

磁共振颅颈一体化高分辨血管壁成像评价颈动脉斑块负荷与脑卒中的关系

李耀志, 谢艺才

梧州市红十字会医院放射科, 广西 梧州 543002

【摘要】目的:探讨磁共振(MRI)颅颈一体化高分辨血管壁成像评价颈动脉斑块负荷与脑卒中的关系。**方法:**100例缺血性脑卒中患者为研究对象,并以50例无症状的高危人群为对照组,均行MRI平扫及增强头颅一体化血管壁成像扫描,观察指标包括患者缺血侧及非缺血侧的颈动脉血管壁参数[管腔面积(LA)、血管总面积(TVA)、管壁面积(WA)、管壁标准化指数(NWI)];根据研究组患者是否存在脑组织不可逆死亡将其分为预后较好组及预后不良组,比较两组缺血侧颈动脉管壁参数,分析其对患者预后的评估价值;分析颈动脉管壁参数与美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)的相关性;对照组均随访2年,根据脑卒中发生情况将其分为脑卒中组及正常组,比较两组颈动脉管壁参数,分析其对发生缺血性脑卒中的预测价值。**结果:**研究组缺血侧TVA、WA及NWI值大于非缺血侧,LA值小于非缺血侧($P<0.05$);预后不良组TVA、WA及NWI值大于预后较好组,LA值小于预后较好组($P<0.05$);颈动脉管壁参数联合检测评估患者预后的AUC大于0.75;患者LA值与NIHSS评分呈负相关($P<0.05$),TVA、WA及NWI值与NIHSS评分无相关性($P>0.05$)。脑卒中组TVA、WA及NWI值大于正常组,LA值小于正常组($P<0.05$);颈动脉管壁参数联合检测评估高危人群缺血性脑卒中发病的AUC大于0.75。**结论:**TVA、WA、NWI及LA值联合检测对缺血性脑卒中患者预后具有评估价值,对高危人群脑卒中发病具有预测价值,且LA值与神经功能损伤程度相关。

【关键词】磁共振;颅颈一体化;血管壁成像;颈动脉斑块负荷;脑卒中;预测价值

【中图分类号】R445.2;R743.9

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2022)03-0328-05

Relationship between carotid plaques burden and stroke: an evaluation by high-resolution craniocervical MR vessel wall imaging

LI Yaozhi, XIE Yicai

Department of Radiology, Wuzhou Red Cross Hospital, Wuzhou 543002, China

Abstract: Objective To explore the relationship between carotid plaques burden and stroke by high-resolution craniocervical MR vessel wall imaging (HR-VWI). **Methods** A total of 100 patients with ischemic stroke were enrolled as study group, and another 50 asymptomatic patients at high risk as control group. All subjects underwent MRI plain scan and enhanced HR-VWI. Carotid wall parameters, including lumen area (LA), total vascular area (TVA), wall area (WA), normalized wall index (NWI), were measured on the ischemic and non-ischemic sides. According to whether there was irreversible death of brain tissues, patients in study group were further divided into good prognosis group and poor prognosis group, and the carotid wall parameters on ischemic side were compared between the two groups for analyzing their evaluation value for prognosis. The correlation between carotid wall parameters and score of National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) was also analyzed. The patients in control group were followed-up for 2 years, and then further grouped into stroke group and normal group according to whether they had a stroke. The carotid wall parameters were compared between stroke group and normal group for analyzing their predictive value for ischemic stroke. **Results** In study group, the TVA, WA and NWI on ischemic side were greater than those on non-ischemic side, while LA was lower than that on non-ischemic side ($P<0.05$). The TVA, WA and NWI in poor prognosis group were greater than those in good prognosis group, while LA was lower than that in good prognosis group ($P<0.05$). The AUC of the combination of carotid wall parameters for assessing prognosis was greater than 0.75. LA was negatively correlated with NIHSS score ($P<0.05$), but TVA, WA and NWI were not correlated with NIHSS

【收稿日期】2021-08-21

【基金项目】广西壮族自治区卫生和计划生育委员会科研课题(Z20170643)

【作者简介】李耀志,副主任医师,研究方向:放射学诊断,E-mail: shdy0604@qq.com

score ($P>0.05$). Compared with normal group, stroke group had larger TVA, WA and NWI, but lower LA ($P<0.05$). The AUC of the combination of carotid wall parameters for assessing the onset of ischemic stroke in high-risk groups was greater than 0.75. **Conclusion** The combination of TVA, WA, NWI and LA is of evaluation value for the prognosis of patients with ischemic stroke, and is of predictive value for stroke onset in high-risk groups. Moreover, LA is related to the severity of neurological damage.

Keywords: magnetic resonance imaging; craniocervical integration; vessel wall imaging; carotid plaques burden; stroke; predictive value

前言

目前认为颅内动脉粥样硬化斑块破裂是缺血性脑卒中的主要发病机制,据统计亚洲范围内约有50%的脑卒中患者是因动脉粥样硬化斑块破裂引起的,其不仅可引起不可逆的脑损伤,甚至导致脑死亡的发生,严重威胁患者的生命安全^[1-2]。临床上多采用MRI、CT等传统影像学检查手段评估患者颈动脉狭窄程度,但对于颅内血管斑块及狭窄的检出率远低于预期,具有较大的局限性^[3]。高分辨血管壁成像是由MRI发展而来的新技术,可用于检测不同部位的血管动脉粥样硬化特点,在显示斑块形态等方面具有很大优势。本研究采用高分辨血管壁成像检测颈动脉斑块负荷,分析其与脑卒中的关系,以期对脑卒中发病进行预测。

1 资料与方法

1.1 临床资料

以2018年11月至2020年11月于梧州市红十字会医院治疗缺血性脑卒中患者100例为研究组,均行MRI平扫及增强头颅一体化血管壁成像扫描,其中男61例,女39例;年龄39~73岁,平均(53.98±8.64)岁;基础疾病:高血压21例、糖尿病18例、高脂血症12例、心脏病14例,合并两种及以上疾病者35例。研究组纳入标准:(1)根据《中国急性缺血性脑卒中诊治指南2014》^[4]诊断为缺血性脑卒中;(2)均存在神经功能障碍症状(如头晕、头痛、手脚麻木无力、视野缺损等);(3)临床数据采集完整。排除标准:(1)恶性肿瘤疾病患者;(2)严重肝脏疾病及肾移植患者;(3)滥用毒品与药品者;(4)慢性感染性疾病患者;(5)存在脑创伤和癫痫病史者;(6)存在MR检查禁忌证患者;(7)MR图像存在伪影,影响数据后处理及分析等。并以50例无症状的高危人群为对照组,其中男27例,女23例;年龄42~71岁,平均(51.17±8.52)岁;基础疾病:高血压10例、糖尿病8例、高脂血症5例、心脏病7例,合并两种及以上疾病者20例。纳入标准:(1)所有对象均未出现神经功能障碍症状;(2)临床数据采集完整。排除标准同研究组。

1.2 方法

1.2.1 MRI扫描 采用德国西门子Skyra 3.0T超导磁共振扫描仪及32通道头颈联合线圈对缺血性脑卒中与无症状者进行所有MR数据的采集。VWI(包括平扫和增强)定位像平行于正中矢状面图像上的前后联合线进行横断面图像的采集(图1),扫描范围从下起自主动脉弓上缘,上至颅顶,覆盖颈部及颅内血管;T₂WI对VWI图像上责任血管进行定位,垂直于责任血管,获得血管横断面。检查标准如下:VWI平扫及增强、DSC-PWI、STAGE:TR 900 ms,TE 14 ms,FOV 210×78,矩阵大小384×300,扫描层厚0.55 mm,翻转角120°,带宽465 Hz/Px,采集时间463 s。T₂WI:TR 4 000 ms,TE 62 ms,FOV 150×100,矩阵大小7698×768,扫描层厚2.0 mm,翻转角150°,带宽181 Hz/Px,采集时间250 s。

1.2.2 后处理方法与数据分析 由两名10年以上MR诊断经验的阅片人在不知患者其他信息的基础上进行血管狭窄程度的测量,所有动脉狭窄程度的测量均采用WASID法进行,所有血管的横径均在血管横断面进行测量,并测定管腔面积(Lumen Area, LA)、血管总面积(Total Vascular Area, TVA)、管壁面积(Wall Area, WA)、管壁标准化指数(Normalized Wall Index, NWI)=WA/TVA。斑块稳定性的评估:先进行曲面重建,拉直后获得横断面图像,以患者平扫VWI为参考标准,对粥样斑块进行斑块强化程度分级。

1.2.3 神经功能缺损 采用美国国立卫生研究院脑卒中量表(NIH stroke scale, NIHSS)评价患者神经功能缺损程度^[5],主要包括意识水平、凝视等11项,分值范围为0~42分,得分越高表示神经功能受损越严重。

1.3 观察指标

(1)比较研究组患者缺血侧及非缺血侧的颈动脉血管壁参数;(2)根据脑组织不可逆死亡发生情况将研究组患者分为预后较好组及预后不良组,比较两组缺血侧颈动脉管壁参数,分析其对患者预后的评估价值;(3)分析颈动脉管壁参数与NIHSS评分的相关性;(4)根据对照组随访2年内脑卒中发生情况将其分为脑卒中组及正常组,比较两组颈动脉管壁参数,分析颈动脉管壁参数对发生脑卒中的预测价值。

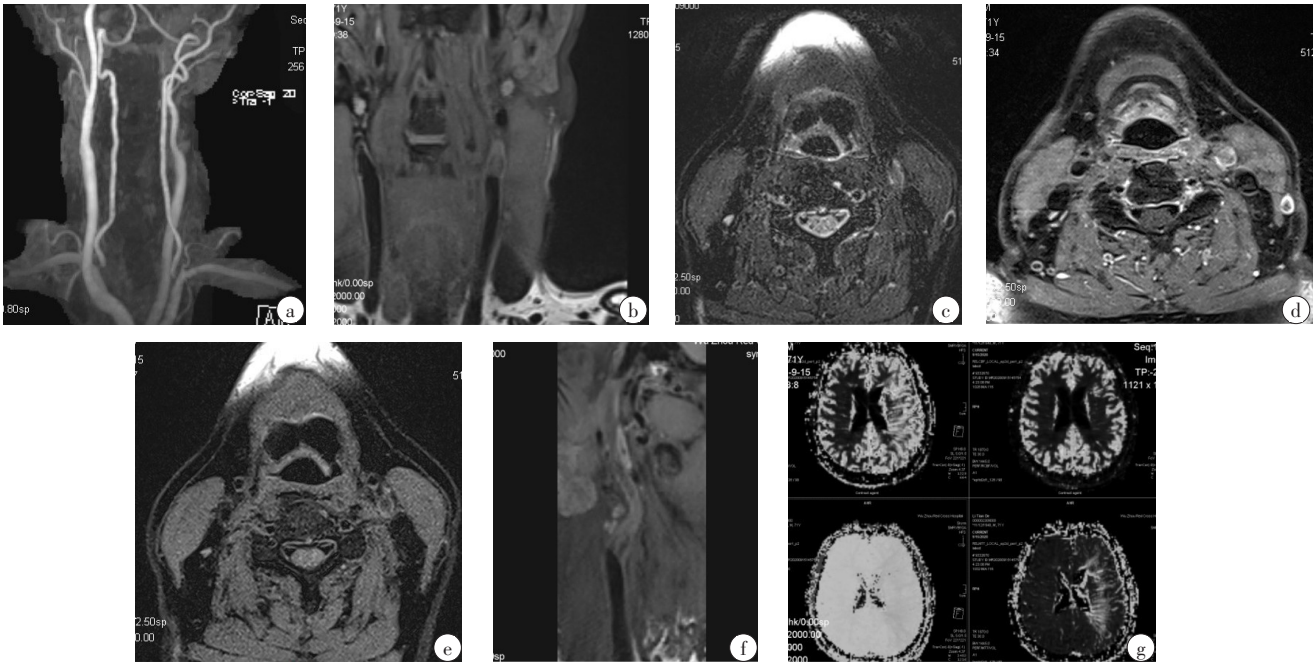


图 1 缺血性脑卒中患者的增强头颅一体化血管壁成像图像

Figure 1 Enhanced craniocervical vessel wall images of patients with ischemic stroke

a: Tof-MRA: 左侧颈内动脉闭塞未见显示; b: T₁-space 平扫: 左侧颈内动脉管壁增厚, 局部斑块可见稍高信号, 斑块表面欠规整; c: T₂-carotid 平扫: 左侧颈内动脉管壁增厚, 管腔内见稍高信号斑块; d: T₁-carotid 平扫: 左侧颈内动脉管壁增厚, 管腔内见稍高信号斑块; e: T₁-carotid 增强: 左侧颈内动脉管壁增厚、强化, 管腔内见稍高信号斑块; f: T₁-space 平扫曲面重建图像; g: rCBV、rCBF、MTT、TTP 图像

1.4 统计学处理

数据采用 SPSS20 软件处理, 计数资料以 % 表示, 采用 χ^2 检验比较组间差异; 计量资料经正态检验后用均值 \pm 标准差表示, t 检验比较组间差异; 采用 Pearson 检验分析颈动脉管壁参数与 NIHSS 评分的相关性; 采用 ROC 曲线评估颈动脉管壁参数对缺血性脑出血患者预后的评估价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 研究组缺血侧及非缺血侧的颈动脉管壁参数比较

研究组缺血侧 TVA、WA 及 NWI 值大于非缺血侧, LA 值小于非缺血侧 ($P < 0.05$), 见表 1。

表 1 研究组缺血侧及非缺血侧的颈动脉管壁参数比较

Table 1 Comparison of carotid wall parameters between ischemic and non-ischemic sides in study group

组别	<i>n</i>	TVA/mm ²	LA/mm ²	WA/mm ²	NWI
缺血侧组	100	74.91 \pm 6.68	45.69 \pm 6.37	29.22 \pm 6.07	0.39 \pm 0.09
非缺血侧组	100	70.35 \pm 6.30	48.13 \pm 6.12	22.22 \pm 5.96	0.32 \pm 0.06
<i>t</i> 值		4.966	2.762	8.009	6.472
<i>P</i> 值		<0.001	0.006	<0.001	<0.001

2.2 预后较好组及预后不良组的颈动脉管壁参数比较

预后不良组 TVA、WA 及 NWI 值大于预后较好组, LA 值小于预后较好组 ($P < 0.05$), 见表 2。

表 2 预后较好组及预后不良组的颈动脉管壁参数比较

Table 2 Comparison of carotid wall parameters between good prognosis group and poor prognosis group

组别	<i>n</i>	TVA/mm ²	LA/mm ²	WA/mm ²	NWI
预后不良组	36	76.95 \pm 5.98	43.68 \pm 4.25	33.27 \pm 6.08	0.43 \pm 0.08
预后较好组	64	73.76 \pm 5.37	46.82 \pm 4.19	26.94 \pm 5.52	0.37 \pm 0.06
<i>t</i> 值		2.736	3.579	5.306	4.426
<i>P</i> 值		0.007	<0.001	<0.001	<0.001

2.3 颈动脉管壁参数对缺血性脑卒中患者

预后的评估价值颈动脉管壁参数联合检测评估患者预后的 AUC 大于 0.75, 见表 3。

表 3 颈动脉管壁参数对缺血性脑卒中患者预后的评估价值

Table 3 Evaluation value of carotid wall parameters for prognosis of patients with ischemic cerebral hemorrhage

参数	cut-off 值	AUC	SE	95% CI
TVA	75.07 mm ²	0.650	0.057	0.548~0.742
LA	45.25 mm ²	0.729	0.058	0.631~0.813
WA	30.11 mm ²	0.727	0.050	0.628~0.811
NWI	0.41	0.676	0.062	0.575~0.766
联合检测		0.844	0.040	0.758~0.909

2.4 颈动脉管壁参数与NIHSS评分的相关性分析

研究组的NIHSS评分为(16.59±2.37)分,患者LA值与NIHSS评分呈负相关($P<0.05$),TVA、WA及NWI值与NIHSS评分无相关性($P>0.05$),见表4。

表4 颈动脉管壁参数与NIHSS评分的相关性分析
Table 4 Correlation between carotid wall parameters and NIHSS score

参数	r值	P值
TVA	0.127	0.208
LA	-0.296	0.003
WA	0.155	0.124
NWI	0.104	0.303

2.5 脑卒中组及正常组的颈动脉管壁参数比较

脑卒中组TVA、WA及NWI值大于正常组,LA值小于正常组($P<0.05$),见表5。

表5 脑卒中组及正常组的颈动脉管壁参数比较
Table 5 Comparison of carotid wall parameters between stroke group and normal group

组别	n	TVA/mm ²	LA/mm ²	WA/mm ²	NWI
脑卒中组	21	72.03±2.91	46.17±2.38	25.86±3.57	0.35±0.06
正常组	29	70.19±2.85	47.94±2.11	22.25±3.14	0.31±0.05
t值		2.233	2.771	3.788	2.567
P值		0.030	0.008	<0.001	0.013

2.6 颈动脉管壁参数对缺血性脑卒中发病的预测价值分析

颈动脉管壁参数联合检测评估高危人群缺血性脑卒中发病的AUC大于0.75,见表6。

表6 颈动脉管壁参数对缺血性脑卒中发病的预测价值分析
Table 6 Predictive value of carotid wall parameters for the onset of ischemic stroke

参数	cut-off值	AUC	SE	95% CI
TVA	71.64 mm ²	0.627	0.080	0.479~0.760
LA	47.05 mm ²	0.635	0.084	0.487~0.767
WA	24.43 mm ²	0.644	0.081	0.496~0.774
NWI	0.33	0.710	0.073	0.612~0.819
联合检测		0.778	0.070	0.639~0.883

3 讨论

在MRI检查时获得的劲动脉管壁结构图像,可用

于测量动脉管壁结构参数,不仅可测量斑块厚度,还能测定动脉管腔面积、管壁面积等参数,通过多层面连续扫描可较为直观地评价动脉粥样硬化状况^[6-7]。TVA、WA、NWI及LA是高分辨血管壁成像的主要参数,WA及NWI评价动脉粥样斑块负担指标;LA可用于评价管腔狭窄程度^[8-10]。本研究发现研究组缺血侧TVA、WA及NWI值大于非缺血侧,LA值小于非缺血侧,说明脑卒中缺血侧颈动脉管腔狭窄程度大于非缺血侧,且斑块负担加重的现象。有研究指出颈动脉斑块负荷与脑梗死缺血面积成正比^[11]。既往研究发现大面积脑梗死缺血是影响患者出现神经功能损伤的危险因素,提示颈动脉斑块负荷或与神经功能损伤有关^[12]。本研究结果显示预后不良组TVA、WA及NWI值大于预后较好组,LA值小于预后较好组,且患者LA值与NIHSS评分呈负相关,说明脑组织损伤程度较高者的颈动脉狭窄程度也越大,与既往研究结果相符^[13-14],这主要是因为血管病变早期局部血管代偿性扩张,管腔的狭窄不明显,但随着病情的进展,血管代偿扩张程度减弱,管腔逐渐变窄,管壁负荷增加,而颈动脉狭窄会影响脑部血液供应,导致脑组织坏死、水肿,进而影响神经功能^[15-16]。另外,本研究结果显示颈动脉管壁参数联合检测评估患者预后的AUC大于0.75,表明颈动脉管壁参数对脑组织不可逆死亡的评估价值较高。

动脉粥样硬化是导致缺血性脑卒中发生的重要因素之一,且颈动脉斑块负荷与缺血性脑卒中发病密切相关^[17-18]。大多数急性缺血性脑卒中是不稳定性斑块脱落继发血栓形成的,颈动脉各段血流速度各不相同,切应力改变会导致斑块随血流进入脑部血管,而引发脑卒中^[19-20]。目前虽有关于颈动脉斑块负荷与缺血性脑卒中关系的报道较多,但前瞻性研究较小,故本研究对患有高血压、心脏病等疾病的高危人群进行了前瞻性研究,结果发现2年内出现缺血性脑卒中患者的TVA、WA及NWI值大于正常组,LA值小于正常组,表明管腔狭窄程度越高、斑块负担越严重的患者出现脑卒中的概率越大,提示或可通过检测颈动脉管壁参数预测其是否会出现缺血性脑卒中。为此本研究进行了进一步分析,结果发现颈动脉管壁参数联合检测评估高危人群缺血性脑卒中发病的AUC大于0.75,表明颈动脉管壁参数对高危人群出现缺血性脑卒中的预测价值较高,故可通过检测患者颈动脉管壁参数预测其出现缺血性脑卒中的概率。提出假设,或可通过减轻颈动脉斑块负担、增大管腔面积等降低缺血性脑卒中发生的危险性。

综上所述,TVA、WA、NWI及LA值联合检测对缺血性脑卒中患者预后具有评估价值,对高危人群脑卒中发病具有预测价值,且LA值与神经功能损伤程度相关。

【参考文献】

- [1] 王嫣, 白岩, 王志学, 等. 三维高分辨磁共振成像在评估大脑中动脉斑块特征与缺血性脑卒中和短暂性脑缺血发作关系中的研究[J]. 磁共振成像, 2019, 10(3): 169-173.
WANG Y, BAI Y, WANG Z X, et al. Evaluation of the relations between middle cerebral artery plaque characteristics and ischemic stroke and transient ischemic attack: three-dimensional high-resolution magnetic resonance imaging [J]. Chinese Journal of Magnetic Resonance Imaging, 2019, 10(3): 169-173.
- [2] ETO A, KINOSHITA Y, MATSUMOTO Y, et al. Relationship between the carotid plaque T₁ relaxation time and the plaque-to-muscle signal intensity ratio on black-blood magnetic resonance imaging scans[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2016, 25(11): 2580-2584.
- [3] SHU J E, YING M L, CHEN X R, et al. Prognostic value of high-resolution magnetic resonance imaging in evaluating carotid atherosclerotic plaque in patients with ischemic stroke[J]. Medicine, 2017, 96(45): e8515.
- [4] 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, 刘鸣, 贺茂林. 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.
Cerebrovascular Disease Group of Neurology Branch of Chinese Medical Association, LIU M, HE M L. Guidelines for diagnosis and treatment of acute ischemic stroke in China 2014[J]. Chinese Journal of Neurology, 2015, 48(4): 246-257.
- [5] 魏鹏楠, 陈海燕, 郭辉. 高分辨磁共振血管壁成像在大脑中动脉粥样硬化疾病中的应用价值[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2019, 17(2): 284-287.
WEI P N, CHEN H Y, GUO H. The application value of high-resolution magnetic resonance vascular wall imaging in middle cerebral artery atherosclerosis [J]. Chinese Journal of Integrative Medicine on Cardio-Cerebrovascular Disease, 2019, 17(2): 284-287.
- [6] RAGHURAM K, DURHAM A, KOHLNHOFFER J, et al. Relationship between stroke recurrence, infarct pattern, and vascular distribution in patients with symptomatic intracranial stenosis[J]. J Neurointerv Surg, 2018, 10(12): 1161-1163.
- [7] 赵兵, 黄苗苗, 朱梅佳, 等. 高分辨磁共振血管壁成像3D CUBE T₁序列与SWI诊断颅内静脉窦血栓栓的对比研究[J]. 中国卒中杂志, 2019, 14(10): 975-980.
ZHAO B, HUANG M M, ZHU M J, et al. Diagnosis value comparison of high-resolution MR vessel wall imaging 3D CUBE T₁ weighted sequence and SWI for cerebral venous sinus thrombosis[J]. Chinese Journal of Stroke, 2019, 14(10): 975-980.
- [8] ZHAO D L, LI C, CHEN X H, et al. Reproducibility of 3.0T high-resolution magnetic resonance imaging for the identification and quantification of middle cerebral arterial atherosclerotic plaques[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2019, 28(7): 1824-1831.
- [9] 李晓, 赵辉林, 孙贝贝, 等. MR测定颈动脉易损斑块特征与急性缺血性脑卒中的关系[J]. 实用放射学杂志, 2017, 33(3): 373-377.
LI X, ZHAO H L, SUN B B, et al. Association of carotid vulnerable atherosclerotic plaque features by MR with acute ischemic stroke[J]. Journal of Practical Radiology, 2017, 33(3): 373-377.
- [10] BEN-AICHA S, CASANÍ L, MUÑOZ-GARCÍA N, et al. HDL (High-Density Lipoprotein) remodeling and magnetic resonance imaging-assessed atherosclerotic plaque burden: study in a preclinical experimental model[J]. Thromb Vasc Biol, 2020, 40(10): 2481-2493.
- [11] 汪欣, 马宝新. 头颈部CT血管成像技术评估颈部动脉粥样硬化斑块及狭窄程度预测脑卒中临床意义探讨[J]. 实用医院临床杂志, 2017, 14(6): 238-241.
WANG X, MA B X. Clinical significance of assessment of carotid atherosclerotic plaque and degree of stenosis by using head and neck CT angiography in prediction of stroke [J]. Practical Journal of Clinical Medicine, 2017, 14(6): 238-241.
- [12] SUN J, ZHAO X Q, BALU N, et al. Carotid magnetic resonance imaging for monitoring atherosclerotic plaque progression: a multicenter reproducibility study[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2015, 31(1): 95-103.
- [13] 许艺兰, 李睿, 崔园园, 等. 基于多对比度磁共振血管壁成像技术对前循环症状性颅内动脉粥样硬化斑块特征的对比研究[J]. 中国卒中杂志, 2019, 14(8): 750-755.
XU Y L, LI R, CUI Y Y, et al. Characteristics of symptomatic intra-and extracranial atherosclerotic plaques in anterior circulation based on multi-contrast magnetic resonance vascular wall imaging[J]. Chinese Journal of Stroke, 2019, 14(8): 750-755.
- [14] 黄旭, 林国辉, 宋建勋. 基底动脉粥样硬化斑块特征与急性缺血性卒中的相关性: 高分辨率磁共振成像研究[J]. 国际脑血管病杂志, 2020, 28(10): 739-744.
HUANG X, LIN G H, SONG J X. Correlation between atherosclerotic plaque characteristics of basilar artery and acute ischemic stroke: a high-resolution magnetic resonance imaging study[J]. International Journal of Cerebrovascular Diseases, 2020, 28(10): 739-744.
- [15] WILLEMINK M J, COOLEN B F, DYVORNE H, et al. Ultra-high resolution, 3-dimensional magnetic resonance imaging of the atherosclerotic vessel wall at clinical 7T[J]. PLoS One, 2020, 15(12): e0241779.
- [16] 刘潇, 蒋涛, 李敏, 等. 高分辨率MRI评估自发性颈动脉夹层与缺血性卒中的关系[J]. 中国医学影像技术, 2020, 36(2): 225-228.
LIU X, JIANG T, LI M, et al. High-resolution MRI in assessment of relationship of spontaneous cervico-rebral artery dissection and acute ischemic stroke[J]. Chinese Journal of Medical Imaging Technology, 2020, 36(2): 225-228.
- [17] 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.
ZHU Y, XIONG W, YIN Y Z. Application value analysis of 3.0T MRI carotid plaque high resolution imaging on patients with IS[J]. Chinese Journal of CT and MRI, 2019, 17(11): 7-9.
- [18] 崔雪花, 叶玉芳, 单春辉, 等. MR高分辨率管壁成像与超声评价颈动脉斑块负荷的对比研究[J]. 中华放射学杂志, 2019, 53(8): 720-723.
CUI X H, YE Y F, SHAN C H, et al. Carotid plaque load evaluation: comparison high resolution MR imaging with ultrasound[J]. Chinese Journal of Radiology, 2019, 53(8): 720-723.
- [19] 杨德斌, 姚晓华, 王静, 等. 超微血流成像评价颈动脉斑块新生血管与缺血性脑卒中的关系[J]. 中国医学影像学杂志, 2018, 26(12): 934-939.
YANG D B, YAO X H, WANG J, et al. Relationship between angiogenesis in carotid plaque and ischemic stroke evaluated by superb micro-vascular imaging [J]. Chinese Journal of Medical Imaging, 2018, 26(12): 934-939.
- [20] 黄艺峰, 张乾营, 阿浣, 等. 基于3.0T高分辨率磁共振成像观察大脑中动脉狭窄患者血管壁斑块变化情况[J]. 实用心脑血管病杂志, 2021, 29(2): 125-129.
HUANG Y F, ZHANG Q Y, A H, et al. Vessel wall plaque changes in patients with middle cerebral artery stenosis using 3.0T high resolution magnetic resonance imaging[J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2021, 29(2): 125-129.

(编辑: 黄开颜)