

论 著

颈动脉彩超联合CTA评估脑梗死发生危险度预测意义研究*

徐燕红* 许昌翠 殷广丽
曹 振

南京市儿童医院全椒分院(全椒县人民医院)(安徽 滁州 239500)

【摘要】目的 研究颈动脉彩超联合CT血管造影(CTA)评估脑梗死发生危险度的预测价值,以期临床早期预测评估脑梗死发生风险提供参考。方法 选取2020年1月~2022年12月我院收治的80例脑梗死患者(脑梗死组)、80例因病情需要行颈动脉彩超联合CTA检查的非脑梗死患者(对照组)作为研究对象,比较两组颈动脉彩超联合CTA检查结果,分析脑梗死发生的相关影响因素,并分析颈动脉彩超联合CTA各单独检查结果对脑梗死危险度的评估价值。结果 两组IMT、颈动脉斑块患者占比、软斑块、混合斑块患者占比、Crouse积分、PSV、EDV、脑血管狭窄程度、狭窄血管分布情况比较存在显著差异($P<0.05$);IMT、颈动脉斑块性质、Crouse积分、有颈动脉斑块、PSV、EDV、脑血管狭窄程度、狭窄血管分布情况均与脑梗死发生相关($P<0.05$);变量重要性由高到低依次为颈动脉斑块性质、IMT、狭窄血管分布情况、脑血管狭窄程度、Crouse积分、PSV、EDV、有颈动脉斑块;颈动脉彩超联合CTA检查结果综合评估脑梗死发生危险度的列线图C-index为0.925,绘制DCA曲线评价列线图的临床效用,阈值0.05~1.0范围内,列线图均具有临床正向净获益。结论 颈动脉彩超联合CTA可用于评估脑梗死发生危险度,临床可通过其进行早期评估诊断,为临床预测脑梗死发生风险、针对性制定治疗方案提供依据。

【关键词】颈动脉彩超;CT血管造影;脑梗死;预测

【中图分类号】R540.4+8

【文献标识码】A

【基金项目】安徽省自然科学基金(1908085QH174)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.05.003

Prediction Significance of Carotid Artery Color Ultrasound combine CTA in Evaluating the Risk of Cerebral Infarction*

XU Yan-hong*, XU Chang-cui, YIN Guang-li, CAO Zhen.

Quanjiao Branch of Nanjing Children's Hospital, Chuzhou 239500, China

ABSTRACT

Objective To study the predictive value of carotid artery color ultrasound combined with CT angiography (CTA) in evaluating the risk of cerebral infarction, in order to provide reference for early clinical prediction and evaluation of the risk of cerebral infarction. **Methods** A total of 80 patients with cerebral infarction admitted to our hospital from January 2020 to December 2022 (cerebral infarction group) and 80 non-cerebral infarction patients who required carotid ultrasound combined with CTA for medical reasons (control group) were selected as the research subjects. The results of carotid ultrasound combined with CTA were compared between the two groups, and the relevant factors affecting the occurrence of cerebral infarction were analyzed. The evaluation value of each individual result of carotid ultrasound combined with CTA for the risk of cerebral infarction was also analyzed. **Results** There were significant differences between the two groups in IMT, carotid plaque, soft plaque, mixed plaque, Crouse score, PSV, EDV, cerebrovascular stenosis degree and stenosis vessel distribution ($P<0.05$). IMT, carotid plaque properties, Crouse score, presence of carotid plaque, PSV, EDV, degree of cerebral vascular stenosis, and distribution of stenotic vessels are all associated with the occurrence of cerebral infarction ($P<0.05$). The importance of variables in descending order were carotid plaque nature, IMT, stenosis distribution, cerebrovascular stenosis degree, Crouse score, PSV, EDV, carotid plaque presence. The C-index of the histogram for the comprehensive assessment of the risk of cerebral infarction by carotid ultrasound combined with CTA was 0.925. The clinical efficacy of the histogram was evaluated by drawing DCA curve. Within the threshold of 0.05 ~ 1.0, the histogram showed positive clinical net benefit. **Conclusion** Carotid ultrasound combined with CTA can be used to evaluate the risk of cerebral infarction, and it can be used for early diagnosis and assessment in clinic, which can provide basis for predicting the risk of cerebral infarction and making targeted treatment plan, so as to improve the prognosis.

Keywords: Carotid Artery Color Ultrasound; CT Angiography; Cerebral Infarction; Forecast

脑梗死为临床常见脑血管急危重症,具有致残率、致死率高等特点,多数患者可并发失语、偏瘫等后遗症^[1]。研究发现^[2-3],颈动脉斑块相互聚集,可阻塞于颈动脉中,促使颈部血管狭窄,影响脑部血供,增加脑梗死发生风险。因此,积极探讨颈动脉评估方案,预测脑梗死发生风险具有重大意义。颈动脉彩超为一种无创性检查,可显示颈动脉斑块性质及血管狭窄程度,通过测量颈动脉内中膜厚度(IMT)可判断有无动脉粥样硬化^[4-5]。CT血管造影(CTA)通过结合薄层扫描技术,可显示血管细节,可用于评估血管变异及血管性疾病^[6-7]。但目前临床鲜有关于二者联合应用于脑梗死预测中,基于此,本研究试分析颈动脉彩超联合CTA对脑梗死发生危险度的预测价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2020年1月至2022年12月我院收治的80例脑梗死患者(脑梗死组)、80例因病情需要行颈动脉彩超联合CTA检查的非脑梗死患者(对照组)作为研究对象。

纳入标准:研究组均符合中脑梗死相关诊断标准^[8];均可接受本研究检查方案。排除标准:合并其他脑血管疾病;合并全身性感染性疾病;合并恶性肿瘤;对本研究造影剂过敏;合并血液系统疾病;合并颈动脉彩超、CTA检查绝对禁忌症者;合并重大脏器功能障碍;合并精神异常或检查依从性较差。

1.2 方法 颈动脉彩超检查:均采用飞利浦EPIQ-5型超声诊断仪检查,探头频率为8~14Hz。引导患者处仰卧位,分别扫描右侧、左侧颈总动脉、颈内动脉、椎动脉、颈外动脉,将探头置于胸锁乳突肌前缘,从锁骨上窝颈总动脉分叉移动至颈内动脉,直至图像显示不清,从锁骨上窝椎动脉沿椎管向上走行,直至入图像显示不清,观察颈动脉斑块情况,并测量颈内、颈外动脉上下1~1.5cm范围内颈部IMT、舒张末期流速(EDV)、收缩期最大流速(PSV),并计算颈动脉狭窄率,颈内动脉与颈总动脉PSV之比(PSV_1/PSV_2)。

CTA检查:均采用荷兰飞利浦Brilliance型64层螺旋CT机进行检查。引导患者处仰卧位,肩部尽量下垂,检查过程中叮嘱患者屏气维持头部稳定,经患者右侧肘正中静脉采用高压注射器推注碘佛醇50~100mL,推注速率为4.5~5.0mL/s,参数设置为电压120kV,电流235mA,矩阵512×512,层厚为0.9mm,触发阈值100~150HU,观察颈内动脉情况,当造影剂到达靶血管达峰后,通过冠状位、矢状位及轴位层面扫描主动脉弓部至颅顶。所有图像均由同两名具有丰富经验的影像学医师评估,观察颈动脉血管走向及斑块情况。

【第一作者】徐燕红,女,主治医师,主要研究方向:心血管超声、妇产超声、腹部超声、浅表超声。E-mail: da27369@163.com

【通讯作者】徐燕红

颈动脉狭窄程度评估：轻度狭窄：PSV<125cm/s，EDV<40cm/s，PSV1/PSV2<2，狭窄率为0%~49%；中度狭窄：125≤PSV<230cm/s，40≤EDV<100cm/s，2≤PSV1/PSV2<4，狭窄率为50%~69%；重度狭窄：PSV≥230cm/s，EDV≥100cm/s，PSV1/PSV2≥4，狭窄率为70%~100%。

斑块性质评估：经颈动脉超声显示，软斑：CT值<50HU，低回声；硬斑：CT值>120HU，强回声伴声影；混合斑块：CT值为50~119HU，回声强弱不定。

斑块总积分(Crouse积分)：排除斑块长度影响，将孤立性斑块最大厚度相加，获取两侧颈动脉斑块厚度和，即为Crouse积分，如IMT厚度均小于1.2mm，则Crouse积分为0。

1.3 观察指标 (1)两组一般资料；(2)两组颈动脉彩超、CTA检查结果；(3)分析脑梗死发生的相关因素；(4)分析颈动脉彩超、CTA对脑梗死发生危险度的评估价值。

1.4 统计学方法 采用SPSS 28.0软件处理分析相关数据，符合正

态分布的计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示，两组间比较采用t检验，计数资料用n(%)表示，两组间比较行 χ^2 检验，采用Logistic回归方程分析相关影响因素，评估价值分析采用ROC曲线，随机森林图模型分析脑梗死发生危险度变量的重要性排序，R语言绘制脑梗死发生危险度的列线图，DCA曲线评价列线图的临床效用，默认双侧检验， $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 两组一般资料比较 两组年龄、性别、体质指数、高血压、高脂血症、冠心病、糖尿病、吸烟、饮酒资料比较均衡可比(P>0.05)。见表1。

2.2 两组颈动脉彩超+CTA检查结果比较 脑梗死组IMT、颈动脉斑块患者占比、软斑块和混合斑块患者占比、Crouse积分、PSV、EDV、脑血管狭窄程度高于对照组(P<0.05)，两组狭窄血管分布情况比较(P<0.05)。见表2，图1-2。

表1 两组一般资料比较

项目	脑梗死组(n=80)	对照组(n=80)	t/ χ^2	P
年龄(岁)	68.11±5.26	67.98±5.49	0.153	0.879
性别[n(%)]			0.114	0.736
男	55(68.75)	53(66.25)		
女	25(31.25)	27(33.75)		
体质指数[n(%)]			0.627	0.890
偏瘦	5(6.25)	7(8.75)		
正常	24(30.00)	25(31.25)		
超重	35(43.75)	31(38.75)		
肥胖	16(20.00)	17(21.25)		
高血压[n(%)]			0.156	0.693
无	63(78.75)	65(81.25)		
有	17(21.25)	15(18.75)		
高脂血症[n(%)]			0.129	0.719
无	58(72.50)	60(75.00)		
有	22(27.50)	20(25.00)		
冠心病[n(%)]			0.156	0.693
无	65(81.25)	63(78.75)		
有	15(18.75)	17(21.25)		
糖尿病[n(%)]			0.250	0.617
无	70(87.50)	72(90.00)		
有	10(12.50)	8(10.00)		
吸烟[n(%)]			0.114	0.736
否	53(66.25)	55(68.75)		
是	27(33.75)	25(31.25)		
饮酒[n(%)]			0.133	0.715
否	59(73.75)	61(76.25)		
是	21(26.25)	19(23.75)		

表2 两组颈动脉彩超+CTA检查结果比较

项目	脑梗死组(n=80)	对照组(n=80)	t/ χ^2	P
IMT(mm)	1.35±0.14	0.89±0.10	28.042	<0.001
颈动脉斑块[n(%)]			70.324	<0.001
无	15(18.75)	68(85.00)		
有	65(81.25)	12(15.00)		
颈动脉斑块性质[n(%)]			10.879	0.004
硬斑块	37(46.25)	19(23.75)		
软斑块	48(60.00)	8(10.00)		
混合斑块	33(41.25)	3(3.75)		
Crouse积分(分)	8.76±1.51	3.02±0.94	28.864	<0.001
PSV(cm/s)	189.67±20.44	110.39±16.28	27.136	<0.001
EDV(cm/s)	65.41±12.09	34.67±5.30	20.828	<0.001
脑血管狭窄情况[n(%)]			123.049	<0.001
正常	2(2.50)	71(88.75)		
轻度	8(10.00)	4(5.00)		
中度	29(36.25)	3(3.75)		
重度	41(51.25)	2(2.50)		
狭窄血管分布[n(%)]			1.182	0.554
颅内动脉狭窄	24(30.00)	6(7.50)		
颅外动脉狭窄	38(47.50)	10(12.50)		
颅内外动脉均存在狭窄	18(22.50)	2(2.50)		

2.3 脑梗死发生的Logistic回归分析 Logistic回归分析时自变量和因变量赋值见表3，采用逐步后退法分析显示，IMT、有颈动脉

斑块、颈动脉斑块性质、Crouse积分、PSV、EDV、脑血管狭窄程度、狭窄血管分布情况均与脑梗死发生相关(P<0.05)。见表4。

表3 脑梗死发生Logistic回归分析的赋值表

变量	赋值
因变量	无脑梗死=0，发生脑梗死=1
自变量	
IMT	按实际值赋值
颈动脉斑块	无=0，有=1
颈动脉斑块性质	硬斑块=1，软斑块=2，混合斑块=3
Crouse积分	按实际值赋值
PSV	按实际值赋值
EDV	按实际值赋值
脑血管狭窄情况	正常=0，轻度=1，中度=2，重度=3
狭窄血管分布	无=0，颅内动脉狭窄=1，颅外动脉狭窄=2， 颅内外动脉均存在狭窄=3

表4 脑梗死发生的Logistic回归分析

影响因素	β	SE	Wald χ^2	OR	95%CI	P
IMT	1.511	0.462	10.692	4.530	1.056~19.432	<0.001
有颈动脉斑块	1.680	0.501	11.247	5.367	1.118~25.760	<0.001
颈动脉斑块性质						
软斑块	1.793	0.487	13.549	6.005	2.434~14.815	<0.001
混合斑块	2.085	0.527	15.649	8.043	3.606~17.938	<0.001
Crouse积分	1.739	0.489	12.648	5.692	1.572~20.611	<0.001
PSV	1.584	0.530	8.933	4.875	1.284~18.507	0.018
EDV	1.557	0.466	11.167	4.746	1.007~22.364	<0.001
重度脑血管狭窄	1.785	0.611	8.538	5.962	4.164~8.535	0.022
狭窄血管分布						
颅内动脉狭窄	1.539	0.605	6.469	4.659	2.473~8.776	0.042
颅外动脉狭窄	1.512	0.526	8.260	4.535	1.581~13.006	0.027
颅内外动脉均存在狭窄	1.929	0.559	11.912	6.885	2.992~15.843	<0.001

2.4 脑梗死发生危险度变量的重要性排序 以是否发生脑梗死为因变量,将Logistic回归分析中有意义变量纳入随机森林模型,设置数目为500颗,随机种子数123456。结果显示变量重要性由高到低依次是颈动脉斑块性质、IMT、狭窄血管分布情况、脑血管狭窄程度、Crouse积分、PSV、EDV、有颈动脉斑块。见图3。

2.5 颈动脉彩超+CTA评估脑梗死发生危险度价值 采用R语言

绘制颈动脉彩超+CTA检查结果综合评估脑梗死发生危险度的列线图,见图4,其C-index为0.925,提示该列线图具有较高的预测能力,进一步分析发现,该列线图的AUC为0.925;绘制DCA曲线评价列线图的临床效用,结果显示,在阈值0.05~1.0范围内,列线图均具有临床正向净获益,见图5,提示列线图评估脑梗死发生危险度具有较高的临床效用。

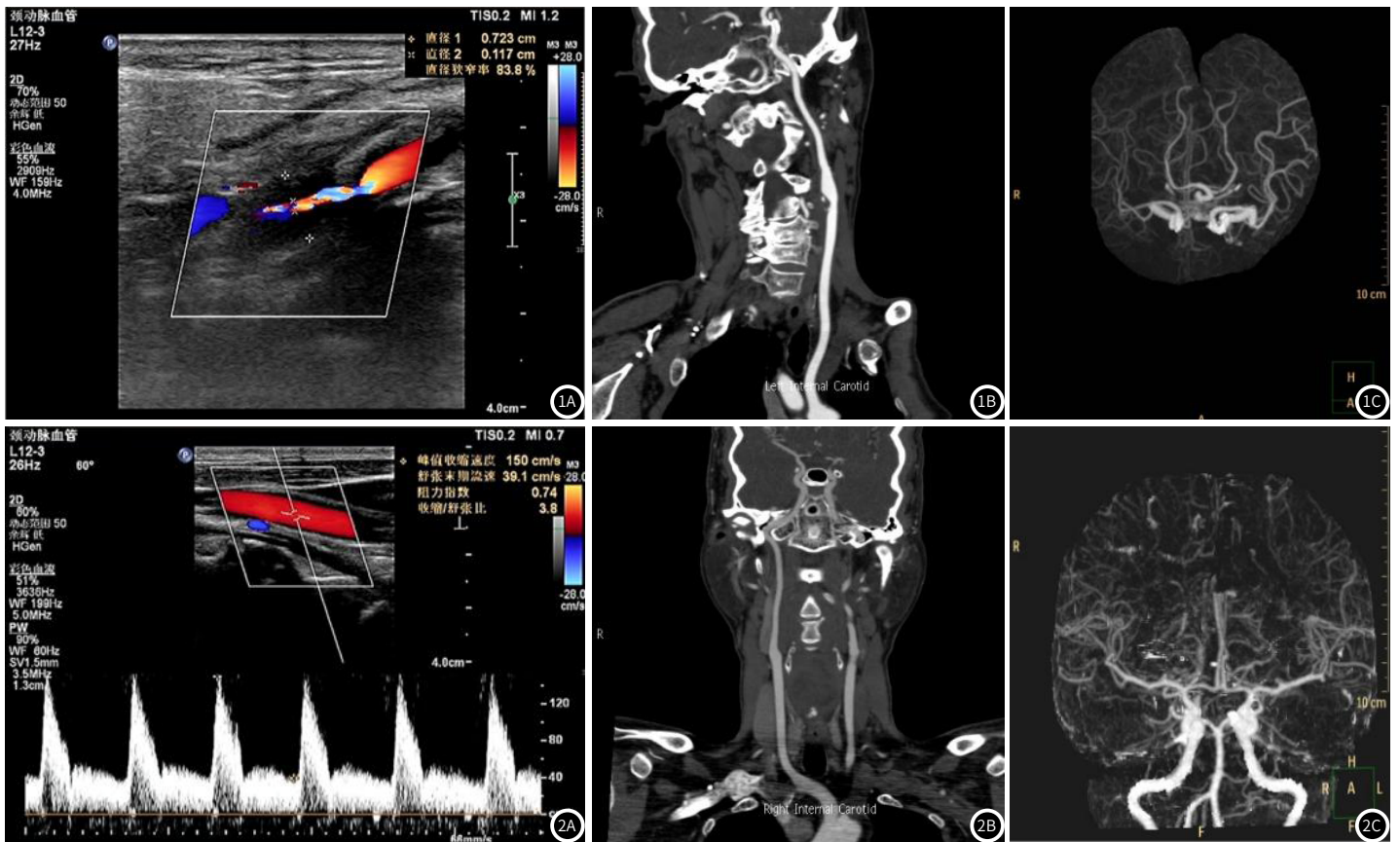


图1A-图1C 脑梗死组颈动脉彩超+CTA图像; 脑梗死患者, IMT1.26, 颈动脉有斑块, 性质为混合斑块, Crouse积分8分, PSV194.40cm/s, EDV63.89 cm/s, 颅内、外动脉均存在狭窄。

图2A-图2C 对照组颈动脉彩超+CTA图像; 无脑梗死患者, IMT0.85, 颈动脉无斑块, Crouse积分3分, PSV112.45cm/s, EDV36.03cm/s, 脑血管无狭窄。

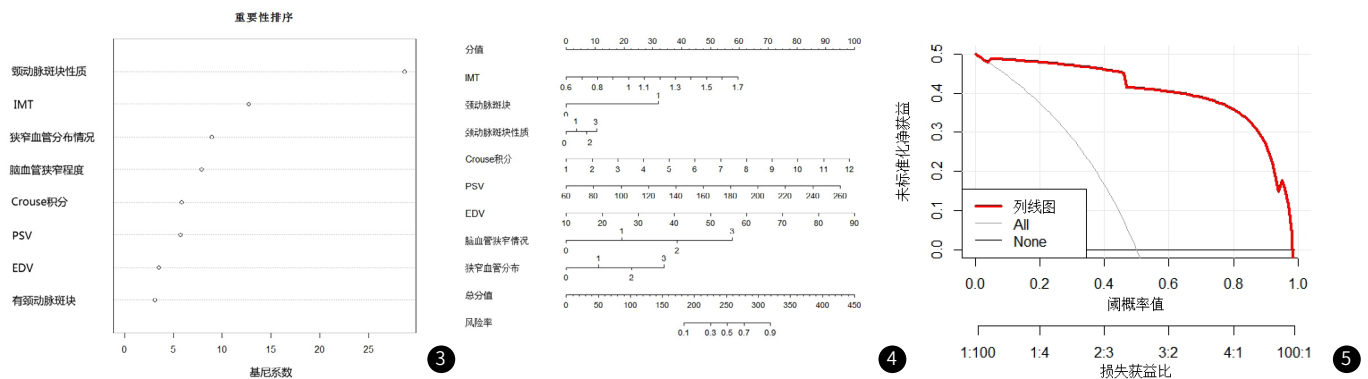


图3 脑梗死发生危险度变量的重要性排序; **图4** 颈动脉彩超+CTA检查结果综合评估脑梗死发生危险度的列线图; **图5** DCA评价列线图的临床效用

3 讨论

颅内动脉、主动脉弓粥样硬化斑块脱落为引起脑梗死的主要原因,患者早期多伴有高脂血症,脂类代谢失衡,沉积于血管内膜下,致使内膜受损,促进管腔内形成斑块^[9-10]。报道显示^[11-12],颈动脉粥样硬化为脑梗死危险因素之一,动脉内壁脂质沉积于管壁,可导致血管内膜钙化、坏死等,血流速度发生改变后易引起栓塞,提高脑梗死发生风险。因此,积极探讨颈动脉斑块、狭窄早期筛查评估方案具有重大意义。

颈动脉彩超具有无创、简便快捷、可重复性强等优点,可通过回声分辨颈动脉斑块类型,根据斑块表面回声判断纤维帽情况,对于动脉斑块表面钙化敏感度较高^[13-14]。本研究结果显示,两组IMT、有颈动脉斑块、颈动脉斑块性质、Crouse积分、PSV、EDV、脑血管狭窄程度、狭窄血管分布情况比较存在显著差异,提示颈动脉彩超联合CTA可用于脑梗死评估诊断中。研究表明^[15],颈动脉彩超可测定IMT,结合斑块回声、溃疡等特征评

估斑块性质、软硬情况等,但对于椎基底动脉斑块测定受周围组织影响。因此可通过联合其他方案进行检查。颈动脉彩超联合CTA可在一次检查过程中完成主动脉弓至颅顶范围扫描,其中CTA可对原始数据进行重建,从不同角度观察、分析血管病变,经去骨技术可清晰显示颅内动脉4~5级分支,有效判断病变血管范围、长度等信息^[16-17]。有学者发现^[18],颈动脉彩超可通过回声分辨斑块类型,而CTA通过三维图像可从不同切面观察颈动脉,具有较高空间、时间分辨率,二者联合应用可相互补充,提高颈动脉狭窄检出率。

本研究进一步分析发现,IMT、有颈动脉斑块、颈动脉斑块性质、Crouse积分、PSV、EDV、脑血管狭窄程度、狭窄血管分布情况均与脑梗死发生相关,推测颈动脉彩超联合CTA可用于脑梗死预测中。资料显示^[19],随冠状动脉病变支数、管腔狭窄程度提高,IMT随之升高,通过Crouse积分可评估IMT厚度,而本研究脑梗死组IMT、Crouse积分均显著高于非脑梗死组,提示可通过颈动脉IMT、Crouse积分预测评估颈动脉斑块情况。CTA可直观、准确显示坏死物质、斑块脂质,其中软斑稳定性较差,易发生脱落、出血,为脑梗死的重要因素,硬斑以钙化、纤维组织为主要特征,稳定性较高,不易脱落,而混合斑块同时包括软、硬斑块成分及性质^[20]。相关研究发现^[21-22],颈动脉彩超联合CTA对于斑块类型、受损程度检查结果与病理学检查结果具有较高一致性,kappa值可达0.726,而对于较大的硬斑,CTA检查组织学特征、分类与病理学检查完全一致,进一步说明颈动脉彩超联合CTA对脑梗死斑块的评估价值。动脉粥样硬化斑块引起的颈动脉狭窄为引起脑梗死主要因素,有学者发现^[23],脑梗死患者颈动脉粥样硬化导致管腔狭窄以颈内动脉为主,且颈内动脉狭窄率>50%的缺血频率可提高4倍。本研究与其结果基本一致。研究表明^[24],颈动脉狭窄程度与脑梗死发生风险相关,颈动脉重度狭窄可引起血流动力学变化,形成血栓,且狭窄处脂质软斑因纤维组织增生沉积,多数斑块内存在出血、坏死等,易脱落引起颈动脉远端栓塞,进一步说明颈动脉彩超联合CTA评估颈动脉狭窄及斑块的临床意义。基于上述研究结果,本研究采用R语言绘制颈动脉彩超联合CTA检查评估脑梗死发生危险度的列线图,结果显示C-index为0.925,具有较高的预测价值,进一步绘制DCA曲线显示,阈值0.05~1.0范围内,列线图均具有临床正向净获益。

综上所述,颈动脉彩超联合CTA对于脑梗死发生危险度具有较高评估价值,为临床早期评估诊断、预测脑梗死发生风险提供参考,以制定相应干预方案。

参考文献

- [1] Suzuki H, Kanamaru H, Kawakita F, et al. Cerebrovascular pathophysiology of delayed cerebral ischemia after aneurysmal subarachnoid hemorrhage[J]. *Histol Histopathol*, 2021, 36(2): 143-158.
- [2] Zhang R, Zhang Q, Ji A, et al. Identification of high-risk carotid plaque with MRI-based radiomics and machine learning[J]. *Eur Radiol*, 2021, 31(5): 3116-3126.
- [3] Zhu G, Hom J, Li Y, et al. Carotid plaque imaging and the risk of atherosclerotic cardiovascular disease[J]. *Cardiovasc Diagn Ther*, 2020, 10(4): 1048-1067.
- [4] Biswas M, Saba L, Omerzu T, et al. A review on joint carotid intima-media thickness and plaque area measurement in ultrasound for cardiovascular/stroke risk monitoring: artificial intelligence framework[J]. *J Digit Imaging*, 2021, 34(3): 581-604.

- [5] 叶晓燕, 陈金丽, 李刚, 等. 颈动脉超声联合TCD在颈动脉、椎动脉支架术中的应用[J]. *重庆医学*, 2021, 50(20): 3502-3505.
- [6] Mu D, Bai J, Chen W, et al. Calcium Scoring At Coronary CT Angiography Using Deep Learning[J]. *Radiology*, 2022, 302(2): 309-316.
- [7] Cademartiri F, Casolo G, Clemente A, et al. Coronary CT angiography: a guide to examination, interpretation, and clinical indications[J]. *Expert Rev Cardiovasc Ther*, 2021, 19(5): 413-425.
- [8] 中华医学会神经病学分会脑血管病学组急性缺血性脑卒中诊治指南撰写组. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南2010[J]. *中国全科医学*, 2011, 14(35): 4013-4017.
- [9] Mantzaris MD, Siogkas PK, Tsakanikas VD, et al. Computational modeling of atherosclerotic plaque progression in carotid lesions with moderate degree of stenosis[J]. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*, 2021, 20(21): 4209-4212.
- [10] Murakami T, Toyota S, Suematsu T, et al. Carotid-carotid crossover bypass after mechanical thrombectomy for internal carotid artery occlusion due to plaque from stenosed innominate artery[J]. *Surg Neurol Int*, 2021, 30(12): 480.
- [11] Jiang C, Zhang J, Zhu J, et al. Association between coexisting intracranial artery and extracranial carotid artery atherosclerotic diseases and ipsilateral cerebral infarction: a Chinese atherosclerosis risk evaluation (CARE-IL) study[J]. *Stroke Vasc Neurol*, 2021, 6(4): 595-602.
- [12] Kim JK, Choi JH, Kim BS, et al. Association of anterior cerebral artery variants and cerebral infarction in patients with balloon-assisted coil embolization for unruptured internal carotid artery aneurysms[J]. *World Neurosurg*, 2021, 27(8): 69-77.
- [13] 黄红, 谢懿漫. 颈动脉血管超声联合经颅多普勒超声在老年急性脑梗死患者颈动脉狭窄评估中的应用[J]. *中国老年学杂志*, 2022, 42(9): 2084-2087.
- [14] Simonetto M, Dharmadhikari S, Bennett A, et al. Do carotid plaque ulcers heal Potential detection of carotid artery plaque healing by carotid ultrasound imaging[J]. *J Ultrasound Med*, 2021, 40(5): 973-980.
- [15] 代山山, 方开峰, 韩路. 颈动脉超声在老年急性脑梗死患者颈动脉斑块性质评价及预后预测中的应用[J]. *临床误诊误治*, 2022, 35(12): 72-76.
- [16] Dundamadappa S, Iyer K, Agrawal A, et al. Multiphase CT Angiography: A Useful Technique in Acute Stroke Imaging-Collaterals and Beyond[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2021, 42(2): 221-227.
- [17] 杨飞. 头颈部CTA应用在前循环缺血性脑梗死患者中的价值及成像特点[J]. *中国医疗器械信息*, 2022, 28(6): 88-90.
- [18] 张伟, 李华, 张书超. 彩色多普勒超声联合CTA检查对脑梗死患者颅内颈动脉斑块性质的诊断价值[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2021, 19(3): 20-23.
- [19] 孔庆飞, 徐媛, 班立芳, 等. 脑梗死合并脑动脉狭窄患者血清炎症细胞因子、Hcy水平与IMT值的变化及相关性研究[J]. *检验医学与临床*, 2020, 17(21): 3094-3097.
- [20] Benson JC, Nardi V, Hunt CH, et al. Cardiovascular risk factors and cervical carotid plaque features on CT angiography[J]. *Neuroradiol J*, 2022, 35(3): 346-351.
- [21] 万宏燕, 杨瑜, 韩媛媛. 颈动脉血管超声联合CT血管造影对脑梗死患者颈动脉斑块的诊断价值[J]. *实用心脑血管病杂志*, 2022, 30(6): 98-101.
- [22] Karlöf E, Buckler A, Liljeqvist ML, et al. Carotid plaque phenotyping by correlating plaque morphology from computed tomography angiography with transcriptional profiling[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2021, 62(5): 716-726.
- [23] Wang L, Chu M, Wang D, et al. Systemic sclerosis with cerebral infarction and severe stenosis of internal carotid artery and coronary artery: A case report[J]. *Int J Rheum Dis*, 2022, 25(11): 1339-1342.
- [24] 臧立会, 任爱兵, 贾沛哲, 等. 脑梗死患者血栓弹力图参数与颈动脉狭窄程度的关系及其对血管性事件的预测效能[J]. *实用心脑血管病杂志*, 2022, 30(5): 51-55.

(收稿日期: 2023-05-16)

(校对编辑: 孙晓晴)