

## 颈动脉超声斑块特征对冠状动脉粥样硬化性疾病的评估价值

包鑫, 张正义\*

兰州大学第二医院全科医学科 甘肃兰州

**【摘要】** 冠状动脉粥样硬化性疾病 (CAD) 的发病率和死亡率在世界范围内逐年增加。早期发现、预防高危 CAD, 尤其是不典型患者, 对减少心血管相关疾病死亡率、致残率至关重要。颈动脉超声是检测临床动脉粥样硬化和识别 CAD 的一种无创且敏感的筛查方法。常用的评估指标有颈动脉内膜中层厚度、斑块厚度、斑块积分、斑块长度、斑块面积等已被证明与 CAD 相关, 但目前关于哪种颈动脉超声参数是 CAD 的最佳评估指标尚未达成共识。本文将对颈动脉斑块特征对 CAD 评估价值的研究进展做一综述。

**【关键词】** 冠状动脉粥样硬化性疾病; 颈动脉内膜中层厚度; 颈动脉斑块

**【基金项目】** 甘肃省自然科学基金(编号: 20JR10RA716) 甘肃省青年科技基金计划(编号: 20JR10RA762)

### The Value of carotid ultrasound plaque characteristics in the evaluation of coronary atherosclerotic disease

Xin Bao, Zhengyi Zhang\*

Department of General Practice, Lanzhou University Second hospital, Lanzhou, Gansu, China

**【Abstract】** The incidence and mortality of coronary atherosclerotic disease (CAD) is increasing year by year worldwide. Early detection and prevention of CAD, especially in atypical patients, is essential to reduce cardiovascular-related death. Carotid ultrasound is a noninvasive and sensitive screening method for detecting subclinical atherosclerosis and identifying CAD. Commonly used evaluation indicators include carotid intima-media thickness, plaque thickness, plaque score, plaque length and plaque area have been shown to be associated with CAD, but there is no consensus on which carotid ultrasound parameter is the best evaluation indicator of CAD. This article will review the research progress on the value of carotid plaque characteristics in the evaluation of CAD.

**【Keywords】** Coronary Atherosclerotic Disease; Carotid Intima-Media Thickness; Carotid Plaque

冠状动脉粥样硬化性疾病 (Coronary atherosclerotic disease, CAD) 的发病率和死亡率在世界范围内逐年在增加<sup>[1]</sup>。早期发现、预防高危 CAD, 尤其是不典型患者, 对减少心血管相关疾病死亡至关重要<sup>[2]</sup>。诊断 CAD 的常用检测方法有计算机断层扫描血管造影或冠状动脉造影, 然而, 由于有创性、高成本、辐射风险和潜在的肾损伤等原因, 临床较少应用于低危 CAD 患者的筛查。

颈动脉超声是预测亚临床动脉粥样硬化和识别 CAD 的一种非侵入性并且敏感的筛查方法。斑块的定量已被常规用于预测 CAD 的心血管风险,

常用的评估指标有内膜中层厚度 (intima-media thickness, IMT)、斑块的有无、数量、厚度、面积、长度等, 已被证明与 CAD 的发生相关<sup>[3]</sup>。同时 2020 年美国超声心动图学会 (American Society of Echocardiography, ASE) 关于斑块指标的测量方法进行了标准化说明<sup>[4]</sup>。越来越多的研究表明动脉粥样硬化疾病和颈动脉斑块之间存在较强的联系, 然而, 最近报道显示 IMT 对 CAD 的预测价值尚有一定的争议<sup>[5]</sup>。而其他特征如斑块的存在<sup>[6]</sup>、斑块厚度总和<sup>[7]</sup>、斑块面积<sup>[8]</sup>、斑块总体积、斑块的性质<sup>[8]</sup>与 CAD 的相关性目前尚无统一论。迄今为止,

作者简介: 包鑫 (1995-) 男, 甘肃武山人, 2019 年在职硕士, 研究方向: 动脉粥样硬化性心血管疾病  
\*通讯作者: 张正义

关于哪种颈动脉超声检查参数是 CAD 的最佳预测指标尚未阐明, 本文将对颈动脉超声特征对 CAD 的评估价值做一综述。

### 1 颈动脉 IMT 评估价值

颈动脉 IMT 定义为中-外膜界限的前缘与管腔内膜界面前缘之间的间距<sup>[9]</sup>。其对于 CAD 的评估价值目前仍有争议, 因为 IMT 的主要影响因素是年龄和高血压, 同时其很难反映动脉粥样硬化的进程。Javad Alizargar 等<sup>[10]</sup>研究发现, 颈动脉 IMT 是早期亚临床动脉粥样硬化的标志物。前期研究发现<sup>[11-13]</sup>, 与颈总动脉 IMT 相比, 球部 IMT (包括斑块厚度) 是心血管事件 (血管性死亡、心肌梗死和缺血性卒中) 的强预测因子, 而颈总动脉 IMT 斑块的患病率低于球部, 颈动脉斑块负荷的测量比 IMT 更具有预测性。同时, 这意味着在 IMT 中增加斑块厚度使其更能预测事件发生率。Paraskevas, K.I. 等人<sup>[14]</sup>研究发现, 尽管在斑块存在的基础上增加 IMT 未能改善老年 (> 50 岁) 患者动脉事件 (心血管疾病和严重下肢动脉缺血等) 检测能力 (AUC: 0.680+0.020 vs 0.664+0.017,  $P=0.27$ ), 但在年轻人中, 斑块联合 IMT 提高了检测卒中的能力 (AUC: 0.719+0.023 vs 0.631+0.026,  $P<0.001$ )。提示 IMT 联合颈动脉斑块, 可提高年轻患者 (而非老年患者) 的心血管事件 (心血管疾病、心肌梗死等) 预测能力。有研究提出颈动脉 IMT 是 CAD 发生增加和全因死亡增高的独立风险因子<sup>[15]</sup>。但 TSCHIDERER 等人<sup>[16]</sup>研究发现, 单独 IMT 对 CAD 的预测价值很小, 其预测能力劣于颈动脉斑块。临床常认为颈动脉 IMT 是亚临床粥样硬化表现,  $IMT \geq 1\text{mm}$ , 代表动脉粥样硬化早期表现, 然而结合目前研究, 尚无法证实 IMT 增厚与 CAD 的相关性, 单纯的 IMT 增厚不能独立地预测冠脉事件<sup>[17]</sup>。

### 2 颈动脉斑块的评估价值

颈动脉斑块 (Carotid Plaque, CP) 是指突入管腔的局灶性  $IMT > 1.5\text{mm}$  或存在局灶性血管壁增厚  $0.5\text{mm}$  或比周围血管壁增厚  $50\%$ <sup>[18]</sup>。ASE 委员会制定了更为准确的分级标准: 0 级是无突起斑块且  $IMT < 1.5\text{mm}$ , I 级是厚度  $< 1.5\text{mm}$  的突起斑块, II 级是指突起或弥漫性 ( $IMT \geq 1.5\text{mm}$ ) 斑块  $1.5-2.4\text{mm}$ , III 级是指突起或弥漫性斑块  $\geq 2.5\text{mm}$ 。在使用超声筛查的无症状、高危患者 (根据 Framingham

风险评分  $\leq 20\%$  确定为低风险或中等风险) 中, 0 级或 I 级归类为低风险, 无需进一步评价。II 级被视为中度风险, 应进行更仔细的病变研究, 以根据斑块特征 (包括新生血管形成和回声透亮度) 确定斑块是否“易损”, 并将患者升级为高风险类别。III 级斑块患者被归类于高风险。斑块作为 3D 结构, 除测量厚度外, 还可通过评估斑块面积或斑块体积量化斑块大小。斑块测量的一个主要优势是在一定的时间范围内测量斑块的进展/消退。颈动脉超声的空间分辨率为  $0.3\text{mm}$ , 而 IMT 变化仅  $0.15\text{mm}/\text{年}$ , 因此很难准确测定 IMT 的动态变化。与 IMT 不同, 多维超声测量的颈动脉斑块参数与冠状动脉钙化评分高度相关<sup>[19]</sup>, 并可用来预测主要不良心脑血管事件的风险<sup>[20, 21]</sup>。一项纳入 11 项研究的 Meta 分析表明, 颈动脉斑块负荷比 IMT 能更准确地预测未来冠脉事件的发生<sup>[11]</sup>。

斑块负荷常用来评价个体的心血管疾病风险, 而斑块负荷的大小常可通过斑块厚度、斑块面积、斑块横截面积、斑块积分等计算而得。有研究发现, 长期慢性心肌缺血的个体, 其冠脉斑块负荷大于颈动脉斑块负荷, 而对于初发的急性冠脉综合征等患者中, 颈动脉斑块负荷大于冠脉<sup>[22]</sup>, 由此推测, 对于有临床症状的 CAD 患者, 其颈动脉斑块负荷大于无症状人群, 冠脉事件的发生率增加, 也有研究发现, 颈动脉斑块的有无比斑块负荷的大小更能预测冠脉事件的发生。因此, 相比于 IMT, 斑块的有无与 CAD 的相关性更显著。

#### 2.1 斑块厚度

斑块厚度表示斑块从起源沿血管壁向管腔径向突出的程度, 为了减少研究间的变异性, ASE 建议从外膜-中层开始测量, 类似于颈动脉 IMT 测量。在北曼哈顿一项研究 ( $n=2189$  参与者) 中, 受试者平均随访 6.9 年, 与无颈动脉斑块的患者相比, 最大颈动脉斑块厚度  $> 1.9\text{mm}$  的个体发生心血管事件的风险增加 2.8 倍 (风险比 [HR]: 2.80; 95% 置信区间 [CI]: 2.04-3.84)<sup>[20]</sup>。在高风险斑块影像研究中 ( $n=5808$  例受试者; 中位随访时间 2.7 年)<sup>[23]</sup>, CP 可预测未来心血管事件的冠状动脉钙化评分 ( $P<0.001$ ), 同时最大斑块厚度与原发主要心血管事件 (包括心血管性死亡、心肌梗死、卒中) (HR=1.96; 95%CI=0.91-4.25;  $P=0.015$ ) 及继发性

主要心血管事件（包括全因死亡、心肌梗死、缺血性卒中、不稳定心绞痛、冠脉重建）相关（ $HR=3.13$ ； $95\%CI=1.80-5.51$ ； $P<0.001$ ）。其也是评估临床前动脉粥样硬化的更佳指标<sup>[23]</sup>。在一项基于人群的研究中，发现较大的斑块厚度对未来主要心血管事件发生具有较高的预测价值<sup>[24]</sup>。另一项研究同样发现最大斑块厚度 $\geq 1.54mm$ 与冠状动脉性疾病显著相关<sup>[25]</sup>。最大斑块厚度是 2D 超声简便易测量的指标，然而考虑到斑块的立体结构及不规则性，单纯的斑块厚度难以反映真实的斑块负荷。

## 2.2 颈动脉斑块积分

颈动脉斑块积分（Carotid Plaque score, cPS）指左右侧颈动脉上分别测量的所有独立斑块的厚度相加。cPS 的引入显著改善了 CAD 高风险患者的预测能力<sup>[8]</sup>。cPS 是晚期亚临床动脉粥样硬化的敏感标志物<sup>[24, 26]</sup>，与 CAD 患者的主要不良心血管事件密切相关。Akazawa, S.等人<sup>[26]</sup>研究了结合 cPS 和斑块最大值（Plaque max, P-max）、IMT 指标检测阻塞性冠状动脉疾病的有用性，结果发现，尽管颈动脉的 P-max 和 cPS 可作为 CAD 发生的预测指标，但联合了 IMT 时才是无症状糖尿病患者筛查 CAD 的最佳策略，总之，cPS 考虑了颈动脉多部位发生斑块的可能性，更能准确反映颈动脉粥样硬化程度。我们开展了一项回顾性研究，纳入了 1232 例因症状性 CAD 入院行冠脉造影的受试者（年龄  $61.7\pm 9.9$  岁），结果显示，cPS 对阻塞性 CAD 的预测价值（ $AUC=0.713$ ， $95\%CI:0.684-0.742$ ）优于 Framingham 评分（ $AUC=0.684$ ， $95\%CI:0.655-0.714$ ）。

另一种斑块评分（PlaqueScore, PS）测量方式是对双侧颈总动脉的近壁、远壁、分叉和颈内动脉起源（长 1 cm）进行纵向和横向斑块检测评价，评价这 12 个可能部位是否存在斑块。作为斑块负荷定量的一种形式。出现斑块的部位计数得到的评分范围为 0-12。动脉粥样硬化的多种族队列研究发现，PS 与非高密度脂蛋白（ $P=0.013$ ）呈正相关<sup>[27]</sup>。相比与单独斑块厚度，斑块积分更能准确评估颈动脉斑块负荷，与 CAD 的相关性更显著，但因其测量较费时，临床较少使用。

## 2.3 总斑块面积

总斑块面积（Total Plaque area, TPA）定义为双侧颈动脉所有斑块面积之和。在一项风险评分工具

与各种颈动脉超声成像参数（平均、最小和最大 IMT 测量值、IMT 变异性和 TPA）结合的研究中，基于冠状动脉疾病风险因素的评分工具中添加 TPA 可提高风险预测能力，产生 AtheroEdge 复合风险评分，相比单独 TPA 显著提高心血管风险预测能力（ $AUC=0.990>0.81$ ）<sup>[28, 29]</sup>。Colledanchise, K. N.等<sup>[30]</sup>研究发现，在女性中（斑块面积在女性中预测作用更强），TPA 与冠心病的相关性比最大斑块厚度更显著，TPA 每增加  $64.0 mm^2$ ，预测显著冠心病的几率升高 3.6 倍。与斑块数量或 IMT 相比，TPA 可更全面地测量亚临床动脉粥样硬化的总负荷<sup>[31]</sup>。同时研究发现腹型肥胖与 TPA 进展的相关性更强。推测其相关性主要由已知的心脏代谢标志物介导<sup>[14, 32]</sup>。因此有研究提出，TPA 在预测 5 年卒中/心肌梗死发生风险方面优于传统评分工具如 Framingham 评分等，但仍需要大样本研究进一步证实。

## 2.4 斑块横截面积

斑块横截面积的测量较斑块长度稍复杂。Ahmed Mohamed 等人<sup>[33]</sup>研究发现斑块横截面积  $\geq 0.36 cm^2$  和斑块长度  $\geq 1.65 cm$  与症状性颈内动脉狭窄相关。在轻度颈内动脉狭窄（20-40%）的患者中，大斑块可能增加缺血性卒中或短暂性脑缺血发作的风险。颈动脉斑块面积是对卒中风险分层，监测主要血管疾病及预防性治疗的有用参数。无症状颈动脉狭窄和卒中风险研究（Asymptomatic Carotid Stenosis and Risk of Stroke, ACSRS）表明，超声测量的斑块面积增加与无症状颈内动脉狭窄（12-99%）的未来同侧卒中发生率增加相关<sup>[34]</sup>。ACSRS 研究中斑块面积的中位数为  $0.42 (0.27-0.6) cm^2$ ，斑块面积  $>0.8 cm^2$  与较高的同侧卒中风险相关。

Colledanchise, K. N.等人<sup>[30]</sup>纳入 500 例受试者（34%为女性）。受试者分别在在冠状动脉造影后接受颈动脉和股动脉超声检查来量化最大斑块厚度和斑块面积。在校正年龄和心血管危险因素后，使用回归分析确定斑块负荷与阻塞性 CAD 受累血管狭窄（ $>50\%$ 狭窄）的相关性。通过对股总动脉和颈动脉总斑块面积的联合分析，发现其对女性发生冠心病的预测能力最强（ $AUC=0.764$ ，截断值= $42.0 mm^2$ ，敏感性=86%，特异性=53%）。在单个血管节段斑块负荷与冠心病的相关性研究中，发现所有股动脉和颈动脉斑块负荷节段测量值与血管造影评分

增加显著相关, 斑块负荷从 0 到 3 分增加, 冠状动脉病变范围同步由无病变到三支血管病变改变。调整心血管危险因素后, 与近端股动脉节段斑块相比, 股总动脉斑块与血管造影评分 ( $r=0.37$ ,  $P<0.01$ ) 和冠心病严重程度 ( $r=0.35$ ,  $P<0.01$ ) 的相关性最强。

### 2.5 斑块长度

斑块长度定义为沿颈动脉纵轴测得的独立斑块最大长径。最大斑块长度 (Maximum Carotid Plaque length, Max-CPL) 指双侧颈动脉所有斑块的最大长度。即同时记录左侧 (左最大 CPL) 和右侧颈动脉 (右最大 CPL) 的最大 CPL。Finn, AV 等人<sup>[34, 35]</sup>发现, 颈动脉斑块以血流轴线生长, 斑块长度变化比厚度快 2.4 倍。斑块体积和面积在 3 个月内即发生可观测变化, 因此它们是非常有效的指导预防性治疗的指标。Tang, W 等人<sup>[36]</sup>纳入了 2149 例连续的受试者, 均完善了首次冠状动脉造影和颈动脉超声检查, 颈超测量了 IMT、PS 和 CPL。冠脉造影检查结果提示 1408 例 (65.5%) CAD 患者。结果显示 CAD 患者的最大 CPL 长于非 CAD 患者 ( $P<0.001$ )。Gensini 评分测量的 CAD 严重程度与 Max-CPL ( $r_s=0.560$ ) 显著相关, 其次为 PS ( $r_s=0.486$ ) 和平均 IMT ( $r_s=0.292$ )。最大 CPL $>8.8$  mm 的大多数患者 (89.7%) 存在 CAD, Max-CPL $<2.3$  mm 的大多数受试者 (64.4%) 未发生 CAD。即使在校正传统危险因素 (Traditional risk factors, TRF) 后, Max-CPL 仍是发生阻塞性 CAD 的独立预测因子。与 PS (AUC = 0.769) 或平均 IMT (AUC = 0.634) 相比, Max-CPL 具有最高的预测价值 (AUC = 0.819), 这进一步表明 Max-CPL 是 CAD 严重程度的有力预测因子。同时发现在 TRF 中加入 Max-CPL 显著提高了对严重 CAD 的预测能力 (AUC = 0.832; 净重新分类改善指数 [NRI] = 0.431)。该研究首次发现, Max-CPL 在预测 CAD 的存在和严重程度方面比 PS 及 IMT 具有更好的独立和增量价值, 然而我们开展的研究提示在预测阻塞性 CAD 方面, PS 优于 Max-CPL (AUC=0.713 vs 0.697)。

### 2.6 斑块性质

斑块的成分主要包括脂质、纤维和钙化物等。其中脂质为低回声, 纤维为强回声不伴有声影, 钙化物为强回声伴声影。斑块组成成分所占比例大小与冠状动脉性疾病相关。斑块内脂质含量高、表面

纤维帽薄或已破裂、表面不规则等属于高风险斑块, 即易损斑块。目前认为大多数心血管事件是由易损斑块引起的。这类斑块容易破裂, 部分原因是钙化、表面不规则、新生血管形成。斑块易损性可能是一个系统过程, 易损病变可能在血管床的多个部位共存。前期研究表明斑块易损性取决于其组成成分, 而非斑块厚度或负荷等<sup>[37]</sup>。斑块钙化长度定义为将每个斑块内的钙化病变声像图相加计算得出。当观察到表面不规则 $>0.4$ mm 时, 将斑块表面归类为不规则。Nonin, S 等人<sup>[38]</sup>研究发现, 钙化长度 ( $P<0.05$ ) 和表面不规则 ( $P<0.01$ ) 与总不良心血管事件独立相关。在 CAD 患者中, 钙化长度和斑块表面不规则可能具有超出传统风险分类的额外预测价值。在一项纳入 468 例至少一支颈动脉有斑块的受试者中<sup>[39]</sup>, 利用计算机图像处理软件对斑块成分进行了组织样类型的评估: 灰度范围 0-4 (血液)、8-26 (脂肪)、41-76 (肌肉)、112-196 (纤维) 和 211-255 (钙化), 研究发现钙化百分比是显著 CAD 的独立预测因素 ( $P<0.01$ )。表明颈动脉斑块纤维性和钙样组织与 CAD 增加相关。脂肪百分比或钙百分比升高与心血管事件的风险相关。可能的原因是, 斑块应力性取决于钙化是否在管腔表面或远离管腔处聚集, 此时钙化斑块中存在更多的钙沉积, 从而降低了最大斑块应力能力。Chung, H 等人<sup>[40]</sup>研究发现斑块内新生血管 (intraplaque neovascularization, IPN) 的患者测得最大斑块厚度大于无 IPN 的患者 ( $2.86\pm 1.01$  vs.  $2.61\pm 0.84$  mm,  $P=0.046$ ), 但其不能比其他常见临床因素更好地预测心血管结局。然而 SONG Y 等人<sup>[41]</sup>发现 IPN 可预测显著和复杂的 CAD 以及未来的心血管事件。超声造影评估的颈动脉 IPN 是高风险心脏病患者心血管风险分层的临床有用工具。目前关于颈动脉斑块性质预测冠脉斑块性质的研究较少, 颈动脉超声斑块特征是否能预测 CAD 的严重程度还需进一步证实, 目前随着 3D 血管超声、超微血流成像及血管内超声的应用, 对于斑块性质的测量更趋于准确。

### 3 颈动脉 IMT 与颈动脉斑块

动脉粥样硬化是一种累及全身多血管的疾病, 包括炎症、内皮功能障碍、氧化、脂质蓄积、血管平滑肌细胞增殖和迁移等共同参与, 部分研究表明 IMT 是动脉粥样硬化性血管壁重塑的早期标志物。

然而, 常规 B 型超声技术无法精确区分颈动脉内膜层和中层, 早期研究证实内膜中层厚度占中膜的大部分, 仅占内膜的少部分 (约 80%vs 20%)<sup>[42]</sup>。而颈动脉斑块主要是发生在动脉内膜层的粥样硬化过程。因此, 有研究认为 IMT 增厚并不能准确反映动脉粥样硬化的早期阶段, 而是反映了动脉对高血压的过度反应。因此 IMT 不能恰当反映颈动脉斑块的发生和发展。Tschiderer 等人<sup>[16]</sup>开展的一项 Meta 分析结果显示基线 IMT 升高与首次颈动脉斑块的发生率相关。该研究共纳入 7 项前瞻性研究 (n=9341 人, 基线平均年龄 54 岁, 女性 63%), 因各研究测量 IMT 及斑块标准不完全统一, 其结果信度较低。随着人工智能及机器学习在医疗领域的应用, 未来的研究更趋于整合临床可及的数据, 利用图像处理技术等建立 CAD 预测模型, 前期研究也证实, 整合了颈动脉超声特征和传统危险因素后可以大幅提高 CAD 的预测准确性<sup>[43, 44]</sup>。

#### 4 小结与展望

冠脉造影检查及冠脉 CTA 诊断高危 CAD 患者的价值已得到证实。而颈动脉超声用于筛查低危 CAD 患者的应用价值越来越被关注。目前研究表明, 颈动脉超声特征如颈动脉内膜中层厚度、斑块的存在、斑块厚度总和、斑块面积、斑块长度、斑块组织类型等与冠状动脉粥样硬化性疾病有一定的相关性。但 IMT 对冠状动脉性心脏病的评估价值有限, 结合颈动脉斑块参数如斑块厚度、斑块面积能更好的评估冠状动脉病变程度。颈动脉斑块积分和长度可能是评估 CAD 的更便捷, 高效的测量指标。整合斑块积分、斑块长度及传统心血管危险因素建立 CAD 评估预测模型, 能够提高 CAD 预测敏感性, 可能是未来基层开展低危 CAD 高风险人群筛查的有效工具, 需要更多的多中心、大样本前瞻性研究来进一步验证。

#### 参考文献

- [1] ROTH G A, HUFFMAN M D, MORAN A E, et al. Global and regional patterns in cardiovascular mortality from 1990 to 2013 [J]. *Circulation*, 2015, 132(17): 1667-78.
- [2] TEN KATE G L, TEN KATE G J, VAN DEN OORD S C, et al. Carotid plaque burden as a measure of subclinical coronary artery disease in patients with heterozygous familial hypercholesterolemia [J]. *The American journal of cardiology*, 2013, 111(9): 1305-10.
- [3] JEEVARETHINAM A, VENURAJU S, WEYMOUTH M, et al. Carotid intimal thickness and plaque predict prevalence and severity of coronary atherosclerosis: a pilot study [J]. *Angiology*, 2015, 66(1): 65-9.
- [4] JAMTHIKAR A D, GUPTA D, PUVVULA A, et al. Cardiovascular risk assessment in patients with rheumatoid arthritis using carotid ultrasound B-mode imaging [J]. *Rheumatol Int*, 2020, 40(12): 1921-39.
- [5] YEBOAH J, MCCLELLAND R L, POLONSKY T S, et al. Comparison of novel risk markers for improvement in cardiovascular risk assessment in intermediate-risk individuals [J]. *JAMA*, 2012, 308(8): 788-95.
- [6] PARK H W, KIM W H, KIM K H, et al. Carotid plaque is associated with increased cardiac mortality in patients with coronary artery disease [J]. *International journal of cardiology*, 2013, 166(3): 658-63.
- [7] IKEDA N, KOGAME N, IJIMA R, et al. Carotid artery intima-media thickness and plaque score can predict the SYNTAX score [J]. *European heart journal*, 2012, 33(1): 113-9.
- [8] WU N, CHEN X, LI M, et al. Predicting obstructive coronary artery disease using carotid ultrasound parameters: A nomogram from a large real-world clinical data [J]. *European journal of clinical investigation*, 2018, 48(8): e12956.
- [9] DE KORTE C, FEKKES S, NEDERVEEN A, et al. Review: Mechanical Characterization of Carotid Arteries and Atherosclerotic Plaques [J]. 2016, 63(10): 1613-23.
- [10] ALIZARGAR J, BAI C H. Factors associated with carotid Intima media thickness and carotid plaque score in community-dwelling and non-diabetic individuals [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2018, 18(1): 21.
- [11] NABA Y, CHEN J A, BERGMANN S R. Carotid plaque, compared with carotid intima-media thickness, more accurately predicts coronary artery disease events: a meta-analysis [J]. *Atherosclerosis*, 2012, 220(1): 128-33.
- [12] KOZLOV S, BALACHONOVA T, MACHMUDOVA H,

- et al. Carotid atherosclerosis, endothelial dysfunction, and arterial stiffness in young and middle-aged men with coronary artery disease [J]. *International journal of vascular medicine*, 2012, 2012(950130).
- [13] GRUBIC N, COLLEDANCHISE K N, LIBLIK K, et al. The Role of Carotid and Femoral Plaque Burden in the Diagnosis of Coronary Artery Disease [J]. *Curr Cardiol Rep*, 2020, 22(10): 121.
- [14] PARASKEVAS K I, SILLESEN H H, RUNDEK T, et al. Carotid Intima-Media Thickness Versus Carotid Plaque Burden for Predicting Cardiovascular Risk [J]. *Angiology*, 2020, 71(2): 108-11.
- [15] CAO X, ZHANG J, GENG D. Use of oral anticoagulant drugs is associated with carotid intraplaque hemorrhage in atherosclerosis patients: a meta-analysis [J]. *J Thromb Thrombolysis*, 2019, 48(1): 68-76.
- [16] TSCHIDERER L, KLINGENSCHMID G, SEEKIRCHER L, et al. Carotid intima-media thickness predicts carotid plaque development: Meta-analysis of seven studies involving 9341 participants [J]. *Eur J Clin Invest*, 2020, 50(4): e13217.
- [17] AMATO M, VEGLIA F, DE FAIRE U, et al. Carotid plaque-thickness and common carotid IMT show additive value in cardiovascular risk prediction and reclassification [J]. 2017, 263(412-9).
- [18] TOUBOUL P J, HENNERICI M G, MEAIRS S, et al. Mannheim carotid intima-media thickness and plaque consensus (2004-2006-2011). An update on behalf of the advisory board of the 3rd, 4th and 5th watching the risk symposia, at the 13th, 15th and 20th European Stroke Conferences, Mannheim, Germany, 2004, Brussels, Belgium, 2006, and Hamburg, Germany, 2011 [J]. *Cerebrovascular diseases (Basel, Switzerland)*, 2012, 34(4): 290-6.
- [19] CHUNG H, KIM B Y, KIM H S, et al. Long-Term Clinical Effects of Carotid Intraplaque Neovascularization in Patients with Coronary Artery Disease [J]. *Korean J Radiol*, 2020, 21(7): 900-7.
- [20] RUNDEK T, ARIF H, BODEN-ALBALA B, et al. Carotid plaque, a subclinical precursor of vascular events: the Northern Manhattan Study [J]. 2008, 70(14): 1200-7.
- [21] SILLESEN H, SARTORI S, SANDHOLT B, et al. Carotid plaque thickness and carotid plaque burden predict future cardiovascular events in asymptomatic adult Americans [J]. *European heart journal cardiovascular Imaging*, 2018, 19(9): 1042-50.
- [22] LEBLANC S, BIBEAU K, BERTRAND O, et al. Carotid versus coronary atherosclerosis burdens in acute compared with chronic symptomatic coronary artery disease [J]. 2017, 95(8): 878-87.
- [23] MATHIESEN E B, JOHNSEN S H, WILSGAARD T, et al. Carotid plaque area and intima-media thickness in prediction of first-ever ischemic stroke: a 10-year follow-up of 6584 men and women: the Tromsø Study [J]. *Stroke*, 2011, 42(4): 972-8.
- [24] JOHRI A M, LAJKOSZ K A, GRUBIC N, et al. Maximum plaque height in carotid ultrasound predicts cardiovascular disease outcomes: a population-based validation study of the American society of echocardiography's grade II-III plaque characterization and protocol [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2021, 37: 1601-1610.
- [25] ADAMS A, BOJARA W, SCHUNK K. Early Diagnosis and Treatment of Coronary Heart Disease in Asymptomatic Subjects With Advanced Vascular Atherosclerosis of the Carotid Artery (Type III and IV b Findings Using Ultrasound) and Risk Factors [J]. *Cardiology research*, 2018, 9(1): 22-7.
- [26] AKAZAWA S, TOJIKUBO M, NAKANO Y, et al. Usefulness of carotid plaque (sum and maximum of plaque thickness) in combination with intima-media thickness for the detection of coronary artery disease in asymptomatic patients with diabetes [J]. *J Diabetes Investig*, 2016, 7(3): 396-403.
- [27] CEPONIENE I, LI D, EL KHOUDARY S R, et al. Association of Coronary Calcium, Carotid Wall Thickness, and Carotid Plaque Progression With Low-Density Lipoprotein and High-Density Lipoprotein Particle

- Concentration Measured by Ion Mobility (From Multiethnic Study of Atherosclerosis [MESA]) [J]. *Am J Cardiol*, 2021, 142(52-8).
- [28] KHANNA N N, JAMTHIKAR A D, GUPTA D, et al. Effect of carotid image-based phenotypes on cardiovascular risk calculator: AECRS1.0 [J]. *Med Biol Eng Comput*, 2019, 57(7): 1553-66.
- [29] LEE S W, KIM H C, LEE Y H, et al. Association between HbA1c and carotid atherosclerosis among elderly Koreans with normal fasting glucose [J]. *PloS one*, 2017, 12(2): e0171761.
- [30] COLLEDANCHISE K N, MANTELLA L E, BULLEN M, et al. Combined Femoral and Carotid Plaque Burden Identifies Obstructive Coronary Artery Disease in Women [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2020, 33(1): 90-100.
- [31] CROCA S C, GRIFFIN M, FARINHA F, et al. Total plaque area and plaque echogenicity are novel measures of subclinical atherosclerosis in patients with systemic lupus erythematosus [J]. *Rheumatology (Oxford)*, 2021, 60(9): 4185-4198
- [32] IMAHORI Y, MATHIESEN E B, MORGAN K E, et al. The association between anthropometric measures of adiposity and the progression of carotid atherosclerosis [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2020, 20(1): 138.
- [33] ELHFNAWY A M, VOLKMANN J, SCHLIESSER M, et al. Symptomatic vs. Asymptomatic 20-40% Internal Carotid Artery Stenosis: Does the Plaque Size Matter? [J]. *Front Neurol*, 2019, 10(960).
- [34] NICOLAIDES A N, KAKKOS S K, KYRIACOU E, et al. Asymptomatic internal carotid artery stenosis and cerebrovascular risk stratification [J]. *Journal of vascular surgery*, 2010, 52(6): 1486-96.e1-5.
- [35] FINN A V, KOLODZIE F D, VIRMANI R. Correlation between carotid intimal/medial thickness and atherosclerosis: a point of view from pathology [J]. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2010, 30(2): 177-81.
- [36] TANG W, SHEN X, LI H, et al. The independent and incremental value of ultrasound carotid plaque length to predict the presence and severity of coronary artery disease: analysis from the carotid plaque length prospective registry [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2020, 21(4): 389-96.
- [37] SELWANESS M, BOS D, VAN DEN BOUWHUIJSEN Q, et al. Carotid Atherosclerotic Plaque Characteristics on Magnetic Resonance Imaging Relate With History of Stroke and Coronary Heart Disease [J]. 2016, 47(6): 1542-7.
- [38] NONIN S, IWATA S, SUGIOKA K, et al. Plaque surface irregularity and calcification length within carotid plaque predict secondary events in patients with coronary artery disease [J]. *Atherosclerosis*, 2017, 256(29-34).
- [39] BABANIAMANSOUR P, MOHAMMADI M, BABANIAMANSOUR S, et al. The Relation between Atherosclerosis Plaque Composition and Plaque Rupture [J]. *J Med Signals Sens*, 2020, 10(4): 267-73.
- [40] MANTELLA L E, COLLEDANCHISE K N, HETU M F, et al. Carotid intraplaque neovascularization predicts coronary artery disease and cardiovascular events [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2019, 20(11): 1239-47.
- [41] SONG Y, DANG Y, WANG J, et al. Carotid Intraplaque Neovascularization Predicts Ischemic Stroke Recurrence in Patients with Carotid Atherosclerosis [J]. *Gerontology*, 2021, 1-8.
- [42] SARDELI A V, GASPARI A F, DE ROSSI G, et al. Carotid intima-media thickness is associated with media rather than intima thickness [J]. *Atherosclerosis*, 2017, 261(169-71).
- [43] JAMTHIKAR A D, GUPTA D, MANTELLA L E, et al. Multiclass machine learning vs. conventional calculators for stroke/CVD risk assessment using carotid plaque predictors with coronary angiography scores as gold standard: a 500 participants study [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2020, 37(4):1171-1187.
- [44] JAMTHIKAR A D, GUPTA D, SABA L, et al. Artificial intelligence framework for predictive cardiovascular and stroke risk assessment models: A narrative review of integrated approaches using carotid ultrasound [J]. *Comput Biol Med*, 2020, 126(104043).

**收稿日期:** 2021 年 10 月 14 日

**出刊日期:** 2021 年 11 月 11 日

**引用本文:** 包鑫, 张正义, 颈动脉超声斑块特征对冠状动脉粥样硬化性疾病的评估价值[J]. 国际临床研究杂志, 2021, 5(4) : 24-31.

DOI: 10.12208/j.ijcr.20210034

**检索信息:** RCCSE 权威核心学术期刊数据库、中国知网 (CNKI Scholar)、万方数据 (WANFANG DATA)、Google Scholar 等数据库收录期刊

**版权声明:** ©2021 作者与开放获取期刊研究中心 (OAJRC) 所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**