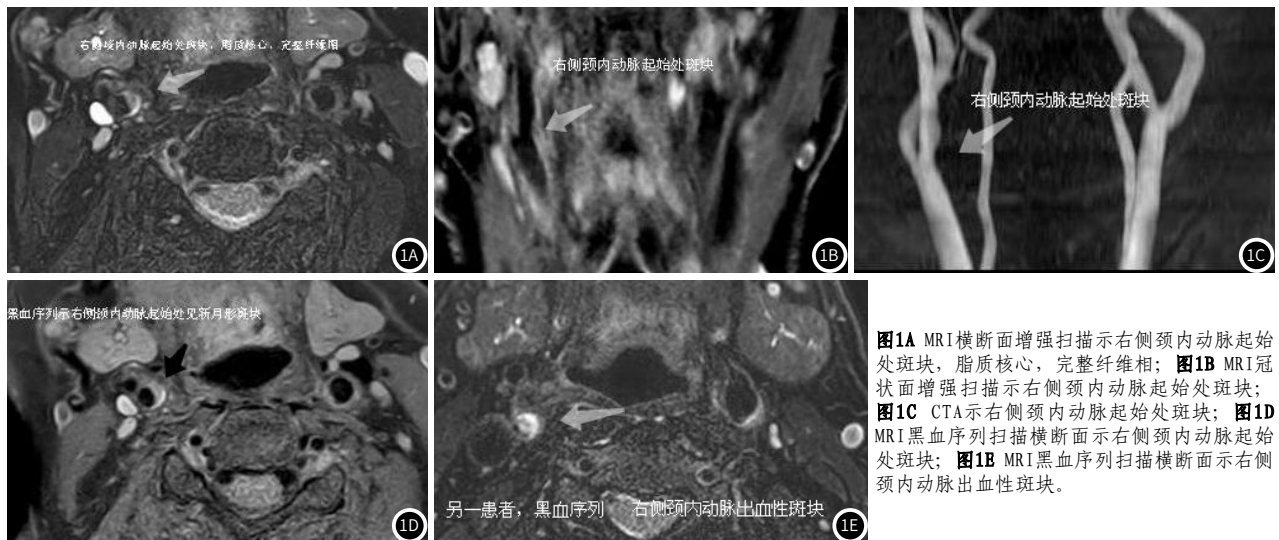


图1A MRI横断面增强扫描示右侧颈内动脉起始处斑块，脂质核心，完整纤维帽；图1B MRI冠状面增强扫描示右侧颈内动脉起始处斑块；图1C CTA示右侧颈内动脉起始处斑块；图1D MRI黑血序列扫描横断面示右侧颈内动脉起始处斑块；图1E MRI黑血序列扫描横断面示右侧颈内动脉出血性斑块。

表1 高分辨率MRI 3D黑血与CTA定量测量结果(n=123, mm²)

检查方法	管腔面积	管壁面积	管壁外界面积
MRI 3D黑血	75.11±22.30	61.52±20.71	92.05±30.24
CTA	80.26±31.45	57.26±21.38	91.67±29.10
t值	1.102	1.180	0.075
P值	0.273	0.240	0.941

表2 高分辨率MRI 3D黑血与CTA对血管狭窄>70%的诊断

检查方法	灵敏度	特异度	阳性预测值	阴性预测值	约登指数
MRI 3D黑血	93.88%	100.00%	100.00%	96.10%	0.939
CTA	91.83%	93.24%	90.00%	94.52%	0.851

表3 高分辨率MRI 3D黑血与CTA对溃疡斑块的诊断

检查方法	灵敏度	特异度	阳性预测值	阴性预测值	约登指数
MRI 3D黑血	100.00%	91.44%	86.84%	100.00%	0.884
CTA	78.79%	90.00%	74.29%	92.05%	0.688

3 讨论

随着我国老龄化加剧,心脑血管疾病尤其是缺血性脑血管疾病发病率逐年升高,已成为威胁人民健康的重要疾病。颈动脉狭窄是引起缺血性脑卒中的主要因素之一。近年来研究显示^[11-12],颈动脉狭窄>50%的患者不一定发生脑缺血事件,而部分患者颈动脉狭窄不足50%却发生了脑梗死,证据提示诱发脑缺血事件的原因为动脉粥样硬化斑块破溃。因此,评估颈动脉粥样硬化狭窄程度和斑块性质同样重要。临床多采用超声进行颈动脉狭窄和粥样硬化斑块进行初步筛查,但灵敏度和特异度仍有待提高^[13]。亟需寻找更为有效的无创检查方法。因此,探讨高分辨率MRI 3D黑血技术对颈动脉粥样硬化狭窄程度和斑块性质的评估价值有重要意义。

高分辨率MRI应用3.0 T高场强磁共振仪和表面相控线圈,其信噪比、分辨率得到提升^[14]。本研究应用的高分辨率MRI 3D黑血技术,对血管周围脂肪的高信号进行了有效抑制;同时该技术的预备脉冲能较好的免疫磁场不均匀、信号衰减现象,因此图像质量得到进一步提升,从而更加清晰的显示斑块的形态特征^[15]。本研究68例患者共126支病变血管,由于图像质量原因剔除2支,合格率97.62%,图像质量高。

本研究中高分辨率MRI 3D黑血测量与CTA测量的管腔面积、管壁面积及管壁外面积比较无差异,提示3D黑血技术应用图像后处理技术,对血管测量的准确性与CTA相当,能够准确判断病变血管的内外径。Al-Smadi等^[16]将高分辨率MRI 3D黑血技术用于评估颅内大动脉闭塞,发现其对颅内大动脉闭塞的准确性和可靠性高。本研究Pearson相关性分析显示,高分辨率MRI 3D黑血、CTA测量的管腔狭窄率与金标准DSA呈强正相关,相关系数分别为0.961、0.952,高分辨率MRI 3D黑血检查对血管狭窄>70%的灵敏度、特异度和约登指数分别为93.88%、100.00%、0.939,CTA检查分别为91.83%、93.24%、0.851,提示高分辨率MRI 3D黑血技术对颈动脉血管狭窄程度有较高的诊断价值,且对重度狭窄不存在漏诊情况。本研究有3支颈动脉的狭窄程度被低估,可能由于高分辨率MRI 3D黑血技术扫描层面少,而参照管径大,加之搏动伪影,从而导致漏诊^[17]。

本研究以DSA为“金标准”,高分辨率MRI 3D黑血技术诊断溃疡斑块的灵敏度、特异度和约登指数分别为100.00%、91.44%、0.914,CTA分别为78.79%、90.00%、0.688,提示高分辨率MRI 3D黑血技术对溃疡斑块有较高的诊断价值,漏诊和误诊风险较低。高分辨率MRI 3D黑血技术检出的38个溃疡斑块中有5个为误诊,分析原因可能为斑块表面钙化出现低信号而误判。溃疡斑块成分复杂,高分辨率MRI 3D黑血技术可获得高质量声像图,同时可在任一扫描面上进行观察和图像重建,整体观察斑块及动脉壁,更易检出不规则斑块和轻微破溃斑块^[18-19]。此外,高分辨率MRI 3D黑血技术通过抑制管腔血流信号和脂肪信号,获得动脉管壁的良好信号对比,对斑块负荷、纤维帽、炎症等性质进行更准确的判断^[20]。

综上所述,高分辨率MRI 3D黑血技术与CTA对颈动脉狭窄均有较高的诊断价值,但高分辨率MRI 3D黑血技术对溃疡斑块的诊断价值更高,可作为DSA的辅助检查手段,为颈动脉狭窄患者斑

块特性的评估提供更可靠的临床依据。

参考文献

- [1] Dilba K, van Dam-Nolen D H K, van Dijk A C, et al. Plaque composition as a predictor of plaque ulceration in carotid artery atherosclerosis: the plaque at RISK study[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2021, 42(1): 144-151.
- [2] Ning B, Zhang D, Sui B, et al. Ultrasound imaging of carotid web with atherosclerosis plaque: a case report[J]. *J Med Case Rep*, 2020, 14(1): 145.
- [3] Baradaran H, Foster T, Harrie P, et al. Carotid artery plaque characteristics: current reporting practices on CT angiography[J]. *Neuroradiology*, 2021, 63(7): 1013-1018.
- [4] 吴柯薇, 白玫. 基于深度残差网络的冠状动脉CT血管造影图像斑块的识别算法研究[J]. *中国医学装备*, 2019, 16(11): 1-5.
- [5] 陆艳, 黄仁军, 李勇刚. 颅颈部分高分辨率MRA: 常规黑血序列与SNAP序列的比较[J]. *放射学实践*, 2019, 34(8): 863-868.
- [6] Guggenberger K, Krafft A J, Ludwig U, et al. High-resolution Compressed-sensing T1 Black-blood MRI: A New Multipurpose Sequence in Vascular Neuroimaging? [J]. *Clin Neuroradiol*, 2021, 31(1): 207-216.
- [7] 陈静. 彩色多普勒超声检测在高血压颈动脉病变中的价值[J]. *重庆医科大学学报*, 2009, 34(8): 1130-1132.
- [8] 陈翌, 郑晓林, 刘碧华, 等. 周围门控黑血技术显示颈动脉粥样斑块图像质量评估[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2014, 11(1): 54-56.
- [9] North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial. Methods, patient characteristics, and progress[J]. *Stroke*, 1991, 22(6): 711-20.
- [10] Cai JM, Hatsukami TS, Ferguson MS, et al. Classification of human carotid atherosclerotic lesions with in vivo multicontrast magnetic resonance imaging[J]. *Circulation*, 2002, 106(11): 1368-1373.
- [11] Ha S H, Chang J Y, Lee S H, et al. Mechanism of stroke according to the severity and location of atherosclerotic middle cerebral artery Disease[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2021, 30(2): 105503.
- [12] Roth L, Van der Donckt C, Emini Veseli B, et al. Nitric oxide donor molsidomine favors features of atherosclerotic plaque stability and reduces myocardial infarction in mice[J]. *Vascul Pharmacol*, 2019, 118-119: 106561.
- [13] Fedak A, Ciuk K, Urbanik A. Ultrasonography of vulnerable atherosclerotic plaque in the carotid arteries: B-mode imaging[J]. *J Ultrason*, 2020, 20(81): e135-e145.
- [14] 朱燕, 熊维, 殷云志. 3.0T MRI颈动脉斑块高分辨成像在IS患者中的应用价值分析[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2019, 17(11): 7-9.
- [15] Elsheikh S, Urbach H, Meckel S. Contrast enhancement of intracranial aneurysms on 3T 3D black-blood MRI and its relationship to aneurysm recurrence following endovascular treatment[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2020, 41(3): 495-500.
- [16] Al-Smadi A S, Abdalla R N, Elmokadem A H, et al. Diagnostic accuracy of high-resolution black-blood MRI in the evaluation of intracranial large-vessel arterial occlusions[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2019, 40(6): 954-959.
- [17] Gang M, Lee H, Kwak H S, et al. Strong enhancement on three-dimensional black-blood enhanced magnetic resonance imaging: Comparison intracranial stenosis and complete occlusion[J]. *Eur J Radiol*, 2021, 137: 109580.
- [18] Cho S J, Jung S C, Suh C H, et al. High-resolution magnetic resonance imaging of intracranial vessel walls: Comparison of 3D T1-weighted turbo spin echo with or without DANTE or iMSDE[J]. *PLoS One*, 2019, 14(8): e0220603.
- [19] Wei H, Zhang M, Li Y, et al. Evaluation of 3D multi-contrast carotid vessel wall MRI: a comparative study[J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2020, 10(1): 269-282.
- [20] 董莉, 申强, 郭森, 等. 黑血动态增强磁共振成像技术对早期动脉粥样硬化炎症反应的可行性研究[J]. *心肺血管病杂志*, 2019, 38(8): 874-878, 892.

(收稿日期: 2021-10-17)

(校对编辑: 阮靖)