

## 多模态超声影像联合临床指标预测缺血性脑卒中进展价值

董莉<sup>1)</sup>, 宁荣萍<sup>1)</sup>, 肖琼怡<sup>2)</sup>

(1)云南省第三人民医院超声医学影像科; 2)急诊内科, 云南昆明 650011)

**[摘要]** **目的** 探讨多模态超声影像联合临床指标预测缺血性脑卒中(ischemic stroke, IS)进展的临床价值。**方法** 选取2020年1月至2022年10月云南省第三人民医院收治的134例IS患者作为研究对象, 根据美国国立卫生研究院卒中量表(National Institute of Health stroke scale, NIHSS)评分划分为进展性缺血性脑卒中(progressive ischemic stroke, PIS)组( $n=20$ )、非进展缺血性脑卒中(NPIS)组( $n=114$ ), 统计2组临床指标、多模态超声影像表现及相关参数, 采用Logistic筛选PIS影响因素, 并绘制列线图模型, 采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线、校准曲线验证该列线图模型预测效能。**结果** 2组年龄、基线老年营养风险指数(geriatric nutritional risk index, GNRI)评分、基线同型半胱氨酸(homocysteine, Hcy)、基线尿酸(uric acid, UA)比较, 差异有统计学意义( $P<0.05$ ); 2组峰值时间(time to peak, TTP)、峰值强度(peak intensity, PI)、曲线下面积( $AUC_{TC}$ )、颈动脉斑块增强模式、最大弹性模量的平均值(MEmax)、最小弹性模量的平均值(MEmin)比较, 差异有统计学意义( $P<0.05$ ); Logistic分析显示, 基线GNRI评分、基线UA、TTP、PI、 $AUC_{TC}$ 、颈动脉斑块增强模式、MEmax、MEmin是PIS影响因素( $P<0.05$ ); 基于以上因素绘制列线图模型, ROC曲线、校准曲线显示, 该模型具有较好预测效能, 且预测效能与实际吻合较好。**结论** PIS影响因素包括基线GNRI评分、基线UA、TTP、PI、 $AUC_{TC}$ 、颈动脉斑块增强模式、MEmax、MEmin, 基于上述因素绘制的列线图模型具有较好区分度和准确度。

**[关键词]** 多模态超声影像; 临床指标; 颈动脉斑块; 缺血性脑卒中; 神经功能缺损; 定量参数

**[中图分类号]** R445.1; R743.3 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2095-610X(2024)03-0166-08

## Value of Multimodal Ultrasonography Combined with Clinical Indicators in Predicting the Progression of Ischemic Stroke

DONG Li<sup>1)</sup>, NING Rongping<sup>1)</sup>, XIAO Qiongyi<sup>2)</sup>

(1) Dept. of Ultrasound Medical Imaging; 2) Dept. of Emergency Medicine, The 3rd People's Hospital of Yunnan Province, Kunming Yunnan 650011, China)

**[Abstract]** **Objective** To investigate the clinical value of multimodal ultrasonography combined with clinical indicators in predicting the progression of ischemic stroke (IS). **Methods** A total of 134 patients with IS admitted to Third People's Hospital of Yunnan Province from January 2020 to October 2022 were selected as study objects and were divided into progressive ischemic stroke (PIS) group ( $n=20$ ) and non-progressive ischemic stroke (NPIS) group ( $n=114$ ) according to the National Institutes of Health Stroke Scale (NIHSS) score. The clinical indicators, multi-modal ultrasonic image manifestations and related parameters of the two groups were counted, the influencing factors of PIS were screened by Logistics, the nomogram model was drawn, and the predictive efficiency of the nomogram model was evaluated by ROC curve and calibration curve. **Results** There were significant differences in age, baseline nutritional risk index (GNRI) score, baseline homocysteine (Hcy) and baseline uric

**[收稿日期]** 2023-12-13

**[基金项目]** 云南省第三人民医院内科学术研究计划项目(2022SSYKT011)

**[作者简介]** 董莉(1973~), 女, 安徽濉西人, 医学学士, 副主任医师, 主要从事肌骨超声、超声造影、剪切波弹性成像、介入超声研究工作。

**[通信作者]** 肖琼怡, E-mail: amet3331@21cn.com

acid (UA) between the two groups ( $P < 0.05$ ). The peak time (TTP), peak intensity (PI), the area under the curve (AUC), carotid plaque enhancement mode, the mean value of maximum elastic modulus (ME<sub>max</sub>) and mean value of minimum elastic modulus (ME<sub>min</sub>) were compared between the two groups, and the differences were statistically significant ( $P < 0.05$ ). Logistic analysis showed that baseline GNRI score, baseline UA, TTP, PI, AU<sub>CTC</sub>, carotid plaque enhancement pattern, ME<sub>max</sub> and ME<sub>min</sub> were the influencing factors of PIS ( $P < 0.05$ ). Based on the above factors, the nomogram model was drawn. ROC curve and calibration curve showed that the model had good prediction efficiency, and the prediction efficiency was in good agreement with the reality.

**Conclusion** The influencing factors of PIS include baseline GNRI score, baseline UA, TTP, PI, AU<sub>CTC</sub>, carotid plaque enhancement pattern, ME<sub>max</sub>, ME<sub>min</sub>, and the neagram model based on the above factors has good differentiation and accuracy.

[**Key words**] Multimodal ultrasound image; Clinical index; Carotid artery plaque; Ischemic stroke; Neurological impairment; Quantitative parameter

缺血性脑卒中(ischemic stroke, IS)是脑血管疾病中较为多见类型,其中动脉粥样硬化病变是诱发该病基础,大脑持续缺氧缺血5 min后,可引起神经细胞出现不可逆损伤,进而引发脑卒中,这是我国三大死亡疾病之一<sup>[1-2]</sup>。IS患者发病6 h至1周内后神经功能缺损持续加重或呈阶梯式加重,称为进展性缺血性脑卒中(progressive ischemic stroke, PIS),颈动脉斑块易损是PIS发生主要原因<sup>[3]</sup>,而超声是其常用检测方法,是一种安全无创操作的成像技术,可重复、实时探查动脉病灶区域内部结构和相邻部位结构,能准确评估斑块损伤情况<sup>[4]</sup>。近年也有研究显示,一些特异性、敏感性较高临床指标可有效预测IS,如同型半胱氨酸(homocysteine, Hcy)、尿酸(uric acid, UA),且具有较好的较预测价值<sup>[5-6]</sup>。但临床有关多模态超声影像与临床指标联合预测IS的研究少见。基于此,本研究通过收集134例IS患者病例资料,创新性探究多模态超声影像联合临床指标预测缺血性脑卒中进展价值。

## 1 资料与方法

### 1.1 病例资料

选取2020年1月至2022年10月云南省第三人民医院收治的134例IS患者作为研究对象,患者入院7 d,根据美国国立卫生研究院卒中量表(National Institute of Health stroke scale, NIHSS)评分划分为PIS组(PIS组,  $n=20$ )、非PIS组(NPIS组,  $n=114$ )。纳入标准:符合《中国急性缺血性脑卒中诊治指南2018》<sup>[7]</sup>诊断标准,经影像学检查确诊;发病1 d内入院;患者发病后神经系统缺损持续加重,入院15 h~7 d的NIHSS较入院后

最低测评结果增加 $\geq 2$ 分,判断为PIS;入院1周内进行颈动脉检查;无神经、内分泌等系统功能障碍。排除标准:急性颅脑外伤或脑出血;存在心功能不全可造成疾病进展;心源性或其他原因栓子来源者;恶性肿瘤;家族遗传史;非动脉硬化因素引起的头颈部血管狭窄或闭塞;肝肾功能衰竭;严重传染性疾病;严重交流障碍。本研究患者均签署知情同意书,并获得云南省第三人民医院伦理委员会审批(伦审2019-006-01)。

### 1.2 多模态超声影像检测方法

常规超声检查:采用飞利浦EPIQ5和TOSHIBA Aplio 400彩色多普勒超声诊断仪进行扫描,先行常规二维超声检查,探头频率为5~12 MHz,取仰卧位,暴露颈部,从颈总动脉分支至颈动脉分叉处,并扫描颈内外动脉的颅外段,观察各动脉走行、形态,及动脉管壁、管腔情况,记录有无动脉形成(斑块厚度 $>1.5$  mm为粥样硬化斑块形成<sup>[8]</sup>)、斑块性质、回声特征等。

超声造影(contrast-enhanced ultrasound, CEUS):选择声诺维(意大利Bracco)造影剂,经5.0 mL生理盐水稀释后制成混悬液,肘静脉团注造影剂,采集动态造影图像,保存图形,观察造影剂显影、分布情况。图像经SonoLiver处理后,由2位高年资临床医师以双盲法阅片,勾画感兴趣区,观察有无斑块形成、斑块增强模式(1级:外膜增强,斑块内未见增强;2级:斑块内少量散在点状增强;3级:线状增强伸入至斑块内部<sup>[9]</sup>),经时间-强度变化记录始增时间、峰值时间(time to peak, TTP)、曲线上升支斜率、平均通过时间(mean transit time, MTT)、曲线下面积(AUC<sub>TC</sub>)、峰值强度(peak intensity, PI)。

实时剪切波弹性成像(shear wave elastography,

SWE): 采切换 SWE 功能, 叮嘱患者需屏气, 保存 5 ~ 10 s 动态图像, 启动 QBOX 功能, 勾画感兴趣区域, 计算 2 侧颈动脉壁平均弹性模量的平均值(ME<sub>mean</sub>)、最大弹性模量的平均值(ME<sub>max</sub>)、最小弹性模量的平均值(ME<sub>min</sub>)。

1.3 观察指标

(1) 收集 2 组临床指标, 包括性别、基线 NIHSS 评分、年龄、基线老年营养风险指数 (geriatric nutritional risk index, GNRI) 评分、体重指数 (body mass index, BMI)、基线 Hcy、发病至入院时间、基线 UA、基线白细胞计数 (white blood cell count, WBC)、基线 C 反应蛋白 (creactive protein, CRP)、吸烟史、急性缺血性脑卒中实验 (the trial of org 10172 in acute stroke treatment, TO-AST) 分型、饮酒史、合并疾病、脑卒中史; (2) 比较 2 组多模态超声影像表现 (颈动脉斑块、颈动脉斑块性质、颈动脉斑块回声特征、颈动脉斑块增强模式) 及参数 (始增时间、TTP、曲线上支斜率、MTT、AUC<sub>TC</sub>、PI、ME<sub>mean</sub>、ME<sub>max</sub>、ME<sub>min</sub>);

(3) Logistic 分析 PIS 发病的影响因素; (4) 列线图绘制 PIS 发生风险模型, 校准曲线、ROC 曲线对该模型进行验证。

1.4 统计学处理

采用 EXCEL 2019 收集归纳临床资料, 经软件 SPSS22.0 处理数据, 计量资料行 Shapiro-Wilk 正态检验、Levene 方差齐性检验, 确认呈方差齐性且近似服从正态分布以 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示、*t* 检验; 计数资料用 *n*(%) 表示、 $\chi^2$  检验, 等级资料用秩和检验, 多因素分析采用 Logistic; 用 R 软件包、rms 程序构建列线图模型, 采用校准曲线、ROC 曲线验证该列线图模型。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2 组临床指标比较

2 组年龄、基线 GNRI 评分、基线 Hcy、基线 UA 比较, 差异有统计学意义 (*P*<0.05), 见表 1。

表 1 2 组临床指标 [ $(\bar{x} \pm s)/n(\%)$ ] (1)

Tab. 1 Clinical indicators of patients in the two groups [ $(\bar{x} \pm s)/n(\%)$ ] (1)

组别	性别(男/女)	年龄(岁)	BMI(kg/m <sup>2</sup> )	发病至入院时间(h)	基线NIHSS评分(分)	基线GNRI评分(分)
PIS组( <i>n</i> =20)	14/6	68.68±3.51	21.89±0.63	4.14±1.32	13.32±1.15	91.12±8.89
NPIS组( <i>n</i> =114)	63/51	62.21±4.45	21.76±0.88	4.34±1.01	12.78±1.67	103.21±10.33
<i>t</i> / $\chi^2$	1.512	6.167	0.632	0.778	1.387	4.920
<i>P</i>	0.219	<0.001*	0.529	0.438	0.168	<0.001*

\**P*<0.05。

表 1 2 组临床指标 [ $(\bar{x} \pm s)/n(\%)$ ] (2)

Tab. 1 Clinical indicators of patients in the two groups [ $(\bar{x} \pm s)/n(\%)$ ] (2)

组别	基线Hcy(μmol/L)	基线UA(μmol/L)	基线WBC( $\times 10^9/L$ )	基线CRP(mg/L)	吸烟史	饮酒史	脑卒中史
PIS组( <i>n</i> =20)	18.22±2.34	300.02±15.56	8.11±0.56	291.12±41.12	9(45.00)	11(55.00)	5(25.00)
NPIS组( <i>n</i> =114)	13.38±1.51	212.21±13.35	7.89±0.73	289.99±42.86	49(42.98)	58(50.88)	20(17.54)
<i>t</i> / $\chi^2$	12.061	26.458	1.282	0.109	0.028	0.116	0.229
<i>P</i>	<0.001*	<0.001*	0.202	0.913	0.867	0.734	0.430

\**P*<0.05。

表 1 2 组临床指标 [ $(\bar{x} \pm s)/n(\%)$ ] (3)

Tab. 1 Clinical indicators of patients in the two groups [ $(\bar{x} \pm s)/n(\%)$ ] (3)

组别	TOAST分型					合并疾病			
	2SUE	CE	SAO	SOE	LAA	高血症	糖尿病	高血压	冠心病
PIS组( <i>n</i> =20)	3(15.00)	3(15.00)	3(15.00)	1(5.00)	10(50.00)	10(50.00)	8(40.00)	6(30.00)	5(25.00)
NPIS组( <i>n</i> =114)	19(16.67)	17(14.91)	15(13.16)	4(3.51)	59(51.75)	41(35.96)	37(32.46)	29(25.44)	23(20.18)
<i>t</i> / $\chi^2$	0.003					1.422	0.434	0.183	0.037
<i>P</i>	0.998					0.233	0.510	0.668	0.848

\**P*<0.05。

2.2 2组多模态超声影像表现及参数比较

2组 TTP、PI、AUC<sub>TC</sub>、颈动脉斑块增强模

式、ME<sub>max</sub>、ME<sub>min</sub> 比较, 差异有统计学意义( $P < 0.001$ ), 见表2~表4、图1和图2。

表2 2组常规超声表现 [n(%)]

Tab. 2 Routine ultrasound manifestations of patients in the two groups [n(%)]

组别	颈动脉斑块		颈动脉斑块性质				颈动脉斑块回声特征		
	有	无	扁平斑	硬斑	溃疡斑	软斑	低回声	等回声	强回声
PIS组(n=20)	12(60.00)	8(40.00)	3(15.00)	4(20.00)	2(10.00)	3(15.00)	5(25.00)	5(25.00)	2(10.00)
NPIS组(n=114)	68(59.65)	46(40.35)	19(16.67)	24(21.05)	6(5.26)	19(16.67)	23(20.18)	30(26.32)	15(13.16)
t/ $\chi^2$ /z	0.001		0.703				0.333		
P	0.976		0.873				0.847		

\* $P < 0.05$ 。

表3 CUES 定量参数 [n(%)]

Tab. 3 CUES quantitative parameters [n(%)]

组别	始增时间 (s)	TTP (s)	曲线上分支斜率	MTT (s)	AUC <sub>TC</sub> (dB·s)	PI (dB)	颈动脉斑块		颈动脉斑块增强模式		
							有	无	1级	2级	3级
PIS组 (n=20)	5.49±0.43	8.67±1.23	0.88±0.40	27.11±4.43	3005.51±468.81	72.88±6.67	15 (75.00)	5 (25.00)	1 (5.00)	6 (30.00)	8 (40.00)
NPIS组 (n=114)	5.41±0.55	11.12±2.31	0.85±0.46	28.50±3.72	2371.68±400.24	65.52±7.29	80 (70.18)	34 (29.82)	21 (18.42)	45 (39.47)	14 (12.28)
t/ $\chi^2$ /z	0.618	4.620	0.000	1.497	6.364	4.214	0.192		9.717		
P	0.538	<0.001*	1.000	0.137	<0.001*	<0.001*	0.661		0.008		

\* $P < 0.05$ 。

表4 SWE 定量参数 ( $\bar{x} \pm s$ , kPa)

Tab. 4 SWE quantitative parameters ( $\bar{x} \pm s$ , kPa)

组别	ME <sub>mean</sub>	ME <sub>max</sub>	ME <sub>min</sub>
PIS组(n=20)	70.08±7.56	84.42±10.13	67.55±5.53
NPIS组(n=114)	68.96±8.04	73.95±8.87	60.33±6.12
t/ $\chi^2$	0.579	4.766	4.932
P	0.563	<0.001*	<0.001*

\* $P < 0.05$ 。

右侧颈总动脉分叉处后壁低回声斑块伴管腔局限性狭窄(面积狭窄率约62%), 斑块内脂质及新生血管形成——高度风险斑块。

2.3 PIS 发病多因素分析

以 IS 是否进展为因变量(是=1, 否=0), 表1和表2具有统计学意义指标作为自变量纳入 Logistic 回归方程, 结果显示, 基线 GNRI 评分、基线 UA、TTP、PI、AUC<sub>TC</sub>、颈动脉斑块增强模式、ME<sub>max</sub>、ME<sub>min</sub> 是 PIS 影响因素 ( $P < 0.05$ ), 见表5。

2.4 列线图模型构建与验证

(1)以 IS 患者病情是否进展作为结局, 结合

Logistic 回归分析筛选出的影响因素(基线 GNRI 评分、基线 UA、TTP、PI、AUC<sub>TC</sub>、颈动脉斑块增强模式、ME<sub>max</sub>、ME<sub>min</sub>)绘制列线图模型, 各影响因素对应列线图上的 Points 数值为该因素得分, 各影响因素得分之和对应概率值为 PIS 发生风险, 见图3; (2)ROC 曲线发现, 列线图模型预测 PIS 的 AUC 为 0.862(95%CI 0.786 ~ 0.939), 敏感度及特异度分别为 80.00%、78.07%, 见图4; (3)校准曲线发现, 列线图模型预测 PIS 准确度的预测效能与实际吻合较好, 见图5。

3 讨论

有研究显示, 约 25% ~ 50% 颈动脉粥样硬化斑块脱落或破裂可引起 IS 发生, 而 PIS 约占 IS 的 12% ~ 45%, PIS 预后较差, 致残率、致死率极高, 可见早期预测 PIS 发生, 有助于早期识别 PIS 高危人群, 进而改善预后<sup>[10-11]</sup>。本研究发现, IS 患者有 20 例发展为 PIS, 发生率为 14.93%, 远低于吴方玲等<sup>[12]</sup> 研究观点, 分析原因可能与颈动脉超微血流成像分级、糖尿病史占比多、纤维蛋白原表达等有关。

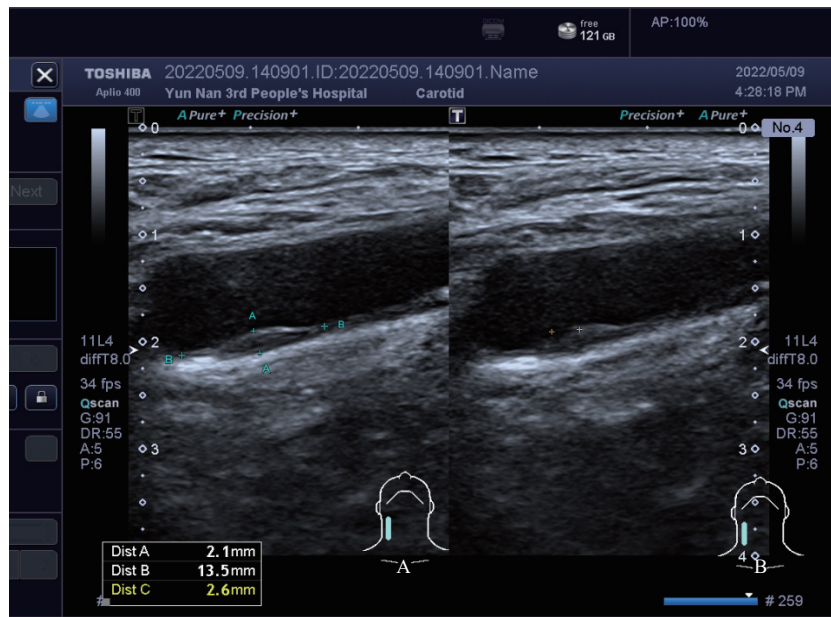


图 1 常规超声影像学表现

Fig. 1 Routine ultrasound imaging findings

A: 右侧颈总动脉后壁低回声斑块, 内回声不均; B: 右侧颈总动脉后壁斑块内无回声脂质区。

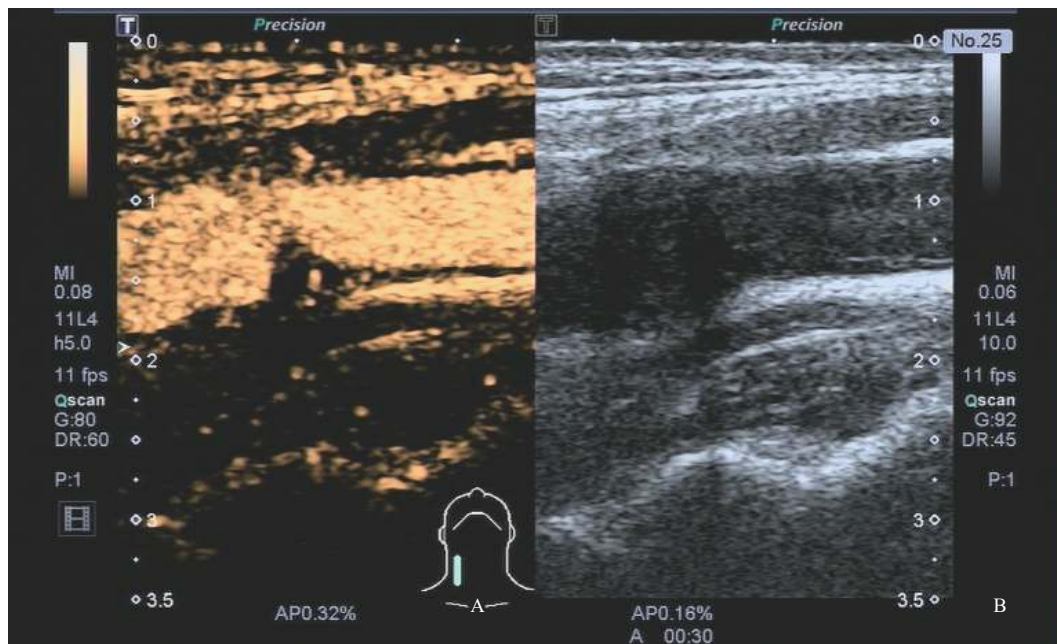


图 2 超声造影检查

Fig. 2 Contrast enhanced ultrasound examination

A: 超声造影示斑块内新生血管; B: 颈动脉斑块二维声像图。

本研究单因素分析显示, 2组年龄、基线 GNRI 评分、基线 Hcy、基线 UA 存在明显差异, 多因素证实基线 GNRI 评分、基线 Hcy、基线 UA 是引起 PIS 的影响因素。GNRI 是根据患者生化指标、BMI 客观衡量营养状态, 这是较为简单客观信息工具, 无需营养专家或患者配合, 近年 Yamada 等<sup>[13]</sup>学者对其进行改进, GNRI 评分  $\geq 98$

分不存在营养不良风险。有研究表明, 老年患者存在营养不良可增加 IS 发生风险, 患者器官储备和体内控制减弱, 可引起身体机能降低, 潜在营养问题凸显出来, 进一步延长患者住院时间, 加重病情发展<sup>[14]</sup>。Hcy 是半胱氨酸和蛋氨酸中间代谢产物, 正常情况下浓度较大, 若 Hcy 在体内堆积过高, 可增加心脑血管、外周血管疾病发生风

表 5 PIS 发病多因素分析  
Tab. 5 Multivariate analysis of PIS incidence

自变量	赋值	$\beta$	SE	Wald $\chi^2$	OR	95%CI	P
常量		16.612					
年龄	实测值	0.155	0.412	0.142	1.168	0.871 ~ 1.566	0.044
基线GNRI评分	实测值	-0.581	0.135	18.531	0.559	0.432 ~ 0.724	0.001*
基线UA	实测值	0.226	0.369	0.374	1.253	0.669 ~ 2.347	0.341
基线Hcy	实测值	1.550	0.402	14.875	4.714	1.338 ~ 16.605	0.001*
TTP	实测值	-0.820	0.171	22.990	0.440	0.376 ~ 0.516	0.001*
PI	实测值	1.645	0.365	20.314	5.182	1.568 ~ 17.123	0.001*
AUC <sub>TC</sub>	实测值	1.727	0.417	17.150	5.623	2.224 ~ 14.218	0.001*
颈动脉斑块增强模式	1级=1, 2级=2, 3级=3	1.632	0.358	20.779	5.114	1.376 ~ 19.004	0.001*
ME <sub>max</sub>	实测值	1.800	0.436	17.036	6.047	2.268 ~ 16.123	0.001*
ME <sub>min</sub>	实测值	1.725	0.517	11.130	5.611	2.004 ~ 15.712	0.001*

\*P<0.05。

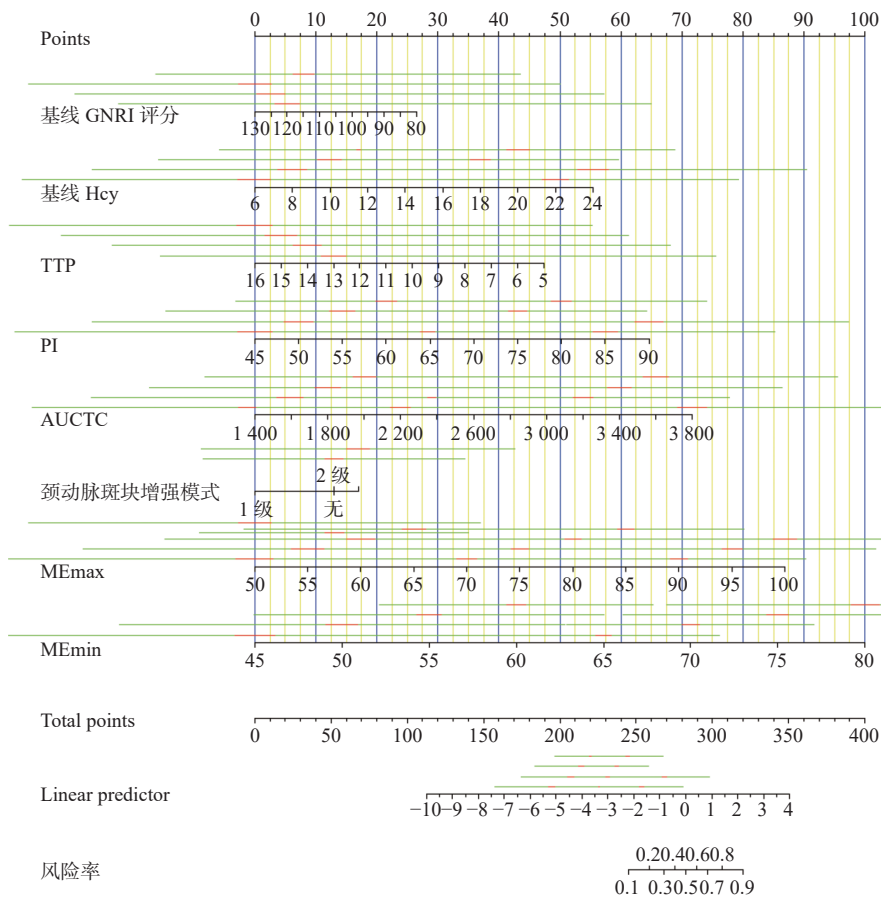


图 3 列线图模型

Fig. 3 Column line diagram model

险<sup>[15]</sup>; UA 主要来自机体自身代谢、日常饮食摄入, UA 升高可增加痛风、肾炎及心脑血管等疾病发生风险<sup>[16]</sup>。如张力维<sup>[17]</sup>、周媛等<sup>[18]</sup>研究显示, PIS 患者血清 Hcy、UA 高于非 PIS 患者, 提示 Hcy、UA 与 PIS 疾病发展密切相关, 这与本研

究观点相似。

常规超声可直观观察动脉壁内膜, 判断有无斑块形成、斑块形态及大小、内部回声情况等, 但其也存在局限性, 不能评估斑块新生血管、血流走向, 在评价斑块稳定性临床价值有限<sup>[19]</sup>。

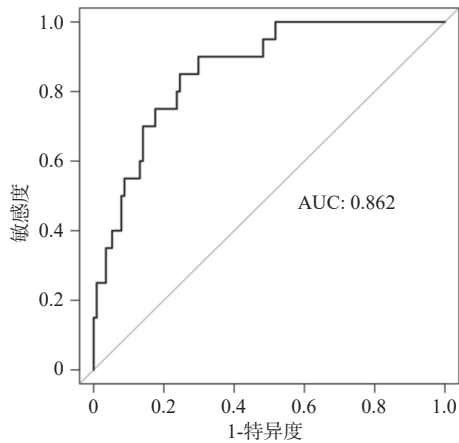


图 4 ROC 曲线

Fig. 4 ROC curve

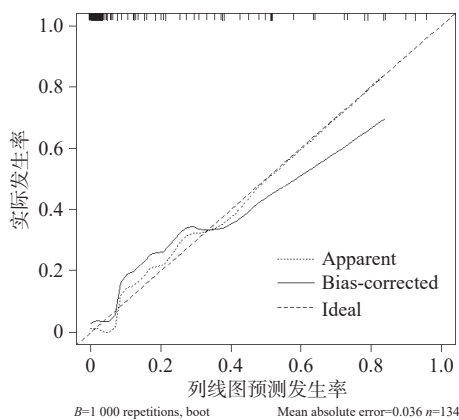


图 5 校准曲线

Fig. 5 Calibration curve

CEUS 凭借血管造影剂技术, 可清晰显示有无新生血管, 观察组织中灌注情况、微血管密度, 有助于评估 IS 患者神经功能缺损情况, 可弥补常规超声不足, 是 1 种安全有效成像技术<sup>[20]</sup>。随着超声检测手段不断发展, SWE 在 IS 中动脉粥样硬化稳定性的研究逐渐深入, 是当前临床研究热点, 原理是利用探头向组织施加应力, 收集组织受压前后信号, 通过超声成像技术转为彩色图像, 可反映动脉壁纵向弹性模量、动脉软硬度<sup>[21]</sup>。有研究显示, CEUS、SWE 及常规超声可用于检测 IS 患者颈动脉斑块稳定性, 其中 CEUS、SWE 特异性较高<sup>[22-23]</sup>。本研究发现, 2 组 TTP、PI、AUC<sub>TC</sub>、颈动脉斑块增强模式、ME<sub>max</sub>、ME<sub>min</sub> 比较存在明显差异, 且 Logistic 显示, TTP、PI、AUC<sub>TC</sub>、颈动脉斑块增强模式、ME<sub>max</sub>、ME<sub>min</sub> 是 PIS 影响因素, 表明 PIS 患者颈动脉内部血流灌注程度较高、有较多血管生成, 且斑块稳定性较差。有研究报道显示, 斑块稳定性和血管生成关系密切, 血管数量较多与血管壁缺血、通透性、炎性修复

有关<sup>[24]</sup>。新生血管数量多是诱导炎症反应基础, 可刺激组织释放较多炎性介质、增加代谢产物, 此外, 新生血管贯穿斑块内部, 进一步加剧炎症反应, 导致血管破裂渗漏引起斑块出血, 加重患者疾病进展<sup>[25]</sup>。本研究结合 Logistic 筛选出的影响因素绘制列线图, 得出 PIS 发生风险概率之和, ROC 曲线显示, 该模型预测 PIS 的 AUC 为 0.862, 敏感度、特异度为 80.00%、78.07%; 校准曲线发现, 该模型预测 PIS 准确度的预测效能与实际吻合较好。

综上所述, 基线 GNRI 评分、基线 UA、TTP、PI、AUC<sub>TC</sub>、颈动脉斑块增强模式、ME<sub>max</sub>、ME<sub>min</sub> 是 PIS 影响因素, 基于以上因素绘制列线图具有较好预测效能和准确性。本研究不足之处, 病例数过少, 可能会影响部分研究数据偏倚性, 后续研究中应多中心、多渠道选取样本, 扩大样本量进行更为深入研究证实。

#### [参考文献]

- [1] Feske S K. Ischemic stroke[J]. *Am J Med*, 2021, 134(12): 1457-1464.
- [2] DeLong J H, Ohashi S N, O'Connor K C, et al. Inflammatory responses after ischemic stroke[J]. *Semin Immunopathol*, 2022, 44(5): 625-648.
- [3] Zhao T, Zhu T, Xie L, et al. Neural stem cells therapy for ischemic stroke: Progress and challenges[J]. *Transl Stroke Res*, 2022, 13(5): 665-675.
- [4] Yang D B, Zhou J, Feng L, et al. Value of superb microvascular imaging in predicting ischemic stroke in patients with carotid atherosclerotic plaques[J]. *World J Clin Cases*, 2019, 7(7): 839-848.
- [5] Rabelo N N, Telles J P M, Pipek L Z, et al. Homocysteine is associated with higher risks of ischemic stroke: A systematic review and meta-analysis[J]. *PLoS One*, 2022, 17(10): e0276087.
- [6] 王娅, 周厚援, 罗志强, 等. 新预测模型AULTS评分对缺血性脑卒中的预测价值[J]. *中华全科医学*, 2021, 19(10): 1666-1668, 1696.
- [7] 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 2018[J]. *中华神经科杂志*, 2018, 51(9): 666-682.
- [8] 张秀玲. 实时超声弹性成像技术评估脑卒中患者颈动脉斑块稳定性的应用研究[J]. *广州医药*, 2020, 51(1):

- 14-18.
- [9] 乐元洁, 陈慧敏, 贲志飞. 颈动脉斑块患者超声造影评级与卒中危险因素的相关性分析[J]. *现代实用医学*, 2017, 29(4): 438-439.
- [10] Martinez-Sanchez P, Alexandrov A V. Ultrasonography of carotid plaque for the prevention of stroke[J]. *Expert Rev Cardiovasc Ther*, 2013, 11(10): 1425-40.
- [11] 陈欣, 马赞英, 尹少华, 等. 进展性缺血性脑卒中患者血糖、C-反应蛋白变化特点及与预后的相关性[J]. *河北医药*, 2021, 43(17): 2589-2593.
- [12] 吴方玲, 胡金花, 黄菊霞, 等. 颈动脉斑块超微血流成像联合颈动脉彩色多普勒血流成像血流动力学参数对进展性缺血性脑卒中的预测价值[J]. *中国医药导报*, 2023, 20(8): 91-94.
- [13] Yan D, Shen Z, Zhang S, et al. Prognostic values of geriatric nutritional risk index (GNRI) and prognostic nutritional index (PNI) in elderly patients with diffuse large b-Cell lymphoma[J]. *J Cancer*, 2021, 12(23): 7010-7017.
- [14] 姜逍瑶, 赵旭东, 鲍磊, 等. 老年营养风险指数对急性缺血性脑卒中患者预后的预测价值[J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2023, 25(1): 35-38.
- [15] Esse R, Barroso M, Tavares de Almeida I, et al. The contribution of homocysteine metabolism disruption to endothelial dysfunction: State-of-the-art[J]. *Int J Mol Sci*, 2019, 20(4): 867.
- [16] Gherghina M E, Peride I, Tiglis M, et al. Uric acid and oxidative stress-relationship with cardiovascular, metabolic, and renal impairment[J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(6): 3188.
- [17] 张力维, 谌雪, 王义成, 等. 颈动脉斑块SMI分级联合血清同型半胱氨酸对进展性缺血性脑卒中的预测价值[J]. *中国超声医学杂志*, 2022, 38(2): 125-128.
- [18] 周媛, 杨小迪. 血尿酸和脑钠肽水平与进展性缺血性脑卒中的相关性研究[J]. *蚌埠医学院学报*, 2016, 41(9): 1152-1154.
- [19] Xu M, Jin S, Li F, et al. The diagnostic value of radial and carotid intima thickness measured by high-resolution ultrasound for ischemic stroke[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2021, 34(1): 72-82.
- [20] Hoyer U C I, Lennartz S, Abdullayev N, et al. Imaging of the extracranial internal carotid artery in acute ischemic stroke: assessment of stenosis, plaques, and image quality using relaxation-enhanced angiography without contrast and triggering (REACT) [J]. *Quant Imaging Med Surg*, 2022, 12(7): 3640-3654.
- [21] 李朝军, 金琳, 王枫, 等. 应用剪切波弹性成像评价急性缺血性脑卒中患者颈动脉弹性及其相关因素[J]. *中华超声影像学杂志*, 2015, 24(7): 571-575.
- [22] 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.
- [23] 孙飞一, 潘晓芳, 贾晓东, 等. 多模态超声检查结合临床预测颈动脉粥样硬化患者缺血性脑卒中或短暂性脑缺血复发[J]. *中国医学影像技术*, 2022, 38(1): 53-58.
- [24] Dabravolski S A, Markin A M, Andreeva E R, et al. Molecular mechanisms underlying pathological and therapeutic roles of pericytes in atherosclerosis[J]. *Int J Mol Sci*, 2022, 23(19): 11663.
- [25] Yao J, Yang Z, Huang L, et al. Low-intensity focused ultrasound-responsive ferrite-encapsulated nanoparticles for atherosclerotic plaque neovascularization theranostics[J]. *Adv Sci (Weinh)*, 2021, 8(19): e2100850.