

# 不同超声技术评价颈动脉弹性的研究进展

董虹美 冉素真

**摘 要** 颈动脉位置表浅且固定,检测方便,重复性好,可作为动脉粥样硬化病变的检测窗口。颈动脉粥样硬化包括颈动脉结构和功能的改变,颈动脉功能降低通常指动脉弹性减低,出现在结构改变前。临床应用不同超声技术检测颈动脉弹性作为提示全身血管硬化的重要指标,用于评估血管早期病变,已成为早期筛查及防治心血管疾病的重要方法。本文就不同超声技术评估颈动脉弹性的研究进展进行综述。

**关键词** 超声检查;颈动脉,弹性

[中图分类号]R445.1

[文献标识码]A

## Progress of carotid artery elasticity evaluated by different ultrasound techniques

DONG Hongmei, RAN Suzhen

Department of Ultrasound, Chongqing Health Center for Women and Children, Chongqing 401147, China

**ABSTRACT** Carotid artery has been used as the detection window for atherosclerotic lesions due to its superficial and fixed position, convenient for detection and good repeatability. Carotid atherosclerosis includes changes in the structure and function of the carotid arteries. Decreased carotid function usually refers to decreased elasticity of the arteries before structural changes. In clinic, carotid artery elasticity is used as an important indicator of systemic vascular sclerosis detected by different ultrasonic techniques. This article reviews the current status and progress of clinical research on evaluating carotid artery elasticity with different ultrasound techniques.

**KEY WORDS** Ultrasonography; Carotid artery, elasticity

动脉粥样硬化(atherosclerosis, As)是由多种病因及危险因素引起的可累及全身多处血管的慢性炎症性疾病,严重威胁人类健康。基于对疾病早期防治的原则,As前期病变的识别和干预已成为研究热点,而动脉血管壁弹性降低、硬度增加被认为是血管损害的早期表现。颈动脉粥样硬化包括颈动脉结构和功能的改变,结构改变通常指内-中膜厚度(intima-media thickness, IMT)增厚或各类斑块的形成,可以通过常规超声进行检测。而颈动脉功能降低的出现时间早于结构改变,通常指动脉硬度增加、弹性减低。颈动脉位置表浅、固定,且管壁层次清晰,可作为全身动脉检查的窗口,颈动脉超声在显示动脉壁结构、判断有无斑块形成及斑块位置、性质、稳定性,以及评价血管狭窄程度等方面均有一定优势。近年来,基于脉搏波传导及血管壁位移等检测颈动脉弹性功能的新方法在预测As的发生发展中具有一定作用。本文就不同超声技术评估颈动脉弹性的研究进展进行综述。

### 一、As的发病机制

As从发生到最终出现临床症状的病理过程大致分为4个阶段:①多种原因造成的血管内皮细胞损伤;②脂质沉积、单核细胞黏附及泡沫细胞形成;③平滑肌细胞由中层向内膜移行、增殖;④动脉粥样硬化斑块形成。As在细胞水平上表现为血管内皮细胞和平滑肌细胞形态的改变、单核细胞和淋巴细胞的局部聚集及泡沫细胞的形成等;在组织学上表现为血管胶原纤维和弹力纤维的增加、动脉管壁增厚和动脉狭窄,使所灌注的器官功能减退、衰竭<sup>[1-2]</sup>。

### 二、不同超声技术评价颈动脉弹性

1. 极速脉搏波(ultrafast pulse wave velocity, UFPWV)技术:传统的脉搏波传导速度(pulse wave velocity, PWV)仅能测量两处血管之间的平均速度和两点间血管弹性的平均值,且受血压等因素的影响使得测值的误差较大<sup>[3-4]</sup>。UFPWV可直接测量一个心动周期局部血管收缩期起始(beginning of the systole, BS)

基金项目:重庆市卫生健康委员会2012年医学科研计划重点项目(2012-1-076)

作者单位:401147 重庆市妇幼保健院超声科

通讯作者:冉素真, Email: ransuzhen0000@163.com

的 PWV 和收缩期结束(end of the systole, ES) 的 PWV, 以此表示局部血管弹性, 一定程度上提高了检查的准确性<sup>[5]</sup>。Mirault 等<sup>[6]</sup>应用 UFPWV 技术对健康个体和血管型 Ehlers-Danlo 综合征患者颈动脉舒张收缩特征进行研究, 发现该方法能有效评价因年龄和胶原蛋白缺陷导致的颈动脉弹性下降。李惠玲等<sup>[7]</sup>应用 UFPWV 技术评价肝炎后肝硬化患者的颈总动脉弹性, 结果显示其两侧颈总动脉 PWV-BS、PWV-ES 与 IMT 均呈正相关(均  $P < 0.05$ ), 提示肝炎后肝硬化患者动脉弹性在颈动脉出现形态改变前就已经降低, 且降低程度与肝硬化的病程相关。黄辉等<sup>[8]</sup>应用 UFPWV 技术检测 As 风险组和正常对照组的 PWV-BS、PWV-ES, 结果显示两组 PWV-BS 和 PWV-ES 比较差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ ), 提示 UFPWV 技术可作为动脉粥样硬化风险人群的预测和评估手段。

2. 超声二维应变成像技术: 该技术是应用分析软件对心动周期中所选定感兴趣区的二维图像进行自动分析, 自动追踪不同像素的组织在每一帧图像的位置, 并计算各节段组织的变形, 该方法能准确获得该处组织的运动位移、速度、应变等, 多用于研究心肌运动<sup>[9]</sup>。颈动脉是典型的弹性动脉, 在心动周期中具有类似心肌的扩张及回缩运动, 以保障血液的持续前向流动, 根据动脉壁的这种运动特点, 其弹性功能也可以通过超声二维应变成像技术进行分析。Bjällmark 等<sup>[10]</sup>应用超声二维应变成像识别特定的声学标记斑点, 在整个心脏周期逐帧跟踪这些斑点, 计算血管组织在心动周期中的运动和变形(应变), 评价不同年龄人群的颈动脉弹性, 以检测颈总动脉弹性随年龄变化的差异, 并与常规血管硬度测量方法进行比较, 结果表明超声二维应变成像技术评价颈动脉弹性更加敏感。Black 等<sup>[11]</sup>应用二维血管应变成像技术评价急性阻力训练对颈动脉应变和应变率的影响, 结果表明在一次低强度和中等强度的双腿按压运动中, 颈动脉会发生收缩期应变率的急性变化, 而不会发生舒张期的动脉壁应变率力学变化, 提示血管收缩反应是运动后血管表现出的一种保护机制, 可以缓冲和抵抗运动开始相关的血压升高, 防止大脑微血管损伤。李秀云等<sup>[12]</sup>根据 IMT 厚度将 2 型糖尿病患者分为 IMT 增厚组和 IMT 正常组, 行 6 个月规范化治疗后应用超声二维应变成像技术评价两组治疗前后颈动脉弹性, 结果表明规范化治疗可明显改善糖尿病患者颈动脉弹性功能, 而结构改善(IMT 厚度变化)不明显。

3. 实时剪切波弹性成像(real-time shear wave elastography, SWE)技术: SWE 技术能实时追踪、捕获探头发射的脉冲激发组织产生的剪切波, 以此判断组织硬度。动脉的弹性模量按其运动方向分为环向弹性模量和纵向弹性模量, 是评估动脉弹性的重要指标, 其中纵向弹性模量是环向弹性模量的 3 倍<sup>[13-14]</sup>。李朝军等<sup>[15]</sup>应用 SWE 技术检测急性缺血性脑卒中患者和正常对照组双侧颈动脉弹性模量参数, 结果发现脑卒中患者颈动脉纵向弹性模量参数均大于正常对照组, 差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ ), 证明 SWE 技术可以检测颈动脉纵向弹性模量, 评价动脉僵硬。Alis 等<sup>[16]</sup>应用 SWE 测量白塞病患者和正常人群的颈动脉弹性, 发现白塞病患者颈动脉 IMT 和血管壁硬度均高于

正常人群, 差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ ), 可用于解释白塞病血管内皮功能障碍所导致的动脉硬化, 评估心血管疾病的风险。杨寒凝等<sup>[17]</sup>应用 SWE 和彩色脉搏波成像技术比较不同程度高血压患者颈总动脉纵向和环向血管壁硬度, 结果显示随着高血压程度的增高, 颈总动脉的弹性模量值和脉搏波速度均呈增高趋势, 且两者具有一致性, 为高血压病的分级诊断提供了有价值的参考。

4. 血管回声跟踪(echo-tracking, ET)技术: ET 技术可对血管壁运动轨迹进行实时监测、描记, 并采集信号进行分析, 计算血管内径的变化, 从而获得压力-应变弹性系数( $E_p$ )、顺应性(AC)、硬化指数( $\beta$ )、增大指数(AI)等反映动脉弹性变化的相关参数, 并通过血压值计算血管的硬化程度。另外, 射频信号能更清晰地显示血管壁结构, 准确测量 IMT<sup>[18-19]</sup>。Yu 等<sup>[20]</sup>应用 ET 技术评估接受稳定血液透析治疗的终末期肾病患者颈动脉  $E_p$ 、 $\beta$  与 PWV 的关系, 同时检测血糖、血脂及血清肌酐, 结果发现颈动脉  $E_p$ 、 $\beta$  与 PWV 之间相关性良好( $r=0.456$ 、 $0.426$ , 均  $P=0.000$ ); 对多个变量进行多元线性回归分析, 发现糖尿病和年龄是影响血液透析患者动脉弹性的独立危险因素(均  $P < 0.05$ ), 认为 ET 技术是一种能敏感、准确评估动脉弹性的方法。Ershova 等<sup>[21]</sup>为评估高血脂对动脉弹性功能的影响, 将家族性高胆固醇患者与同一年龄段血脂正常的一级亲属进行对比研究, 使用 ET 技术对受检者颈动脉弹性功能进行检测, 结果发现高胆固醇患者颈动脉 AC、 $\beta$ 、 $E_p$  及 PWV 均显著低于血脂正常的一级亲属(均  $P < 0.05$ ), 证实高血脂血症能引起动脉弹性功能的降低。Yang 等<sup>[22]</sup>应用 ET 技术检测经冠状动脉造影证实的冠状动脉血流缓慢组和血流正常组颈动脉弹性, 结果显示冠状动脉血流缓慢组  $\beta$ 、 $E_p$  及局部 PWV 均明显高于血流正常组, 而 AC 低于血流正常组(均  $P < 0.05$ ), 血清高敏感性 C 反应蛋白与颈动脉  $\beta$ 、 $E_p$  及 PWV 均呈正相关, 与 AC 呈负相关(均  $P < 0.05$ ); 证明冠状动脉血流缓慢患者颈动脉硬度增高, 且与血清 hs-HSCRP 水平相关。

### 三、总结与展望

超声可以直接反映动脉血管的结构和功能, 其评价颈动脉弹性已在临床广泛应用, 为早期发现动脉弹性的改变及干预其发生发展提供了更多信息, 但也存在一定的弊端, UFPWV 技术检查的是一个心动周期的局部血管硬度, 准确率较低, 需测量多个心动周期后取平均值, 且对操作者的手法依赖较大; 超声二维应变成像技术检测血管壁弹性除受血压的影响外, 还依赖仪器的帧频, 且检测结果不能完全代表血管壁的空间位移; SWE 检测结果对操作者手法的依赖较大; ET 技术获得的血管硬度指数需结合测量时的血压值进行推算, 故其受血压的影响较大。相信随着科技的发展, 超声对颈动脉弹性的评价将更方便、客观、准确。

### 参考文献

- [1] 史旭波, 胡大一. 动脉粥样硬化发病机制的新认识[J]. 临床荟萃, 2006, 21(24): 1751-1753.

- [2] Zhang P, Guo R, Li Z, et al. Effect of smoking on common carotid artery wall elasticity evaluated by echo tracking technique[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2014, 40(3):643-649.
- [3] Hou JS, Wang CH, Lai YH, et al. Negative correlation of serum adiponectin levels with carotid-femoral pulse wave velocity in patients treated with hemodialysis [J]. *Biol Res Nursing*, 2018, 20(4):462-468.
- [4] 宿愿, 钱林学, 张宏. 超声测量脉搏波传导速度评估血管弹性研究进展[J]. *中国医学装备*, 2016, 13(12):62-65.
- [5] 赖珍珠, 陈莉. 不同脉搏波传导速度测量方法评估维持性血液透析患者动脉弹性的研究进展[J]. *中国介入影像与治疗学*, 2019, 16(3):190-193.
- [6] Mirault T, Pernot M, Frank M, et al. Carotid stiffness change over the cardiac cycle by ultrafast ultrasound imaging in healthy volunteers and vascular Ehlers - Danlos syndrome[J]. *J Hyperten*, 2015, 33(9):1890-1896.
- [7] 李惠玲, 黄辉, 栾云. UFPWV技术在定量评价肝炎后肝硬化患者颈总动脉弹性中的应用价值[J]. *南京医科大学学报(自然科学版)*, 2018, 38(6):824-826.
- [8] 黄辉, 朱正球, 栾云, 等. 超极速超声成像脉搏波技术在早期颈动脉粥样硬化风险动态评估中的应用价值[J]. *东南大学学报(医学版)*, 2017, 36(1):9-13.
- [9] Dandel M, Hetzer R. Echocardiographic strain and strain rate imaging clinical applications[J]. *Int J Cardiol*, 2009, 132(1):11-24.
- [10] Bjällmark A, Lind B, Peolsson M, et al. Ultrasonographic strain imaging is superior to conventional non-invasive measures of vascular stiffness in the detection of age-dependent differences in the mechanical properties of the common carotid artery [J]. *Eur J Echocardiogr*, 2010, 11(7):630-636.
- [11] Black JM, Stöhr EJ, Stone K, et al. The effect of an acute bout of resistance exercise on carotid artery strain and strain rate[J]. *Physiol Rep*, 2016, 4(17):e12959.
- [12] 李秀云, 郑金珏, 叶蔓菁, 等. 超声二维应变成像评价规范化治疗对2型糖尿病患者颈动脉弹性的影响[J]. *中国慢性病预防与控制*, 2018, 26(8):601-603.
- [13] Maksuti E, Bini F, Fiorentini S, et al. Influence of wall thickness and diameter on arterial shear wave elastography: a phantom and finite element study[J]. *Phys Med Biol*, 2017, 62(7):2694-2718.
- [14] 敬雷, 叶新华, 董叶, 等. 剪切波弹性成像评价不同回声颈动脉斑块的弹性特征[J]. *临床超声医学杂志*, 2016, 18(7):459-462.
- [15] 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.
- [16] Alis D, Durmaz E, Civcik C, et al. Assessment of the common carotid artery wall stiffness by shear wave elastography in Behcet's disease[J]. *Med Ultrason*, 2018, 20(4):446-452.
- [17] 杨寒凝, 杨谧, 孙月, 等. 实时剪切波弹性成像及彩色脉搏波成像技术评估不同级别高血压患者颈总动脉弹性[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2018, 15(9):679-685.
- [18] 张宏, 胡向东, 钱林学. 血管回声跟踪技术的研究进展与展望[J]. *中华临床医师杂志(电子版)*, 2010, 4(12):12-16.
- [19] Zhang Y, Zhan WW, Wu YJ, et al. Correlation between echo-tracking parameters and in vitro measurements of arterial contraction and relaxation in rats fed a high-cholesterol diet [J]. *Med Sci Monit*, 2015, 21(9):2933-2942.
- [20] Yu ZX, Wang XZ, Guo RJ, et al. Comparison of ultrasound echo-tracking technology and pulse wave velocity for measuring carotid elasticity among hemodialysis patients[J]. *Hemodial Int*, 2013, 17(1):19-23.
- [21] Ershova AI, Meshkov AN, Rozhkova TA, et al. Carotid and aortic stiffness in patients with heterozygous familial hypercholesterolemia [J]. *PLoS One*, 2016, 11(7):e0158964.
- [22] Yang S, Wang DZ, Zhang HX, et al. Echo-tracking technology assessment of carotid artery stiffness in patients with coronary slow flow[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2015, 41(1):72-76.

(收稿日期:2019-11-22)

## 超声及影像学专业常用术语中英文对照

CDFI (color Doppler flow imaging) —— 彩色多普勒血流成像  
 CT (computed tomography) —— 计算机断层成像  
 CTA —— CT血管造影  
 PET (positron emission tomography) —— 正电子发射计算机断层显像  
 DSA (digital subtraction angiography) —— 数字减影血管造影技术  
 MRI (magnetic resonance imaging) —— 磁共振成像  
 MRA (magnetic resonance angiography) —— 磁共振血管造影  
 今后本刊将在文中直接使用以上专业术语的英文缩写, 不再注明英文全称。

本刊编辑部