

论 著

颈动脉斑块超声与CT血管造影评估缺血性脑卒中患者颈动脉粥样硬化的价值

刘会苗^{1,*} 杨 青¹ 张 峰¹
姜喜锋² 刘 凯³1.郑州大学第五附属医院超声诊断科
2.郑州大学第五附属医院医学影像科
3.郑州大学第五附属医院介入科
(河南 郑州 450052)

【摘要】目的 探讨颈动脉斑块超声与计算机断层扫描血管造影(CTA)评估缺血性脑卒中(ICS)患者颈动脉粥样硬化(CAS)的价值。方法 回顾性选取本院2022年1月~2023年12月收治的125例ICS患者为研究对象,所有患者均行数字减影血管造影(DSA)、CTA、颈动脉斑块超声检查。以DSA检查为“金标准”,比较颈动脉斑块超声、CTA诊断ICS患者CAS斑块性质的诊断价值。结果 以DSA检查为金标准,结果显示,125例ICS患者中,77例患者为易损斑块(61.60%, 77/125),48例患者为稳定斑块(38.40%, 48/125);43例患者为颈动脉轻度狭窄(34.40%, 43/125),62例患者为颈动脉中度狭窄(49.60%, 62/125),20例患者为颈动脉重度狭窄(16.00%, 20/125)。CAS斑块多位于颈总动脉分叉处及颈动脉球部,且斑块信号不一。颈动脉斑块超声诊断76例ICS患者为易损斑块(60.80%, 76/125),49例ICS患者为稳定斑块(39.20%, 49/125);易损斑块患者颈动脉重度狭窄、纤维帽不完整、斑块低回声占比均高于稳定斑块患者,差异有统计学意义($P<0.05$);CTA诊断74例ICS患者为易损斑块(59.20%, 74/125),51例ICS患者为稳定斑块(40.80%, 51/125);颈动脉斑块超声鉴别诊断ICS患者CAS斑块性质的准确率、敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值及kappa值均显著高于CTA。结论 相比CTA,颈动脉斑块超声对于ICS患者CAS斑块性质的诊断效能较高,具有一定临床应用价值。

【关键词】颈动脉斑块超声; CT血管造影;
缺血性脑卒中; 颈动脉粥样硬化;
数字减影血管造影

【中图分类号】R541.4

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.02.016

The Value of Carotid Artery Plaque Ultrasound and CT Angiography in Evaluating Carotid Atherosclerosis in Ischemic Stroke Patients

LIU Hui-miao^{1,*}, YANG Qing¹, ZHANG Feng¹, JIANG Xi-feng², LIU Kai³.

1.Department of Ultrasound Diagnosis, The Fifth Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, Henan Province, China

2.Department of Medical Imaging, The Fifth Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, Henan Province, China

3.Department of Interventional, The Fifth Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, Henan Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the value of carotid artery plaque ultrasound and computed tomography angiography (CTA) in evaluating carotid artery atherosclerosis (CAS) in patients with ischemic stroke (ICS). **Methods** A total of 125 ICS patients admitted to our hospital from January 2022 to December 2023 were retrospectively selected as the research subjects. All patients underwent digital subtraction angiography (DSA), CTA, and carotid artery plaque ultrasound examinations. Taking DSA examination as the "gold standard", the diagnostic value of carotid artery plaque ultrasound and CTA in diagnosing the nature of CAS plaques in ICS patients was compared. **Results** Taking DSA examination as the gold standard, the results showed that among 125 ICS patients, 77 patients had vulnerable plaques (61.60%, 77/125), and 48 patients had stable plaques (38.40%, 48/125). Vulnerable plaques were defined as plaques with an incomplete fibrous cap or mainly hypoechoic plaques. Forty-three patients had mild carotid artery stenosis (34.40%, 43/125), 62 patients had moderate carotid artery stenosis (49.60%, 62/125), and 20 patients had severe carotid artery stenosis (16.00%, 20/125). CAS plaques were mostly located at the bifurcation of the common carotid artery and the carotid bulb, and the plaque signals were inconsistent, showing hypoechoic or isoechoic. Carotid artery plaque ultrasound diagnosed 76 ICS patients as having vulnerable plaques (60.80%, 76/125), and 49 ICS patients as having stable plaques (39.20%, 49/125). The proportions of severe carotid artery stenosis, incomplete fibrous cap, and hypoechoic plaques in patients with vulnerable plaques were all higher than those in patients with stable plaques, and the differences were statistically significant ($P<0.05$). CTA diagnosed 74 ICS patients as having vulnerable plaques (59.20%, 74/125), and 51 ICS patients as having stable plaques (40.80%, 51/125). The accuracy, sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value, and kappa value of carotid artery plaque ultrasound in the differential diagnosis of the nature of CAS plaques in ICS patients were all significantly higher than those of CTA. **Conclusion** Compared with CTA, carotid artery plaque ultrasound has a higher diagnostic efficiency for the nature of CAS plaques in ICS patients and has certain clinical application value.

Keywords: Carotid Artery Plaque Ultrasound; CT Angiography; Ischemic Stroke; Carotid Atherosclerosis; Digital Subtraction Angiography

缺血性脑卒中(ICS)作为临床常见脑血管疾病,高发于中老年群体,主要是因患者脑部供血不足所引发,进一步促使脑细胞出现缺血性坏死,造成其出现不可逆脑功能损伤^[1-2]。以往临床主要是通过评估颈动脉狭窄程度来监测颈动脉粥样硬化(CAS)病变进程,但近年研究显示,血管性脑血管病不仅与颈动脉狭窄程度密切相关,还与CAS斑块性质联系紧密^[3]。因此,早期明确CAS斑块性质,对于预防急性脑血管意外发生具有重要意义。数字减影血管造影(DSA)是诊断CAS斑块的金标准,可显示患者颅内血管,清晰呈现出其颅内血管斑块部位及形态,敏感性较高,但DSA为有创检查,会引发患者神经及非神经系统相关的并发症,存在一定危险性,且该检查费用较高,过程繁琐,临床应用受限^[4]。近年计算机断层扫描血管造影(CTA)、颈动脉斑块超声因操作简单、费用低廉、无创等优点逐渐被用于CAS斑块早期筛查中,其中CTA具有分辨率高、多方向等特点,主要通过向患者静脉内注射造影剂,促使血管显影,进而了解其动脉狭窄情况,有利于评估斑块性质^[5-6]。而颈动脉超声检查不仅可清晰显示患者颅外段血管血流变化,还能清晰显示其细小CAS斑块,并可显示斑块回声、纤维帽情况,通过超声造影显示斑块内微血管情况,评估斑块稳定性,有利于CAS斑块数量、大小、位置的判断及测量^[7-8]。基于此,本研究探讨颈动脉斑块超声与CTA评估ICS患者CAS斑块的价值,为之后临床诊断及制定治疗方案提供参考,报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 回顾性选取本院2022年1月至2023年12月收治的125例ICS患者为研究对象。其中男65例、女60例;年龄44~79岁,平均(62.99±8.79)岁;合并疾病:糖尿病24例、高血脂10例;有吸烟史26例。

纳入标准:符合《急性缺血性脑卒中急诊急救中国专家共识(2018版)》^[9]中ICS诊断标准;均为急性起病;无颈动脉斑块超声、CTA、DSA扫描禁忌证。排除标准:存在心房颤动等心源性栓塞疾病者;存在恶性肿瘤者;存在脑外伤、脑出血史者;经影像学

【第一作者】刘会苗,女,主治医师,主要研究方向:心脏超声、血管超声。E-mail: 13503826732@163.com

【通讯作者】刘会苗

检查发现脑内存在占位性病变者；对造影剂过敏者；出血性脑卒中；既往存在颈动脉剥离手术史者；存在凝血、免疫功能严重障碍者；存在肝、肾等脏器障碍者；存在高血压及其他心脑血管疾病者。本研究经医院伦理委员会审核实施。

1.2 方法 DSA检查：患者取平卧位，常规消毒铺巾，将右侧腹股沟、股动脉交界处股动脉向下1.0~1.5cm处作为穿刺点，穿刺针呈30~45°，2%利多卡因局部麻醉穿刺股动脉，见喷血良好后插J形导丝，经导丝引导于主动脉弓处放入5F导管鞘(湖南埃普特，国械注准20163031291，型号：98050112)，撤导丝，回抽回血良好使用肝素盐水冲洗，静脉推注碘佛醇(江苏恒瑞，国药准字H20143027，规格：100mL：35g，产品批号240713DJ)150mL，使用血管造影机(东芝，型号：INFx-9000)行主动脉弓、全脑血管造影，评估血管狭窄程度。

颈动脉斑块超声检查：患者取仰卧位，颈部放松，颈后垫一枕头，偏向一侧，使用东芝彩色多普勒超声诊断仪(型号：APLIO 500)探头频率7~10MHz，自下而上扫描颈动脉近心端向远心端，包括颈总动脉及其分叉部位、颈内及颈外动脉，观察并记录血管内膜的光滑程度、是否存在斑块、斑块大小、形态等，并于颈动脉近膨大处测定颈动脉内膜中层厚度(IMT)。然后经肘正中静脉注射超声造影剂声诺维(六氟化硫微气泡，Bracco Suisse SA 国药准字HJ20171213)对比剂2.4mL，后注入5mL0.9 %氯化钠注射液冲洗，启动CnTI，其机械指数控制在0.05内，观察颈动脉斑块内斑块内显影程度，斑块内显影程度分级：Ⅰ级：斑块内无增强；Ⅱ级：斑块内及周边显影呈1~3个点状；Ⅲ级：斑块内显影呈>3个点状及(或)1~2处短线状；Ⅳ级：斑块内显影呈弥漫点状或>2条线状。

CTA检查：指导患者检查前平静15min，检查时取仰卧位，使用256排螺旋CT机(飞利浦，Brilliance iCT)先行常规CT扫描，扫描范围为主动脉弓至脑底动脉环，由下至上。参数设置：层间距5.0mm、管电压120kV、层厚5.0mm、管电流120mA、螺距0.938mm、矩阵512×512。然后使用高压注射器(深圳迈威生物科技有限公司，国械准注20183060441，型号：F02105)经肘正中静脉以4~5mL/s速度静脉推注碘佛醇(江苏恒瑞，国药准字H20143027，规格：100mL:35g，产品批号240713DJ)40~50mL，追加生理盐水(安徽丰原药业股份有

限公司淮海药厂，国药准字H20093237，规格：250mL：2.25g)30mL，延迟8s后再以同一扫描参数进行扫描，观察并记录扫描图像，并使用减影软件处理图像，评估斑块性质。

1.3 图像分析 DSA由2名经验丰富的临床医生在机器自带的后处理工作站进行分析，颈动脉超声及CTA图像分别由2名经验丰富的超声医生及影像医生进行分析，根据诊断标准判断患者性质，当双方意见存在分歧时，通过共同协商达成一致，为最终诊断结果。

1.4 诊断标准 (1)DSA诊断标准：颈动脉狭窄程度参照北美颈动脉外科学会(NASCET)标准^[10]：狭窄程度0%(正常)；狭窄程度≤29%(轻度)；狭窄程度30%~69%(中度)；狭窄程度70%~99%(重度)。计算公式：狭窄程度(%)=(1-颈动脉最窄处直径/狭窄病变远端正常颈动脉直径)×100%。(2)颈动脉斑块超声诊断标准^[11]：颈动脉血管内出现增厚隆起，且IMT≥1.5mm并向血管腔内凸出为CAS斑块阳性。(3)CTA诊断标准：按NASCET诊断标准^[10]评估斑块性质，包括稳定型斑块[钙化斑块(CT值≥150HU)]、不稳定型斑块[软斑块(CT值≤50HU)、混合斑块(CT值50~119HU)]。易损斑块：呈表面不整、不规则形态或有溃疡形成的斑块。

1.5 统计学分析 选用SPSS 22.0统计学软件对数据进行处理，计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示；计数资料以例(%)表示，组间比较行 χ^2 检验；一致性分析采用Kappa检验， $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 DSA检查结果 以DSA检查为“金标准”，结果显示，125例ICS患者中，77例患者为易损斑块(61.60%，77/125)，48例患者为稳定斑块(38.40%，48/125)；43例患者为颈动脉轻度狭窄 (34.40%，43/125)，62例患者为颈动脉中度狭窄(49.60%，62/125)，20例患者为颈动脉重度狭窄(16.00%，20/125)。CAS斑块多位于颈总动脉分叉处及颈动脉球部，且斑块信号不一，见图3。

2.2 颈动脉斑块超声诊断ICS患者CAS斑块性质的结果 颈动脉斑块超声诊断76例ICS患者斑块为易损斑块(60.80%，76/125)，49例ICS患者斑块为稳定斑块(39.20%，49/125)；易损斑块患者颈动脉重度狭窄、纤维帽不完整、斑块低回声占比均高于斑块阴性患者，差异有统计学意义($P<0.05$)，见表1、图2。

表1 颈动脉斑块超声诊断ICS患者CAS斑块性质的结果(n)

诊断方式	DSA检查		合计
	易损斑块	稳定斑块	
颈动脉斑块超声检查	-	-	-
易损斑块	74	2	76
稳定斑块	3	46	49
CTA检查	-	-	-
易损斑块	70	4	74
稳定斑块	7	44	51
合计	77	48	125

续表1

组别	颈动脉狭窄程度			纤维帽不完整		斑块回声	
	轻度	中度	重度	有	无	低回声	等回声
易损斑块(n=76)	16(21.05)	44(57.89)	16(21.05)	55(72.37)	21(27.63)	52(68.42)	24(31.58)
稳定斑块(n=49)	27(55.10)	18(36.73)	4(8.16)	11(22.45)	38(77.55)	10(20.41)	39(79.59)
χ^2 值	15.823			48.039		27.473	
P值	<0.000			<0.000		<0.000	

2.3 颈动脉斑块超声、CTA诊断ICS患者CAS斑块性质的效能比较 颈动脉斑块超声鉴别诊断ICS患者CAS斑块性质的准确率、敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值及kappa值均显著高于CTA，见表2。

2.4 典型病例图像 董某某，男，63岁，颈动脉超声：左侧颈总动脉中段内侧壁、分叉处后壁至颈内动脉起始部探及极低回声斑块，较大者位于分叉处及颈内动脉，大小约：23mm×3.6mm(长×厚)，多发斑块致颈内动脉起始部重度狭窄，累及长度约23mm，管腔内流速加快，收缩期峰值流速约5.4m/s，舒张期峰值流速约2.4m/s，左侧颈总动脉收缩期峰值流速约0.7m/s，舒张期峰值流速约0.21m/s，二者比值>4。残余管腔内径约1.4mm，原始管腔内径约6.7mm。SMI：斑块内可及点状血流信号。CEUS：斑块下肩部可及大量点状及短线状增强，余少量点状增

强。超声诊断：左侧颈内动脉起始部斑块CEUS：CEUS考虑不稳定斑块，左侧颈内动脉起始部重度狭窄(狭窄率：70%-99%，重度狭窄)。见图1-3。

柴某某，颈动脉超声所见：右侧颈总动脉分叉处至颈外动脉起始部前后壁可及低回声及混合回声斑块，内回声不均匀，低回声斑块大小约：10.3mm×3.5mm，混合回声斑块大小约：28mm×6.7mm，混合回声斑块纤维帽连续性中断，宽约3.1mm，内可及极低回声脂质核心，斑块致右侧颈总动脉分叉处重度狭窄，流速加快，峰值流速约2.7m/s。"SMI"混合回声斑块内可及血流信号，混合回声斑块内可及大量点状及短线状增强。超声诊断：右侧颈总动脉分叉处后壁混合回声斑块CEUS考虑溃疡斑块；右侧颈总动脉至颈外动脉起始部重度狭窄(狭窄率：70%-99%)。见图4-5。

表2 颈动脉斑块超声、CTA诊断ICS患者CAS斑块性质的效能比较(%)

诊断方式	准确率	敏感性	特异性	阳性预测值	阴性预测值	kappa值
颈动脉斑块超声检查	96.80(121/125)	97.40(75/77)	95.83(46/48)	97.40(75/77)	95.83(46/48)	0.933
CTA检查	91.20(114/125)	90.91(70/77)	91.67(44/48)	94.59(70/74)	86.27(44/51)	0.816

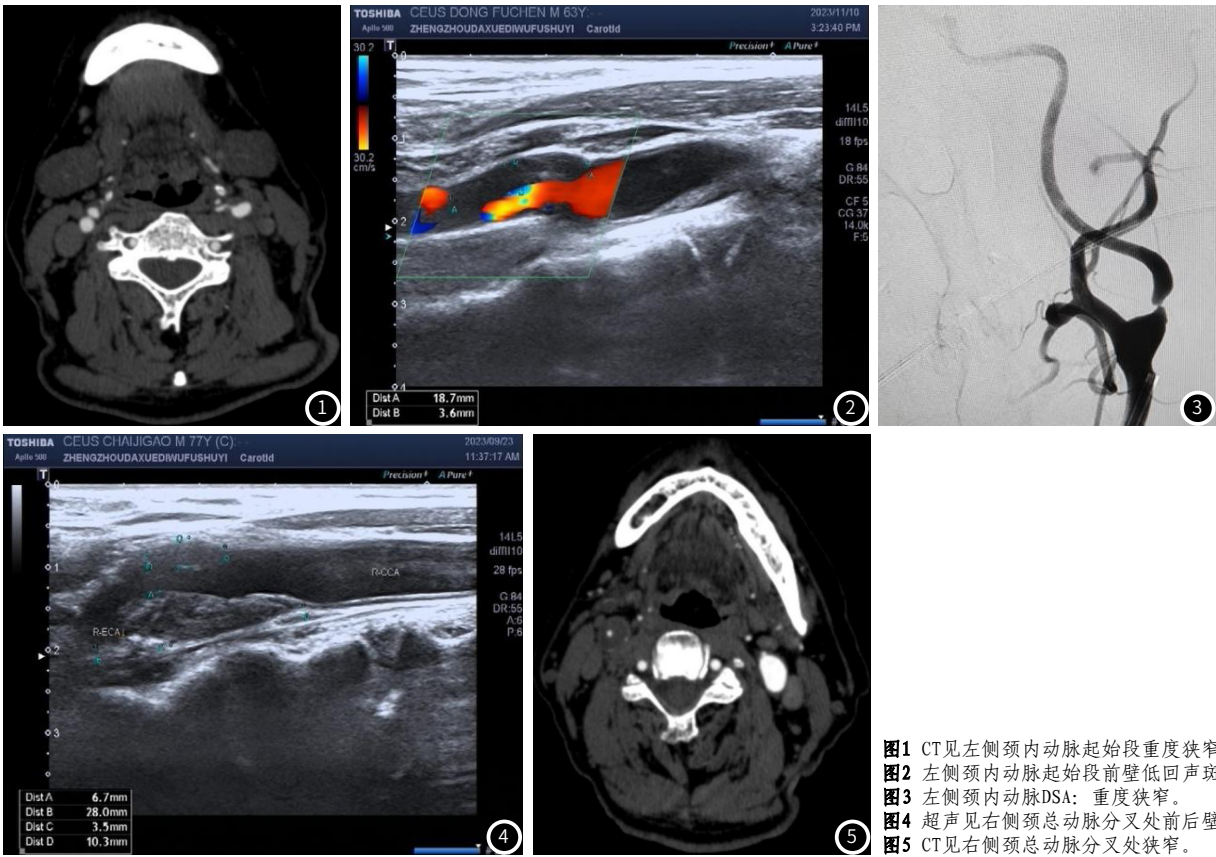


图1 CT见左侧颈内动脉起始段重度狭窄。
图2 左侧颈内动脉起始段前壁低回声斑块。
图3 左侧颈内动脉DSA：重度狭窄。
图4 超声见右侧颈总动脉分叉处前后壁斑块。
图5 CT见右侧颈总动脉分叉处狭窄。

3 讨论

ICS发病的危险因素包括年龄、性别、种族、遗传等不可干预因素及高血压、肥胖、糖尿病、心脏疾病等可干预因素。ICS患者由于颈动脉分支缺少，一旦其内部出现斑块或狭窄，会逐步促使血管完全闭塞，危及患者生命^[12-14]。因此，早期明确CAS斑块的性质并采取及时有效的治疗措施，对于预防ICS的发生以及改善患者预后状况具有重要意义。颈动脉斑块超声、CTA作为临床评估CAS斑块的无创手段，前者可清晰显示颈动脉内部结构，并通过颈动脉内径、血流等参数评估斑块状态及颈动脉狭窄程度^[15]；后者具

有辐射小、扫描迅速等优点，其经患者肘部静脉注射造影剂，相较于金标准DSA，不良反应少，更安全，不但能准确诊断颈内动脉狭窄情况，还能清晰呈现斑块质地、大小、成分等^[16]。因此本研究观察颈动脉斑块超声与CTA评估ICS患者CAS斑块的价值。

本研究结果显示，以DSA检查为“金标准”，结果显示，125例ICS患者中，77例患者为易损斑块，48例患者为稳定斑块；43例患者为颈动脉轻度狭窄(34.40%，43/125)，62例患者为颈动脉中度狭窄(49.60%，62/125)，20例患者为颈动脉重度狭窄

(16.00%，20/125)。颈动脉斑块超声诊断76例ICS患者为易损斑块，49例ICS患者为稳定斑块；易损斑块患者颈动脉重度狭窄、纤维帽不完整、斑块低回声占比均高于稳定斑块患者，CTA诊断74例ICS患者为易损斑块，51例ICS患者为稳定斑块；颈动脉斑块超声鉴别诊断ICS患者CAS斑块性质的准确率、敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值及kappa值均显著高于CTA，提示两种检查方法与金标准一致性较高，但相比CTA，颈动脉斑块超声对于ICS患者CAS斑块性质诊断效能较高。相关研究表示^[17]，CTA与颈动脉内膜标本病理学的检查结果呈现出较高一致性。然而，目前CTA评估CAS斑块分型尚未形成统一标准化体系，临床普遍参考CT评估CAS斑块的分类标准来测量患者斑块密度，并依据CT值，将斑块分钙化、混合及软斑块。但CTA检查诊断ICS患者CAS斑块时存在一定缺陷，如：①小血管可对造影剂渗透性产生不利影响，进而导致容积效应减弱，对临床诊断准确性造成影响；②在患者伴有心律不齐、心率加快或呼吸运动频繁情况下行CTA检查可能会产生伪影现象，较难清晰显示钙化斑块及评估血流动力学状态，进而导致将血管形态严重扭曲误判为CAS。因此，在临床实践中，当采用CTA检查诊断CAS斑块时，需结合患者临床表现，以确保诊断全面性和准确性，必要时可联合其他检查方式。相关研究指出^[18]，易损斑块主要评估表面粗糙、连续性中断、溃疡等方面。而颈动脉斑块超声可根据灰阶图像评估CAS斑块表面光滑度，若斑块表面呈现不规则或锯齿状，则可评定为表面粗糙；若斑块表面伴凹陷，则可评定为表面溃疡。此检查不仅可观察斑块纤维帽的连续性，还有助于明确斑块形状、表面状态及是否存在溃疡情况。同时，颈动脉超声检查不受患者血流状态及对比剂的影响，能清晰、直观测量颈动脉血管直径、管腔直径量，从而准确评估其血管狭窄程度。超声造影还可通过评估斑块内新生血管情况，对斑块稳定性进行评估。有研究指出，稳定斑块通常表现为均匀的高回声或等回声，而易破裂的不稳定斑块则多为低回声或混合回声，这表明斑块内部可能含有较多的脂质核心和较少的纤维组织。不稳定斑块更易发生破裂，从而引发血栓形成和脑卒中。而颈动脉斑块超声通过测定颈动脉IMT增厚程度，直观显示颈动脉内部斑块位置及大小，根据斑块回声强、弱及斑块形态等特征来判断斑块类型。本研究经颈动脉斑块超声检查显示斑块阳性患者超声征象表现为重度狭窄，纤维帽不完整以及斑块低回声这一结论，均与上述研究相互印证。可提示颈动脉斑块超声对ICS患者颈动脉斑块的较强敏感性^[19]。另外有研究表示^[20]，颈动脉斑块超声在不同体位下重复开展可提高诊断准确性，在此基础上开展颈部实时血管超声实时成像及局部放大技术亦可进一步增强小斑块敏感性增强，有助于临床准确筛查斑块，提高诊断准确率。

综上，相比CTA，颈动脉斑块超声对于ICS患者CAS斑块性质的灵敏度、特异性以及准确性均较高，具有一定临床应用价值，临床医师可依据患者实际情况综合评估，选择合适检查方式。

参考文献

[1]Feske SK. Ischemic stroke[J]. Am J Med, 2021, 134(12): 1457-1464.

[2] 牟小旭, 王健. 缺血性脑卒中风险评估模型研究进展[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2023, 21(1): 93-96.

[3] 曹云太, 鲍海华, 王雪燕, 等. 高海拔地区藏族和汉族缺血性脑卒中患者颈动脉粥样硬化斑块3D高分辨磁共振成像的比较[J]. 心脑血管病防治, 2022, 22(5): 52-55.

[4] 王友杰, 张忠俊, 程清涛. 三维MRI血管成像与DSA对脑血管疾病患者动脉粥样硬化狭窄程度的评估价值比较[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(8): 38-40.

[5] 陈育锋, 程影, 祁良. 老年脑梗死颅内动脉狭窄的数字减影血管造影、CT血管成像影像特征及诊断价值比较分析[J]. 中国医药导报, 2022, 19(10): 151-154.

[6] 顾湘, 姚倩东, 何禹宏. CT血管造影结合血清Klotho和FGF23水平对冠脉临界病变血管狭窄程度的诊断价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(9): 91-93.

[7] 符诗. 颈部血管超声与血清血脂水平在缺血性脑卒中患者中的变化探讨[J]. 中国全科医学, 2021, 24(1): 113-115.

[8] 丁晓明, 张婧文, 张鑫. 颈动脉粥样硬化性重度狭窄患者血管超声评估参数与缺血性脑卒中的相关性[J]. 心脑血管病防治, 2023, 23(3): 41-43.

[9] 中国老年医学学会急诊医学分会, 中华医学会急诊医学分会卒中组, 中国卒中学会急救医学分会. 急性缺血性脑卒中急诊急救中国专家共识(2018版)[J]. 中华急诊医学杂志, 2018, 27(7): 721-728.

[10] Hathout GM, Fink JR, El-Saden SM, et al. Sonographic NASCET index: a new doppler parameter for assessment of internal carotid artery stenosis[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2005, 26(1): 68-75.

[11] 国家卫生健康委员会卒中防治专家委员会血管超声专业委员会, 中国超声医学工程学会浅表器官及外周血管超声专业委员会, 中国超声医学工程学会颅脑及颈部血管超声专业委员会. 头颈部血管超声若干问题的专家共识(颈动脉部分)[J]. 中国脑血管病杂志, 2020, 17(6): 346-352.

[12] 苏梓健, 韦佩祺, 袁莉, 等. 缺血性脑卒中代谢组学发病机制及药物干预的研究进展[J]. 中风与神经疾病杂志, 2023, 40(6): 568-572.

[13] 林铃芳, 周光宁. 不同发病机制急性前循环缺血性脑卒中患者血管内治疗的疗效与安全性研究[J]. 中风与神经疾病杂志, 2022, 39(4): 340-342.

[14] 张杨, 赵启利, 张曦, 等. 基于HR-MR-VWI探讨ICAS斑块特征、血管壁参数与缺血性脑卒中发病的关系[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22(6): 47-49.

[15] 刘博清, 余再新. 连续冠状动脉CT血管造影评估动脉粥样硬化斑块逆转治疗的研究进展[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2023, 31(10): 775-780.

[16] 周霞, 朱兵, 朱少群, 等. 冠状动脉CT血管造影与颈动脉超声在斑块诊断上的相关性分析[J]. 中国医学装备, 2020, 17(8): 55-58.

[17] 周思超. 颅脑CT血管成像对急性缺血性脑卒中患者诊断及预后判断的价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(1): 28-31.

[18] 吕琦, 惠品晶, 丁亚芳, 等. 颈动脉斑块易损性的超声造影评估及与缺血性卒中的相关性研究[J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2023, 20(10): 1040-1045.

[19] 张莉, 李安洋, 郭磊, 等. 颈动脉斑块彩色多普勒超声联合头颈部CTA诊断缺血性脑卒中患者颈动脉狭窄临床价值[J]. 医学影像学杂志, 2023, 33(8): 1477-1480.

[20] 顾秀娟, 张巍, 郑帅, 等. 颈动脉斑块常规超声及超声造影预测颈动脉狭窄患者缺血性脑卒中[J]. 中国介入影像与治疗学, 2022, 19(9): 570-574.

(收稿日期: 2024-09-06) (校对编辑: 姚丽娜)