

斑点追踪成像评价冠状动脉不同狭窄程度冠心病患者左室心肌收缩功能的研究

张子慧 孙玉伟 李 劫 王艺桦 张 曼 马 琳

摘要 **目的** 应用二维超声斑点追踪成像(2D-STI)技术评价冠状动脉粥样硬化性心脏病(以下简称冠心病)患者左室心肌收缩功能的变化,探讨其早期评价冠心病患者冠状动脉狭窄程度的临床价值。**方法** 选取临床疑似冠心病患者138例,依据冠状动脉造影结果分为对照组68例(未见冠状动脉狭窄)、A组28例(冠状动脉狭窄率 $<50\%$)、B组22例($50\% \leq$ 冠状动脉狭窄率 $<75\%$)和C组20例(冠状动脉狭窄率 $\geq 75\%$)。应用2D-STI测量左室基底段、中间段、心尖段中各缺血心肌节段的收缩期纵向应变峰值(BAS-ls、MID-ls、APE-ls)、收缩期圆周应变峰值(BAS-cs、MID-cs、APE-cs)、收缩期径向应变峰值(BAS-rs、MID-rs、APE-rs),并比较各组上述参数的差异。以冠状动脉造影结果为金标准,绘制各参数预测冠状动脉狭窄率 $\geq 75\%$ 的受试者工作特征(ROC)曲线,确定其截断值并计算敏感性和特异性。**结果** B组APE-ls较对照组减低,C组BAS-ls、MID-ls、APE-ls、MID-cs、APE-cs较对照组均减低,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);各组余参数与对照组比较差异均无统计学意义。ROC曲线分析结果显示,各缺血心肌节段的收缩期纵向应变峰值预测冠状动脉狭窄率 $\geq 75\%$ 的曲线下面积最大(0.853),以 -17.5% 为截断值,其诊断敏感性为83.3%,特异性为71.4%。**结论** 无明显左室节段性室壁运动异常的冠心病患者其缺血心肌节段的收缩功能已经发生不同程度的减低;应用2D-STI技术可定量评价冠心病患者左室收缩功能,进一步推测冠状动脉的狭窄程度。

关键词 斑点追踪成像,二维;冠状动脉粥样硬化性心脏病;收缩功能,心室,左

[中图分类号]R540.45;R541.4

[文献标识码]A

Evaluation of left ventricular myocardial systolic function in patients with coronary atherosclerotic heart disease with different degree of coronary artery stenosis by speckle tracking imaging

ZHANG Zihui, SUN Yuwei, LI Jie, WANG Yihua, ZHANG Man, MA Lin

Department of Ultrasonography, North China University of Science and Technology Affiliated Hospital, Hebei 063000, China

ABSTRACT **Objective** To evaluate of left ventricular the myocardium systolic function in patients with coronary atherosclerotic heart disease (coronary heart disease) by two-dimensional speckle tracking imaging (2D-STI), and to evaluate the clinical value of 2D-STI technique in early diagnosis of coronary heart disease. **Methods** One hundred and thirty-eight patients with suspected coronary heart disease were selected. According to the results of coronary angiography, the patients were divided into control group (68 cases, without coronary artery stenosis), group A (28 cases, coronary artery stenosis rate $<50\%$), group B (22 cases, $50\% \leq$ coronary artery stenosis rate $<75\%$) and group C (20 cases, coronary artery stenosis rate $\geq 75\%$). The longitudinal, circumferential and radial systolic peak strains of ischemic myocardial segments in left ventricular basal segment, middle segment and apical segment by 2D-STI (BAS-ls, MID-ls, APE-ls, BAS-cs, MID-cs, APE-cs, BAS-rs, MID-rs, APE-rs) were measured, and the differences of the above parameters among the three groups were compared. Using the results of coronary angiography as the golden standard, the receiver operating characteristic (ROC) curves of the parameters were drawn to find the cut-off value for predicting coronary stenosis rate $\geq 75\%$, the sensitivity and specificity was calculated. **Results** The APE-ls in group B was lower than that in control group, and the BAS-ls, MID-ls, APE-ls, MID-cs, APE-cs in group C was lower than those in control group (all $P < 0.05$). Compared with control group, the parameters in group A and group B were not statistically

significant. The results of ROC curve showed that the peak systolic longitudinal strain peak of each ischemic myocardium was the most valuable diagnostic parameter for severe stenosis coronary heart disease, the area under the curve was 0.853, the sensitivity was 83.3%, the specificity was 71.4%, and the cut-off value was -17.5%. **Conclusion** In patients with coronary heart disease without obvious left ventricular segmental wall motion abnormality, the systolic function of ischemic myocardial segments has been reduced to varying degrees. 2D-STI technique can be used to quantitatively evaluate left ventricular systolic function in patients with coronary heart disease, and further estimate the degree of coronary artery stenosis.

KEY WORDS Speckle tracking imaging, two-dimensional; Coronary atherosclerotic heart disease; Systolic function, ventricular, left

冠状动脉粥样硬化性心脏病(以下简称冠心病)因起病隐匿、症状较轻而不易被察觉^[1]。冠状动脉造影(coronary angiography, CAG)是诊断冠心病的金标准^[2],但其具有创伤性、电离辐射损害,且受价格昂贵、操作复杂等因素影响,应用受限。因此,寻找早期无创评价冠心病患者心肌功能的方法,对于临床治疗和预后意义重大。二维斑点追踪成像(2D-speckle tracking imaging, 2D-STI)技术通过追踪心肌斑点运动的轨迹,分析组织灰阶得出各节段心肌的形变,从而评价各节段心肌的收缩功能^[3-4]。本研究应用2D-STI技术评价冠心病患者左室心肌收缩功能变化情况,旨在探讨其对早期诊断冠心病患者冠状动脉狭窄程度的临床应用价值。

资料与方法

一、研究对象

选取2017年8月至2018年8月我院临床疑似冠心病的患者138例,其中男72例,女66例,年龄34~72岁,平均(59.57±6.47)岁。入选标准:①均于超声检查后24h内行CAG检查;②经询问既往病史、临床体格检查、心电图及心肌酶谱等检查疑似冠心病;③心率60~100次/min;④在CAG检查前均无冠状动脉梗死相关临床症状,常规超声心动图检查无明显左室收缩功能异常。排除标准:①冠状动脉介入手术史或经胸开放手术史;②既往心肌梗死病史;③左束支传导阻滞;④瓣膜功能障碍;⑤心率>100次/min的心房颤动;⑥持续重度心律失常;⑦任何可能影响患者依从能力的情况。根据CAG检出冠状动脉狭窄程度,分为4组:未见冠状动脉狭窄68例(对照组),至少一支冠状动脉狭窄率<50%者28例(A组),至少一支冠状动脉狭窄率≥50%且<75%者22例(B组),以及至少一支冠状动脉狭窄率≥75%者20例(C组)。本研究经我院医学伦理委员会批准,入选者均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. 仪器:超声检查使用GE Vivid E9彩色多普勒超声诊断仪, M5S探头,频率1.7~3.3 MHz;配备EchoPac

V113分析软件。CAG检查使用西门子AXIOM Artis Zee Ceiling Xγ巡测仪。

2. 图像采集及分析:嘱受检者平静呼吸,取标准左卧位,连接心电图,测量常规超声指标,包括左室舒张末期内径(LVEDD)、左室收缩末期内径(LVESD)、左室舒张末期容积(LVEDV)和左室收缩末期容积(LVESV),应用Simpson法测量左室射血分数(LVEF)。分别采集左室长轴及短轴切面连续3个心动周期的二维灰阶动态图(包括长轴两腔、三腔及四腔切面,短轴二尖瓣水平、乳头肌水平及心尖水平切面),存盘待分析。

根据美国超声心动图学会标准^[5]将左室分为18节段,依据CAG结果确定左室心肌缺血节段。在未知CAG结果的前提下,由同一操作者在EchoPac工作站内应用Q-analysis分析源图像,于左室收缩末期手动勾画心内膜边界,获得所追踪各心肌节段的纵向、圆周和径向应变曲线,并测量左室基底段、中间段、心尖段中各缺血心肌节段的收缩期纵向应变峰值(BAS-ls、MID-ls、APE-ls)、收缩期圆周应变峰值(BAS-cs、MID-cs、APE-cs)及收缩期径向应变峰值(BAS-rs、MID-rs、APE-rs)。

三、统计学处理

应用SPSS 21.0统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用One-way ANOVA方差分析,方差齐时两两比较用LSD-t法,方差不齐时两两比较用Dunnnett's T3法予以校正。以CAG结果为金标准,绘制各应变参数预测冠状动脉狭窄率≥75%的受试者工作特征(ROC)曲线,确定其截断值并计算诊断效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、各组一般资料和常规超声心动图参数比较

与对照组比较,B、C组高密度脂蛋白均减低,且C组低于A、B组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),见表1。各组常规超声心动图参数比较,差异均无统计学意义,见表2。

表1 各组一般临床资料比较($\bar{x}\pm s$)

| 组别 | 年龄(岁) | 体质量指数(kg/m ²) | 收缩压(mm Hg) | 空腹血糖(mmol/L) | 总胆固醇(mmol/L) | 甘油三酯(mmol/L) | 高密度脂蛋白(mmol/L) | 低密度脂蛋白(mmol/L) |
|-----|------------|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------|----------------|
| 对照组 | 58.52±6.68 | 25.56±3.37 | 138.20±18.88 | 5.72±0.85 | 4.83±0.82 | 1.66±0.41 | 1.26±0.21 | 3.07±0.66 |
| A组 | 61.47±5.24 | 25.54±3.40 | 149.41±21.26 | 5.63±0.53 | 4.76±0.96 | 1.67±0.32 | 1.19±0.18 | 3.14±0.81 |
| B组 | 59.71±6.44 | 25.98±3.38 | 145.93±17.45 | 5.97±1.16 | 4.59±0.77 | 1.84±0.55 | 1.11±0.17 ^a | 2.98±0.75 |
| C组 | 59.85±6.72 | 25.75±2.62 | 145.46±14.39 | 5.63±0.94 | 4.89±0.88 | 1.93±0.63 | 0.99±0.24 ^{abc} | 3.01±0.69 |
| F值 | 0.919 | 0.119 | 2.371 | 0.845 | 0.763 | 2.368 | 12.290 | 0.212 |
| P值 | 0.434 | 0.949 | 0.074 | 0.472 | 0.517 | 0.074 | 0.000 | 0.888 |

与对照组比较,* $P<0.05$;与A组比较,^a $P<0.05$;与B组比较,^b $P<0.05$ 。1 mm Hg=0.133 kPa

表2 各组常规超声心动图参数比较($\bar{x}\pm s$)

| 组别 | LVEDD(mm) | LVESD(mm) | LVEDV(ml) | LVESV(ml) | LVEF(%) |
|-----|------------|------------|--------------|-------------|------------|
| 对照组 | 45.75±4.75 | 28.58±3.97 | 123.45±12.60 | 65.27±13.95 | 67.56±3.81 |
| A组 | 45.24±6.32 | 30.32±4.58 | 121.00±14.27 | 61.10±12.12 | 66.32±6.18 |
| B组 | 46.20±4.28 | 28.22±2.94 | 123.73±13.48 | 62.64±11.64 | 69.24±4.04 |
| C组 | 45.38±5.24 | 29.58±4.21 | 124.64±13.41 | 64.44±14.15 | 65.39±6.86 |
| F值 | 0.192 | 1.460 | 0.138 | 0.212 | 2.440 |
| P值 | 0.902 | 0.229 | 0.937 | 0.887 | 0.680 |

LVEDD:左室舒张末期内径;LVESD:左室收缩末期内径;LVEDV:左室舒张末期容积;LVESV:左室收缩末期容积;LVEF:左室射血分数

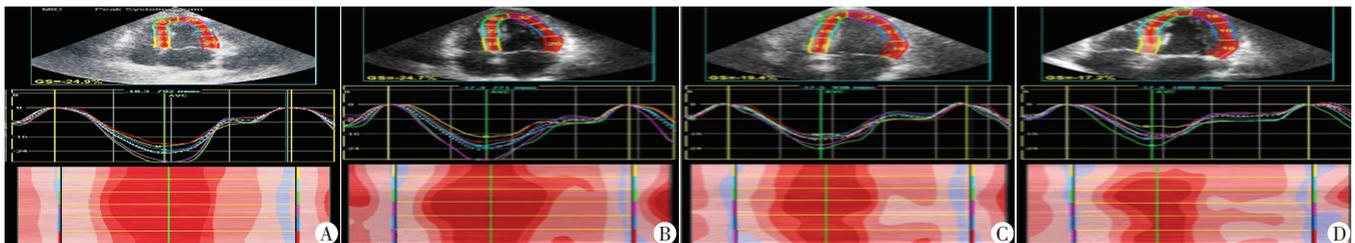
二、各组2D-STI测得应变参数比较

各组BAS-ls、MID-ls、APE-ls比较,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。C组BAS-ls、MID-ls、APE-ls、

MID-cs、APE-cs均较对照组减低,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);B组APE-ls较对照组减低,差异有统计学意义($P<0.05$);A组各应变峰值与对照组比较差异均无统计学意义。见图1~3和表3。

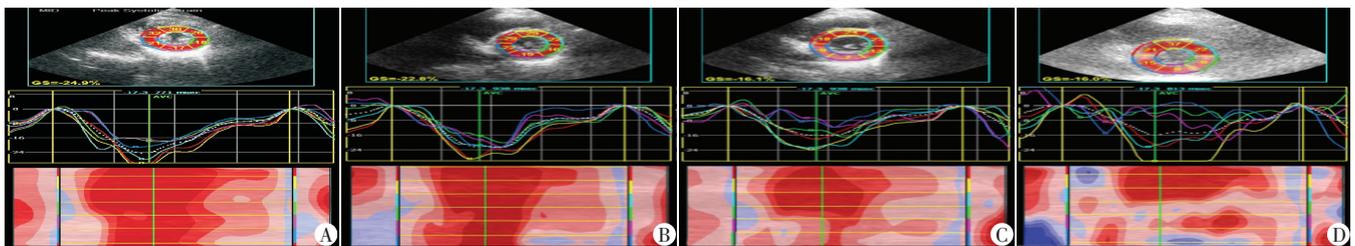
三、ROC曲线分析

ROC曲线分析结果显示,诊断冠状动脉狭窄率 $\geq 75\%$ 时,各缺血心肌节段的收缩期纵向应变峰值对应的曲线下面积最大(0.853),以-17.5%为截断值,其诊断敏感性为83.3%,特异性为71.4%;圆周应变峰值对应的曲线下面积为0.60,诊断敏感性为61.9%,特异性为57.4%;径向应变峰值对应的曲线下面积为0.50,诊断敏感性为29%,特异性为66%。见图4。



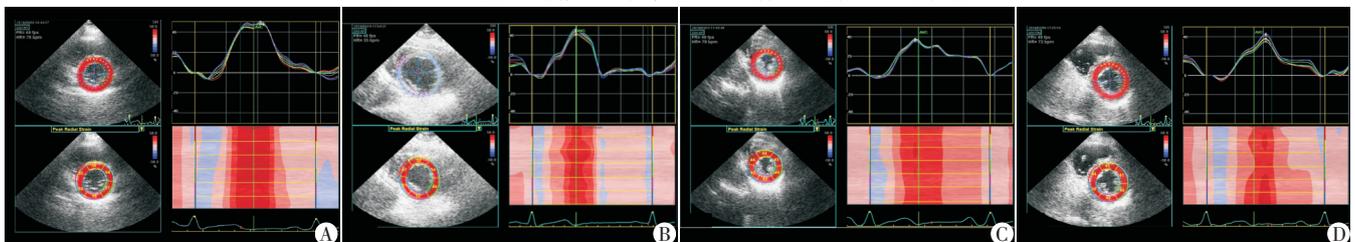
A:对照组;B:A组;C:B组;D:C组

图1 对照组及冠心病不同狭窄组间收缩期纵向应变-时间曲线图



A:对照组;B:A组;C:B组;D:C组

图2 对照组及冠心病不同狭窄组间收缩期圆周应变-时间曲线图



A:对照组;B:A组;C:B组;D:C组

图3 对照组及冠心病不同狭窄组间收缩期径向应变-时间曲线图

表3 各组收缩期纵向、圆周、径向应变峰值比较($\bar{x}\pm s$)

| 组别 | BAS-ls | MID-ls | APE-ls | BAS-cs | MID-cs | APE-cs | BAS-rs | MID-rs | APE-rs |
|-----|----------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------|--------------------------|---------------------------|-------------|-------------|-------------|
| 对照组 | -17.27±4.26 | -20.35±3.39 | -27.09±4.28 | -20.50±3.36 | -21.23±3.23 | -24.37±4.63 | 42.54±11.06 | 47.41±13.04 | 46.06±8.74 |
| A组 | -17.68±2.99 | -19.62±3.29 | -25.79±4.68 | -20.19±5.70 | -19.19±3.47 | -22.50±6.28 | 41.79±12.36 | 49.32±13.63 | 44.89±10.37 |
| B组 | -16.84±3.38 | -19.88±3.65 | -24.77±4.92 ^a | -19.05±5.75 | -19.25±4.02 | -22.65±6.41 | 40.36±11.11 | 50.39±12.19 | 44.54±10.91 |
| C组 | -15.38±3.28 ^{abc} | -17.74±3.48 ^{abc} | -23.45±4.82 ^{ab} | -17.71±5.98 | -18.06±4.61 ^a | -19.02±5.46 ^{ac} | 40.71±11.18 | 48.91±12.97 | 45.49±10.95 |
| F值 | 6.667 | 12.102 | 11.642 | 1.203 | 2.600 | 3.094 | 0.532 | 0.613 | 0.285 |
| P值 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.313 | 0.057 | 0.031 | 0.661 | 0.607 | 0.836 |

与对照组比较,^a $P<0.05$;与A组比较,^b $P<0.05$;与B组比较,^c $P<0.05$ 。BAS-ls、MID-ls、APE-ls:左室基底段、中间段、心尖段各缺血心肌节段的收缩期纵向应变峰值;BAS-cs、MID-cs、APE-cs:左室基底段、中间段、心尖段各缺血心肌节段的收缩期圆周应变峰值;BAS-rs、MID-rs、APE-rs:左室基底段、中间段、心尖段各缺血心肌节段的收缩期径向应变峰值

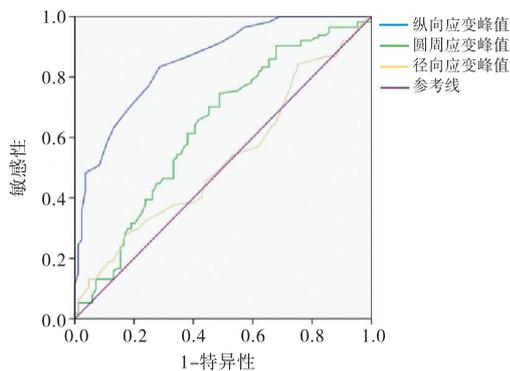


图4 收缩期各应变峰值预测冠状动脉狭窄率 $\geq 75\%$ 的ROC曲线图

讨论

既往对于冠心病的诊断主要依据临床症状、心电图、常规超声心动图、血液心肌酶谱及冠状动脉CTA检查,但均有一定的局限。CAG是诊断冠心病的金标准,但Abbate等^[6]统计发现进行CAG检查的患者中,获益者仅38%,即明确发现冠状动脉阻塞的患者不足一半,这无疑增加了其他患者的相关检查风险及费用。因此,寻找一种无创、安全的能够初步评估冠状动脉狭窄程度的方法,对于早期发现冠心病具有重要的意义。

Torrent-Guasp等^[7]研究发现左室心肌是由复杂三维立体结构组成,心内膜心肌呈右手螺旋排列,心外膜心肌呈左手螺旋排列,中层心肌呈环形排列,这种复杂的排列方式导致了心脏的多元化运动^[8],包括长轴方向的纵向运动、短轴方向的圆周运动及径向运动等。常规超声心动图主要通过检测节段性室壁运动异常及测量LVEF评估冠心病患者的心肌收缩能力^[9-11]。二维超声主要通过目测室壁运动幅度的方式判断心肌是否有节段性室壁运动异常,确定心肌缺血或梗死的部位、范围及程度^[12]。但是在临床中,部分冠心病患者已出现了冠状动脉重度狭窄甚至心肌梗死的相应症状,但常规超声心动图仍未检出明显的室壁运动异常^[13]。2D-STI技术通过描记心肌的运动及形变,客观

地对心肌运动进行实时定量分析,评价心肌在长轴及短轴等方向的运动^[9]。

LVEF是指每搏输出量占左室舒张末期容量的百分比,反映了腔室容量的变化,而腔室容量的变化通常继发于心肌的形变。Stanton等^[14]研究发现LVEF并不能体现冠心病患者左室心肌功能的改变。本研究中对对照组和冠心病狭窄各组均未见明显节段性室壁运动异常,各组LVEF比较差异均无统计学意义。但应用2D-STI技术检测心肌应变时,发现B、C组部分节段收缩期纵向应变峰值较对照组和A组均有不同程度减低,C组部分节段收缩期圆周应变峰值减低(均 $P<0.05$),表明当冠状动脉狭窄到一定程度时,心肌的纵向及圆周运动均有受累,左室心肌受到缺血、缺氧的影响,其收缩功能已受损,证实2D-STI技术可检测出LVEF处于正常范围的冠心病患者左室收缩功能受损情况,从而有助于早期诊断冠心病。

本研究还发现C组冠心病患者各缺血心肌节段的收缩期纵向应变峰值较对照组明显减低(均 $P<0.05$),通过ROC曲线分析发现,收缩期纵向应变峰值预测冠心病患者冠状动脉狭窄率 $\geq 75\%$ 的特异性为71.4%,敏感性为83.3%,表明应用2D-STI技术能够较准确筛选出冠状动脉重度狭窄的冠心病患者。Deng等^[15]研究发现收缩期纵向应变峰值较圆周及径向应变峰值更有利于鉴别冠状动脉重度狭窄时缺血心肌节段的收缩功能,与本研究结果一致。分析其原因,心肌纵向运动主要由心内膜心肌支配,心内膜心肌的供给血管一般为终末血管,并在心脏收缩时承受较大的心肌压力,一旦血管狭窄或阻塞,深层的血流灌注将受到显著的影响,心内膜心肌纤维首先缺血,较中层及心外膜心肌更容易受到损害。而圆周运动主要由中层心肌决定,只有当心内膜损伤到一定程度时,中层心肌才会受累。所以应用2D-STI技术获得的收缩期纵向应变峰值能够准确、定量评价冠心病患者左室收缩功能,进一步推测冠状动

脉的狭窄程度。

径向应变表示短轴方向上的向心运动,反映左室心肌室壁的增厚程度。研究^[16]表明生理状态下径向运动主要由心内膜心肌纤维决定,但当心内膜心肌纤维发生缺血损伤时,心外膜心肌会通过加强收缩补偿心肌运动。本研究结果显示,与对照组比较,A、B、C组各节段收缩期径向应变峰值均无明显改变,差异均无统计学意义,原因可能是心外膜心肌对心内膜心肌损伤的代偿机制所致。Chan等^[17]研究发现只有发生心肌梗死且心肌梗死程度范围及程度较大时,径向应变峰值才明显减低,表明径向应变并不能早期敏感地诊断冠心病。

本研究有一定局限性:首先,样本量较少,后续需要进一步增大样本量,以保证所得结果更加客观、可信;其次,图像要求高度清晰并且高帧频,部分慢性阻塞性肺疾病、肥胖、吸烟患者的图像显示效果欠佳,心肌节段的测量值尚存在误差。

综上所述,冠心病患者在无明显左室节段性室壁运动异常时,其缺血心肌节段的收缩功能已经发生不同程度的减低;应用2D-STI技术可定量评价冠心病患者左室收缩功能,进一步推测冠状动脉的狭窄程度,有望成为早期筛查冠心病的新手段。

参考文献

- [1] 赵冬.我国心血管疾病和心血管危险因素流行病学现状[J]. 中国社区医师,2011,27(13):5-9.
- [2] Costa FF, Chaves AJ, Ligabo LT, et al. Efficacy of patient selection for diagnostic coronary angiography in suspected coronary artery disease[J]. Arq Bras Cardiol, 2015, 105(5):466-471.
- [3] 高怡,陆娟,王如兴.二维斑点追踪成像技术在心血管疾病中的应用[J]. 医学综述,2016,22(19):3867-3871.
- [4] 甘建红,尹立雪,谢盛华,等.基于医学图像分析的心脏流体力学研究现状及趋势[J]. 生物医学工程学杂志,2014,31(3):698-702.
- [5] Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2015, 28(1):1-39.
- [6] Abbate A, Vetrovec G, Crea F. Low diagnostic yield of elective coronary angiography[J]. N Engl J Med, 2010, 363(1):92-95.
- [7] Torrent-Guas F, Buckberg GD, Clemente C, et al. The structure and function of the helical heart and its buttress wrapping. I. The normal macroscopic structure of the heart[J]. Semin Thorac Cardiovasc Surg, 2001, 13(4):301-319.
- [8] Dogan C, Bayram Z, Candan O, et al. Prediction of infarct size using two-dimensional speckle tracking echocardiography in acute myocardial infarction[J]. Echocardiography, 2017, 34(3):376-382.
- [9] Hoffmann R, Altiok E, Friedman Z, et al. Myocardial deformation imaging by two-dimensional speckle-tracking echocardiography in comparison to late gadolinium enhancement cardiac magnetic resonance for analysis of myocardial fibrosis in severe aortic stenosis [J]. Am J Cardiol, 2014, 114(7):1083-1088.
- [10] 储彦芬. 二维斑点追踪成像技术评价冠心病患者左室整体收缩功能及其与冠状动脉病变程度的关系[D]. 安徽医科大学, 2015.
- [11] Youssef G, Saad Z, Ammar W, et al. Assessment of left ventricular regional wall motion abnormalities using regional time-volume curves obtained by real time three-dimensional echocardiography [J]. Egypt Heart J, 2018, 70(3):189-194.
- [12] 杨鸿. 实时心肌超声造影评价冠状动脉三支病变患者的心肌灌注[J]. 中西医结合心血管病电子杂志, 2016, 4(16):139-140.
- [13] Mele D, Nardoza M, Chiodi E. Early speckle-tracking echocardiography predicts left ventricle remodeling after acute ST-segment elevation myocardial infarction [J]. J Cardiovasc Echogr, 2017, 27(3):93-98.
- [14] Stanton T, Leano R, Marwick TH. Prediction of all-cause mortality from global longitudinal speckle strain: comparison with ejection fraction and wall motion scoring [J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2009, 2(5):356-364.
- [15] Deng YB, Liu R, Wu YH, et al. Evaluation of short-axis and long-axis myocardial function with two-dimensional strain echocardiography in patients with different degrees of coronary artery stenosis [J]. Ultrasound Med Biol, 2010, 36(2):227-233.
- [16] Maceira AM, Tuset-Sanchis L, Lopez-Garrido M, et al. Feasibility and reproducibility of feature-tracking-based strain and strain rate measures of the left ventricle in different diseases and genders [J]. J Magn Reson Imaging, 2018, 47(5):1415-1425.
- [17] Chan J, Hanekom L, Wong C, et al. Differentiation of subendocardial and transmural infarction using two-dimensional strain rate imaging to assess short-axis and long-axis myocardial function [J]. J Am Coll Cardiol, 2006, 48(10):2026-2033.

(收稿日期:2018-10-30)