

三维斑点追踪技术联合颈动脉血管超声预测冠状动脉狭窄程度的价值

周敏 陈立秀 郎朝容 杨德英 向伦祥

摘要 **目的** 探讨三维斑点追踪技术联合颈动脉血管超声预测冠状动脉粥样硬化性心脏病(以下简称冠心病)患者冠状动脉狭窄程度的价值。**方法** 188 例冠心病患者根据冠状动脉狭窄程度不同分为 4 组:重度组 30 例、中度组 33 例、轻度组 31 例、对照组(无冠状动脉狭窄)94 例,应用颈动脉血管超声测量各组脉搏波传导速度(PWV β)、膨大指数(AI)、动脉顺应性(AC)、僵硬度系数(β)、弹性模量(E_p),三维斑点追踪技术测量左室整体径向收缩期峰值应变(GRS)、左室整体纵向收缩期峰值应变(GLS)、左室整体面积收缩期峰值应变(GAS)、左室整体圆周收缩期峰值应变(GCS),比较各组上述参数的差异。分析冠状动脉狭窄程度与 AC、 E_p 、AI、 β 、PWV β 、GAS、GCS、GRS、GLS 的相关性;绘制受试者工作特征(ROC)曲线评估各参数单独及联合应用对冠状动脉狭窄程度的预测价值。**结果** 各组左室 GAS、GCS、GRS、GLS 比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.001$)。重度组 GAS、GCS、GRS、GLS 均低于中度组、轻度组、对照组(均 $P < 0.05$);中度组 GAS、GCS、GRS、GLS 均低于轻度组、对照组(均 $P < 0.05$)。各组 E_p 、AI、 β 、PWV β 比较差异均有统计学意义(均 $P < 0.001$)。重度组 E_p 、AI、 β 、PWV β 均高于中度组、轻度组、对照组,AC 低于中度组、轻度组、对照组(均 $P < 0.05$);中度组 E_p 、AI、 β 、PWV β 均高于轻度和对照组,AC 低于轻度组和对照组(均 $P < 0.05$)。相关性分析显示,冠状动脉狭窄程度与 E_p 、AI、 β 、PWV β 均呈正相关,与 AC、GAS、GCS、GRS、GLS 均呈负相关(均 $P < 0.05$)。ROC 曲线分析显示, E_p 、AI、 β 、PWV β 、AC、GAS、GCS、GRS、GLS 及其联合预测冠状动脉狭窄的曲线下面积分别为 0.789、0.548、0.699、0.646、0.886、0.759、0.765、0.730、0.736、0.985;联合应用的曲线下面积高于各参数单独应用(均 $P < 0.05$)。**结论** 三维斑点追踪技术联合颈动脉血管超声能准确预测冠心病患者冠状动脉狭窄程度,具有较好的临床应用价值。

关键词 斑点追踪;三维;超声检查;颈动脉;冠状动脉粥样硬化性心脏病;冠状动脉狭窄

[中图分类号]R540.45;R541.4

[文献标识码]A

Value three-dimensional speckle tracking imaging combined with carotid ultrasound in predicting the degree of coronary artery stenosis

ZHOU Min, CHEN Lixiu, LANG Chaorong, YANG Deying, XIANG Lunxiang

Department of Functional Examination, Beibei Traditional Chinese Medicine Hospital, Chongqing 400799, China

ABSTRACT **Objective** To explore the value of three-dimensional speckle tracking imaging combined with carotid ultrasound in predicting the degree of coronary artery stenosis in patients with coronary atherosclerotic heart disease. **Methods** Totally 188 patients with coronary heart disease were divided into 4 groups according to different degrees of coronary artery stenosis: 30 cases in severe group, 33 cases in moderate group, 31 cases in mild group, and 94 cases in control group (no coronary artery stenosis). Carotid ultrasound was performed in each group, and the pulse wave velocity (PWV β), expansion index (AI), arterial compliance (AC), stiffness coefficient (β), elastic modulus (E_p) were measured. While the left ventricular global radial systolic peak strain (GRS), global longitudinal systolic peak strain (GLS), the global area systolic peak strain (GAS), and global circumferential systolic peak strain (GCS) were measured by three-dimensional speckle tracking imaging. The correlation between the degree of coronary artery stenosis and AC, GAS, GCS, GRS, GLS, E_p , AI, β , PWV β were analyzed. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to evaluate the value of each parameter application alone and combined in

predicting the degree of coronary artery stenosis. **Results** There were statistically significant differences in left ventricular GAS, GCS, GRS, and GLS in each group (all $P < 0.001$). GAS, GCS, GRS, and GLS in the severe group were lower than those in the moderate group, mild group, and control group (all $P < 0.05$). GAS, GCS, GRS, and GLS in the moderate group were lower than those in the mild group and control group (all $P < 0.05$). There were statistically significant differences in E_p , AI, β , and PWV β in each group (all $P < 0.001$). The E_p , AI, β , PWV β in severe group were higher than those in the moderate group, mild group, and control group, AC was lower than that in the moderate group, mild group, and control group (all $P < 0.05$). The E_p , AI, β and PWV β in moderate group were higher than those in mild group and control group, AC was lower than that in mild group and control group (all $P < 0.05$). Correlation analysis showed that the degree of coronary artery stenosis was positively correlated with E_p , AI, β , PWV β , and negatively correlated with AC, GAS, GCS, GRS, and GLS (all $P < 0.05$). ROC curve analysis shows that the area under the curve of E_p , AI, β , PWV β , AC, GAS, GCS, GRS, GLS application alone and combined in predicting coronary artery stenosis were 0.789, 0.548, 0.699, 0.646, 0.886, 0.759, 0.765, 0.730, 0.736, 0.985, respectively. The area under the curve of combination was higher than that of application alone (all $P < 0.05$). **Conclusion** Three-dimensional speckle tracking imaging combined with carotid ultrasound can accurately predict the degree of coronary artery stenosis in patients with coronary atherosclerotic heart disease, and has good clinical application value.

KEY WORDS Speckle tracking imaging, three-dimensional; Ultrasonography, carotid artery; Coronary atherosclerotic heart disease; Coronary artery stenosis

冠状动脉粥样硬化性心脏病(以下简称冠心病)主要是由于冠状动脉发生粥样硬化引起的管腔狭窄,若未及时治疗会引起细胞长时间缺血、缺氧,诱发心绞痛、心肌梗死,严重威胁患者生命^[1]。目前,临床常使用CT、超声等方式评估冠心病患者冠状动脉狭窄程度^[2],其中超声具有性价比高、无辐射、操作简便等优势,能够根据颈动脉血管弹性参数反映血管壁形态情况,较好地预测动脉粥样硬化严重程度,但其结果易受操作者水平和仪器分辨率影响^[3]。三维斑点追踪(three-dimensional speckle tracking imaging, 3D-STI)技术可通过测量左室应变指标评估心肌整体和局部功能,准确反映心肌复杂运动^[4]。本研究旨在探讨3D-STI技术联合颈动脉血管超声评估冠心病患者冠状动脉狭窄程度的价值。

资料与方法

一、研究对象

选取2020年1月至2021年1月我院收治的冠心病患者188例,男98例,女90例,年龄51~74岁,平均(62.68±7.42)岁,病程7~28个月,平均(16.36±6.41)个月,体质指数24~27 kg/m²,平均(25.46±1.11)kg/m²。纳入标准:①符合中华医学会全科医学分会、中华医学会共同拟定的《冠心病心脏康复基层指南(2020年)》^[5]中冠心病诊断标准;②存在心悸、胸闷、胸痛等症状;③临床检查资料完整;④既往无碘造影剂过敏。排除标准:①精神系统疾病、合并系统性红斑狼疮、甲状腺功能亢进等自身免疫性疾病者;②合并严重心律失常、

先天性心脏病、心肌病、慢性阻塞性肺疾病、心脏瓣膜病者;③长期口服降脂药物者。根据冠状动脉造影结果按照不同狭窄程度分为:对照组(无冠状动脉狭窄)94例、轻度组31例、中度组33例、重度组30例。本研究经我院医学伦理委员会批准,所有患者均知情同意。

二、仪器与方法

1.3D-STI检查:使用GE Vivid E 9彩色多普勒超声诊断仪,探头频率1.5~4.0 MHz。嘱患者平静呼吸,取左侧卧位,连接同步胸导联心电图,探头置于心尖部,平静呼吸下调节增益、角度、深度,获取心尖四腔切面图;随后嘱患者屏气,切换至3D模式,动态全容积扫描,采集6个心动周期获取原始图像,帧频>25帧/s。进入分析模式时图像自动转换至心尖二腔心、三腔心、四腔心切面,于左室收缩末期和左室舒张末期各选取心尖处心内膜一点和二尖瓣环中点,分析软件自动描记心外膜界限和心内膜界限。软件自动将左室壁分为心尖段、中间段、基底段,依据牛眼图同步记录数据,包括左室整体面积收缩期峰值应变(GAS)、左室整体圆周收缩期峰值应变(GCS)、左室整体径向收缩期峰值应变(GRS)、左室整体纵向收缩期峰值应变(GLS)。所有数据均重复测量3次,取平均值。

2.颈动脉血管超声检查:使用Aloka α 10彩色多普勒超声诊断仪,探头频率7.5~12.5 MHz;配备数字化图像管理系统和血管回声跟踪技术。患者检查前禁饮咖啡、酒精,停用血管活性药物24 h,取仰卧位,头部后仰。对颈动脉起始处1.5 cm至分叉处1.5 cm进行扫查,避开斑块病变区域,启动血管回声跟踪技术,连续

获取3个心动周期的颈总动脉内径变化曲线。选取图像时应避开粥样斑块或内膜增厚区域,计算动脉顺应性(AC)、僵硬系数(β)、弹性模量(E_p)、脉搏波传导速度(PWV β)、膨大指数(AI),所有数据均重复测量3次,取平均值。

3. 冠状动脉狭窄程度标准^[6]: 0分,无狭窄;1分,狭窄程度1%~25%;2分,狭窄程度>25%~50%;3分,狭窄程度>50%~75%;4分,狭窄程度>75%~99%;5分,狭窄程度>99%~100%。重度狭窄:5分;中度狭窄:3~4分;轻度狭窄:1~2分;无狭窄:0分。

三、统计学处理

应用SPSS 22.0统计软件,计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,多组比较采用方差分析,两组比较行*t*检验;计数资料以例表示,多组比较行 χ^2 检验。相关性分析采用Kendall's tau-b相关分析法。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析各指标单独及联合应用预测冠心病患者冠状动脉狭窄的价值,曲线下面积比较行*Z*检验。*P*<0.05为差异有统计学意义。

结 果

一、各组一般资料比较

各组一般资料比较差异均无统计学意义。见表1。

二、各组3D-STI检查结果比较

各组左室 GAS、GCS、GRS、GLS 比较差异有统计学意义(均*P*<0.001)。重度组 GAS、GCS、GRS、GLS 均低于中度组、轻度组、对照组,差异均有统计学意义

(均*P*<0.05);中度组 GAS、GCS、GRS、GLS 均低于轻度组、对照组,差异均有统计学意义(均*P*<0.05)。见表2和图1。

表1 各组一般资料比较

组别	男/女 (例)	年龄 (岁)	病程 (个月)	体质量指数 (kg/m ²)
对照组(94)	49/45	62.49±7.13	16.23±6.32	25.39±1.24
轻度组(31)	16/15	62.53±7.25	16.41±6.28	25.42±1.19
中度组(33)	17/16	62.74±7.33	16.56±6.19	25.35±1.21
重度组(30)	16/14	62.68±7.19	16.71±6.10	25.52±1.17
<i>F</i> χ^2 值	0.026	0.013	0.055	0.118
<i>P</i> 值	0.872	0.998	0.983	0.950

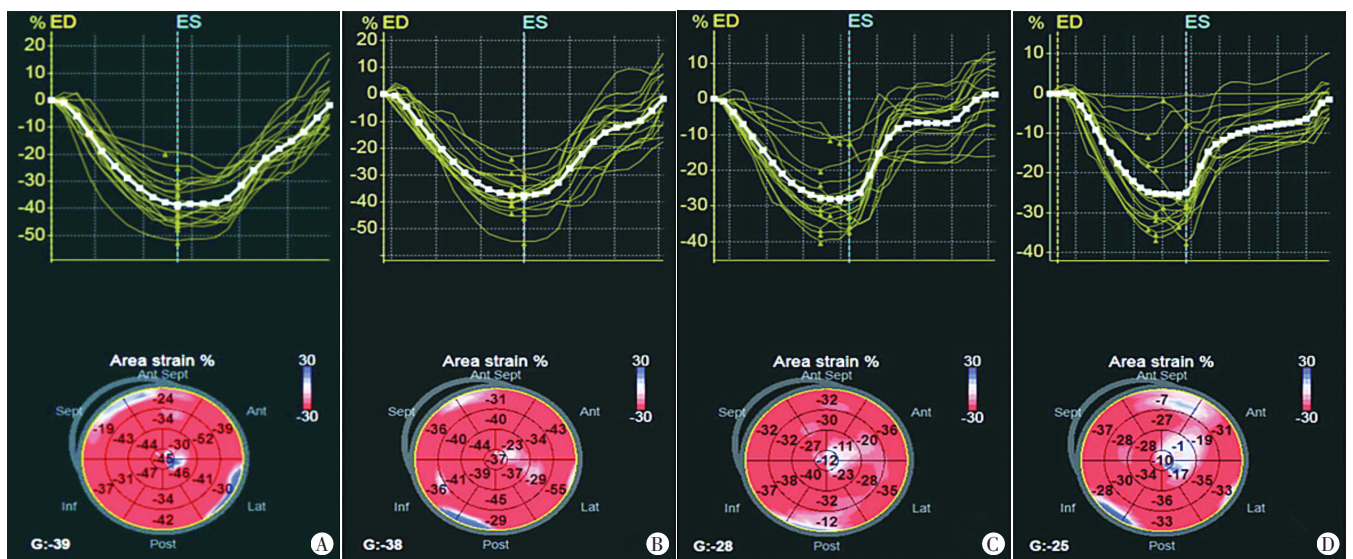
表2 各组3D-STI检查结果比较($\bar{x}\pm s$) %

组别	GAS	GCS	GRS	GLS
对照组(94)	-33.51±3.62	-21.13±1.65	42.66±4.54	-20.46±1.39
轻度组(31)	-31.25±4.19 ^a	-20.16±3.53 ^a	40.21±4.32 ^a	-18.66±2.41 ^a
中度组(33)	-27.96±4.26 ^{ab}	-18.46±3.41 ^{ab}	38.45±4.46 ^{ab}	-17.65±2.32 ^{ab}
重度组(30)	-25.16±4.58 ^{abc}	-13.69±3.39 ^{abc}	35.93±4.24 ^{abc}	-14.33±2.16 ^{abc}
<i>F</i> 值	40.066	33.654	20.347	44.316
<i>P</i>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

与对照组比较,^a*P*<0.05;与轻度组比较,^b*P*<0.05;与中度组比较,^c*P*<0.05。GAS:左室整体面积收缩期峰值应变;GCS:左室整体圆周收缩期峰值应变;GRS:左室整体径向收缩期峰值应变;GLS:左室整体纵向收缩期峰值应变

三、各组颈动脉血管超声检查结果比较

各组 E_p 、AI、 β 、PWV β 比较差异均有统计学意义(均*P*<0.001)。重度组 E_p 、AI、 β 、PWV β 均高于中度组、轻度组、对照组,AC 低于中度组、轻度组、对照组,差异均



A: 对照组患者 GAS 为-33.89%, GCS 为-21.59%, GRS 为 43.98%, GLS 为-20.98%; B: 轻度组患者 GAS 为-31.58%, GCS 为-20.89%, GRS 为 40.89%, GLS 为-18.95%; C: 中度组患者 GAS 为-25.61%, GCS 为-18.54%, GRS 为 38.19%, GLS 为-17.29%; D: 重度组患者 GAS 为-20.51%, GCS 为-13.88%, GRS 为 32.19%, GLS 为-14.85%

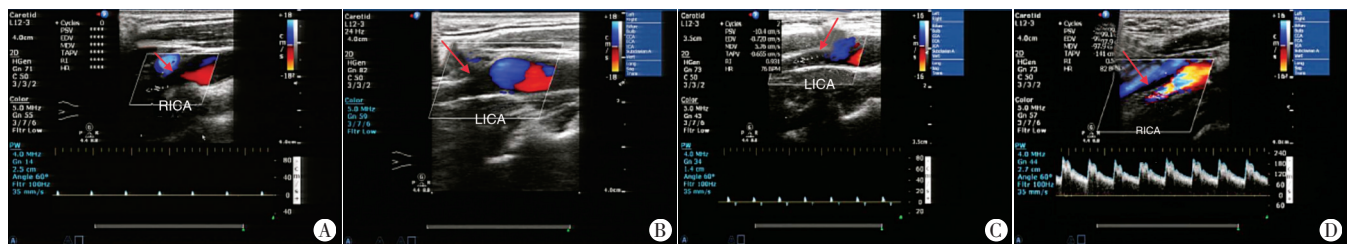
图1 各组3D-STI图

有统计学意义(均 $P < 0.05$);中度组 E_p 、 AI 、 β 、 $PWV\beta$ 均高于轻度组和对照组, AC 低于轻度组和对照组, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。见表 3 和图 2。

表 3 各组颈动脉血管超声检查结果比较($\bar{x} \pm s$)

组别	E_p (kPa)	AC (mm ² /kPa)	AI (%)	β	$PWV\beta$ (m/s)
对照组(94)	63.15±5.46	1.76±0.25	14.32±1.16	4.52±1.36	4.19±0.32
轻度组(31)	75.38±9.31 ^a	0.84±0.29 ^a	14.86±1.54 ^a	7.45±2.54 ^a	5.54±1.43 ^a
中度组(33)	80.42±10.45 ^{ab}	0.75±0.15 ^{ab}	15.24±2.12 ^{ab}	9.31±2.49 ^{ab}	6.17±1.51 ^{ab}
重度组(30)	89.12±11.42 ^{abc}	0.52±0.10 ^{abc}	15.63±2.35 ^{abc}	11.22±2.61 ^{abc}	6.59±1.33 ^{abc}
F 值	91.287	353.372	5.976	85.285	59.053
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

与对照组比较, ^a $P < 0.05$; 与轻度组比较, ^b $P < 0.05$; 与中度组比较, ^c $P < 0.05$ 。 E_p : 弹性模量; AC : 动脉顺应性; AI : 膨大指数; β : 僵硬度系数; $PWV\beta$: 脉搏波传导速度



A: 对照组患者 E_p 为 64.58 kPa, AC 为 1.82 mm²/kPa, AI 为 15.08%, β 为 4.63, $PWV\beta$ 为 4.28 m/s; B: 轻度组患者 E_p 为 76.29 kPa, AC 为 0.86 mm²/kPa, AI 为 15.07%, β 为 7.53, $PWV\beta$ 为 5.67 m/s; C: 中度组患者 E_p 为 85.91 kPa, AC 为 0.79 mm²/kPa, AI 为 15.85%, β 为 9.53, $PWV\beta$ 为 6.34 m/s; D: 重度组患者 E_p 为 96.31 kPa, AC 为 0.58 mm²/kPa, AI 为 16.98%, β 为 11.58, $PWV\beta$ 为 6.89 m/s

图 2 各组颈动脉血管超声检查图(RICA: 右颈内动脉; LICA: 左颈内动脉)

表 4 各指标单独及联合应用预测冠心病患者冠状动脉狭窄的 ROC 曲线分析

指标	曲线下面积	标准误	P 值	95% 可信区间		约登指数	敏感性 (%)	特异性 (%)	截断值
				下限	上限				
E_p	0.789	0.049	0.000	0.692	0.886	0.467	96.7	50.0	77.085 kPa
AI	0.548	0.065	0.451	0.421	0.676	0.139	46.7	67.2	15.995%
β	0.696	0.059	0.002	0.581	0.811	0.370	43.3	93.7	11.905
$PWV\beta$	0.646	0.059	0.023	0.529	0.762	0.291	90.0	39.1	5.07 m/s
AC	0.886	0.035	0.000	0.818	0.955	0.706	80.0	90.6	0.575 mm ² /kPa
GAS	0.759	0.051	0.000	0.659	0.858	0.462	90.0	56.2	-29.94%
GCS	0.765	0.054	0.000	0.660	0.871	0.459	60.0	85.9	-15.445%
GLS	0.730	0.052	0.000	0.629	0.832	0.417	93.3	48.4	-18.445%
GRS	0.736	0.058	0.000	0.622	0.850	0.450	70.0	75.0	37.305%
联合应用	0.985	0.015	0.000	0.955	1.000	0.984	100	98.4	-238.468

讨 论

近年来, 冠心病的发病率逐渐升高, 若未能及时救治可导致心肌供血不足及冠状动脉狭窄, 进而发生器质性病变和心肌功能障碍, 严重威胁患者生命, 故需尽早进行心功能评估, 为患者病情评估、治疗方案制定及预后提供科学依据。常规超声心动图主要通过测量 LVEF、观察室壁运动来评估心功能, 但 LVEF

四、相关性分析

相关性分析显示, 冠状动脉狭窄程度与 E_p 、 AI 、 β 、 $PWV\beta$ 均呈正相关 ($r=0.740$ 、 0.206 、 0.737 、 0.525 , 均 $P < 0.05$), 与 AC 、 GAS 、 GCS 、 GRS 、 GLS 均呈负相关 ($r=-0.748$ 、 -0.641 、 -0.522 、 -0.524 、 -0.607 , 均 $P < 0.05$)。

五、ROC 曲线分析

ROC 曲线分析显示, E_p 、 AI 、 β 、 $PWV\beta$ 、 AC 、 GAS 、 GCS 、 GRS 、 GLS 单独及联合应用预测冠心病患者冠状动脉狭窄的曲线下面积分别为 0.789、0.548、0.696、0.646、0.886、0.759、0.765、0.730、0.736、0.985; 联合应用的曲线下面积高于各参数单独应用, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。见表 4 和图 3。

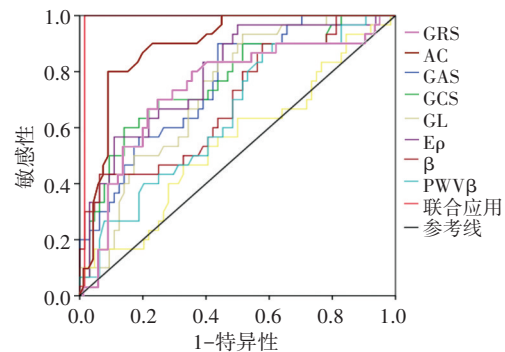


图 3 各指标单独及联合应用预测冠心病患者冠状动脉狭窄的 ROC 曲线图

无法准确判定早期冠心病患者心功能损害情况, 对操作医师经验依赖性高, 主观性强^[7]。二维斑点追踪技术和多普勒超声更具有科学性、简便性, 但心脏运动是三维立体的, 其难以全面评估复杂心脏运动, 故临床应用有一定局限^[8]。3D-STI 技术能够很好地解决跨平面无法追踪的问题, 在三维空间内建立运动轨迹, 连续分析心脏全容积图像, 更准确地计算组织速度、扭转、应变、位移等参数^[9]。

动脉粥样硬化累及循环系统中的中、大型动脉, 大动脉弹性不仅与心脑血管事件发生密切相关, 还与

颈动脉粥样硬化的发生有一定关系,故动脉弹性功能已成为临床心血管疾病研究的热点^[10]。由于颈动脉解剖位置表浅,易于寻找及固定,因此临床常通过检查颈动脉来预测冠状动脉病变情况。本研究结果显示,轻、中、重度组 E_p 、 AI 、 β 、 $PWV\beta$ 均高于对照组,AC低于对照组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),且狭窄程度越严重,AC越低, E_p 、 AI 、 β 、 $PWV\beta$ 越高,提示冠心病患者AC降低,应变弹性系数和僵硬度随之增加。另外,本研究相关性分析显示,冠状动脉狭窄程度与 E_p 、 AI 、 β 、 $PWV\beta$ 均呈正相关,与AC呈负相关(均 $P<0.05$),说明颈动脉血管超声能较好地预测冠心病患者冠状动脉狭窄严重程度。与郭萌等^[11]研究结论基本一致。表明颈动脉血管超声能动态观察动脉粥样硬化进展,有助于早期治疗和干预,对冠状动脉狭窄程度的评估具有较好价值。但该方法易受钙化斑后方声影、操作者经验、血管位置、超声分辨率等因素影响,导致误诊^[12]。

有学者^[13]认为心肌带分为心尖环和基底环,两者包绕可构成内、中、外三层结构,不同心肌纤维走行在心动周期中发挥不同作用,GAS、GCS、GRS、GLS能反映左室应变情况和心肌全层功能。本研究结果显示,轻、中、重度组左室应变指标均低于对照组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),说明当冠心病患者出现冠状动脉狭窄时,可影响心肌全层功能,检测左室应变指标能够尽早发现心肌早期缺血改变^[14]。本研究相关性分析显示,冠状动脉狭窄程度与GAS、GCS、GRS、GLS均呈负相关(均 $P<0.05$),提示左室应变指标是评估冠心病患者早期心功能改变的有效指标,但各指标单独应用可能因患者心律不齐等因素出现误判^[15]。

本研究进一步行ROC曲线分析,结果显示 E_p 、 AI 、 β 、 $PWV\beta$ 、AC、GAS、GCS、GRS、GLS及其联合应用预测冠心病患者冠状动脉狭窄的AUC分别为0.789、0.548、0.696、0.646、0.886、0.759、0.765、0.730、0.736、0.985,建议联合筛查更能够了解心功能状态,准确预测冠状动脉狭窄程度。但若条件受限仅可选择单项筛查者,建议颈动脉血管超声指标以 E_p 、AC为主,左室应变指标以GCS、GRS为主。

综上所述,3D-STI技术联合颈动脉血管超声能准确预测冠心病患者冠状动脉狭窄程度,是评价其心功能的可靠方法。但本研究样本量较少,有待今后大样本研究的进一步分析。

参考文献

- [1] 苏布道. 颈动脉粥样硬化不同狭窄程度与冠心病发生率的相关性[J]. 心血管康复医学杂志, 2016, 25(4): 390-393.
- [2] 薄小波, 施晓星, 刘猛. 颈部CDUS和CTA对中重度颈动脉狭窄的诊断价值[J]. 心血管康复医学杂志, 2020, 29(6): 41-45.
- [3] 李林, 张平洋, 冉红, 等. 超声三维斑点成像评价冠心病患者左室心肌特性改变及与冠状动脉狭窄程度间的关系[J]. 中国急救医学, 2016, 36(3): 246-249.
- [4] 麦兴盛, 王娟利, 李亚峰, 等. 老年冠心病患者超声三维空间运动指标及其与左心室收缩功能的关系[J]. 海南医学, 2019, 30(14): 1841-1843.
- [5] 中华医学会, 中华医学会杂志社, 中华医学会全科医学分会, 等. 冠心病心脏康复基层指南(2020年)[J]. 中华全科医师杂志, 2021, 20(2): 150-165.
- [6] 刘娟, 郑琼莉, 贺立群, 等. sCD36与冠心病患者冠脉狭窄程度相关性[J]. 现代仪器与医疗, 2018, 24(3): 51-53.
- [7] Yoon MH, Tahk SJ, Lim HS, et al. Myocardial mass contributes to the discrepancy between anatomic stenosis severity assessed by intravascular ultrasound and fractional flow reserve in intermediate lesions of the coronary artery [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2018, 91(2): 182-191.
- [8] 郭薇, 林建婷, 卢荔红, 等. 三维超声斑点追踪成像评价冠心病患者左室收缩功能[J]. 中国超声医学杂志, 2016, 32(4): 304-306.
- [9] Saito Y, Kitahara H, Nakayama T, et al. Diagnostic accuracy of intraluminal blood speckle intensity on intravascular ultrasound for physiological assessment of coronary artery stenosis [J]. Coron Artery Dis, 2017, 28(2): 145-150.
- [10] 李正宏, 李秋, 毛端, 等. 冠心病患者血管病变程度与心外膜脂肪层厚度及颈部血管弹性的相关性研究[J]. 中国医刊, 2019, 54(8): 868-871.
- [11] 郭萌, 杨青, 李蔚, 等. 冠心病患者颈动脉粥样硬化的超声特征及其与病情严重程度的相关性[J]. 海南医学院学报, 2017, 23(3): 316-319.
- [12] 王柳, 陆士娟, 邢波, 等. 颈动脉内膜-中膜厚度与冠状动脉病变的关系[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2018, 16(15): 2214-2217.
- [13] Saito Y, Kitahara H, Okuya Y, et al. Novel predictor of target vessel revascularization after coronary stent implantation: intraluminal intensity of blood speckle on intravascular ultrasound [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2019, 93(4): 604-610.
- [14] 陈敏, 李秀娟, 孙月, 等. 三维斑点追踪收缩期峰值面积应变评估冠状动脉粥样硬化性心脏病左室收缩功能[J]. 临床超声医学杂志, 2018, 20(8): 513-517.
- [15] 张建鑫, 张平洋, 马小五, 等. 三维面积应变参数预测冠心病患者经皮冠状动脉介入治疗术后心功能改善的价值[J]. 临床与病理杂志, 2019, 39(10): 2252-2258.

(收稿日期: 2021-04-28)