

斑点追踪成像技术随访左室下壁急性心肌梗死患者 PCI 术后右室收缩功能的恢复及重构改变

姚 雪 谭团团 宋宏宁 陈金玲 周 青 郭瑞强 胡 波

摘 要 **目的** 应用二维斑点追踪成像(2D-STI)右室纵向应变参数评价左室下壁心肌梗死(INFMI)患者经皮冠状动脉介入治疗(PCI)术后右室收缩功能恢复情况,评估右室重构情况及相关的影响因素。**方法** 选取在我院行 PCI 术并随访的 36 例急性 INFMI 患者,根据 PCI 术后 3~6 个月右室是否发生重构,即 3~6 个月右室舒张末面积(RVEDA)与入院时 RVEDA 相比增量是否 $\geq 20\%$ 将其分为右室重构组 15 例和右室非重构组 21 例。常规超声获取左室射血分数(LVEF)、RVEDA、右室面积变化分数(RVFAC)、三尖瓣环收缩位移(TAPSE)及组织多普勒右室机械指数(TDI-MPI);2D-STI 追踪游离壁和间隔壁获取基底段、中间段及心尖段各节段纵向应变值,以及右室整体纵向应变(RVGLS)、右室游离壁纵向应变(RVFWLS)、右室间隔壁纵向应变(RVSEPLS);比较不同时间点上述各参数在两组之间的差异。**结果** 入院时、出院时及术后 3~6 个月时 INFMI 患者仅右室纵向应变参数比较差异有统计学意义($P<0.05$)。入院时,重构组 LVEF 及 TAPSE 较非重构组更低(均 $P<0.05$);出院时,重构组 RVGLS、RVSEPLS、间隔壁各节段纵向应变绝对值、LVEF 及 TAPSE 均较非重构组更低(均 $P<0.05$);术后 3~6 个月,重构组仅 RVFWLS、游离壁各节段纵向应变绝对值较非重构组更低,RVEDA 和 RVESA 较非重构组更大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);重构组与非重构组比较,仅间隔壁各节段纵向应变恢复趋势差异有统计学意义(均 $P<0.05$),表现为非重构组术后恢复较快,但是术后 3~6 个月重构组逐渐恢复至与非重构组趋于相同水平。**结论** 应用 2D-STI 右室纵向应变参数能够更精细地反映 INFMI 患者右室缺血性功能损伤的程度,以及术后随访的恢复情况;其中,发生右室重构的患者间隔壁纵向应变恢复程度较慢。

关键词 超声心动描记术;心室功能,右;心肌梗死;心室重构,右

[中图分类号]R540.45;R542.22

[文献标识码]A

Evaluation of the right ventricular systolic function recovery and remodeling after percutaneous coronary intervention in patients with inferior wall myocardial infarction by speckle tracking imaging

YAO Xue, TAN Tuantuan, SONG Hongning, CHEN Jinling, ZHOU Qing, GUO Ruiqiang, HU Bo

Department of Ultrasound, Renmin Hospital of Wuhan University, Wuhan 430060, China

ABSTRACT **Objective** To evaluate the recovery of the right ventricular systolic function and the remodeling of the right ventricle after percutaneous coronary intervention (PCI) in inferior wall myocardial infarction (INFMI) patients by two-dimensional speckle tracking imaging (2D-STI) longitudinal strain (LS) parameters, and to estimate the prevalence and determinants of right ventricular remodeling. **Methods** Thirty-six patients with INFMI and treated with PCI were selected in our study. According to whether right ventricular remodeling happened after PCI 3~6 months, which was defined as the increase in right ventricular end diastolic area (RVEDA) $\geq 20\%$, they were divided into 15 cases with right ventricular remodeling (remodeling group), and 21 cases without right ventricular remodeling (non-remodeling group). Left ventricular ejection fraction (LVEF), RVEDA, right ventricular area change fraction (RVFAC), tricuspid annular systolic displacement (TAPSE) and right ventricular tissue Doppler imaging myocardial performance index (TDI-MPI) were obtained by conventional echocardiography,

基金项目:中央高校基本科研业务费专项资金科研项目(2042017kf0165)

作者单位:430060 武汉市,武汉大学人民医院超声影像科

通讯作者:胡波,Email:krishu@whu.edu.cn

and strain values of free and septal walls were tracked by 2D-STI, including right ventricular global longitudinal strain (RVGLS), right ventricular free wall longitudinal strain (RVFWLS) and right ventricular septum longitudinal strain (RVSEPLS). The ultrasound parameters at different time were compared between the two groups. **Results** Only right ventricular LS parameters showed significant difference between different following time ($P<0.05$). On admission, LVEF and TAPSE were lower in remodeling group than those in the non-remodeling group. At discharge, RVGLS, RVSEPLS, septal LSs, LVEF and TAPSE were lower in remodeling group, at 3~6 months following, RVFWLS, free wall LSs were lower, RVEDA was larger in the remodeling group (all $P<0.05$). Compared with the non-remodeling group, only the recovery trends of all the septal LSs were different in the remodeling group (all $P<0.05$), manifesting that septal LSs in non-remodeling group recovered more rapidly than in the remodeling group. **Conclusion** The 2D-STI RVLS parameters precisely reflected the impaired RV systolic function in the INFMI patients and appeared to be superior to traditional echocardiographic parameters for the risk stratification of the INFMI patients. Moreover, the recovery of the septum LS parameters appeared to be associated with the right ventricular remodeling, the slower the septum recovered, the more the right ventricular prone to remodeling.

KEY WORDS Echocardiography; Ventricular function, right; Myocardial infarction; Ventricular remodeling, right

急性心肌梗死是冠状动脉粥样硬化性心脏病的急性发作形式,其中左室下壁心肌梗死(inferior wall myocardial infarction, INFMI)者易合并急性右室功能失常,发生不良预后事件。通过再灌注治疗,患者的死亡风险虽可下降,但仍可能存在持续性右室功能失常或可发生右室重构^[1]。相比左室,右室心肌缺血后发生内径和功能的改变较少引人关注。超声心动图能够准确评价室壁运动功能,其中二维斑点追踪成像(two-dimensional speckle tracking imaging, 2D-STI)技术能够提供客观的运动功能数据,是较好的定量分析方法。基于此,本研究旨在应用 2D-STI 技术分析 INFMI 患者入院至介入术后 3~6 个月时右室功能的恢复或重构情况,并探究右室重构的相关影响因素及其可能机制。

资料与方法

一、研究对象

选取 2017 年 5 月至 2018 年 2 月经我院急诊科诊断且行经皮冠状动脉介入术(percutaneous coronary intervention, PCI)治疗置入支架的 INFMI 患者 36 例,男 32 例,女 4 例,年龄 35~80 岁,平均(58±11)岁;根据 PCI 术后 3~6 个月随访时右室是否发生重构,将入选的 INFMI 患者分为右室重构组 15 例和右室非重构组 21 例(以下简称重构组和非重构组)。于出院时及术后 3~6 个月[平均(4.6±1.8)个月]应用常规超声及 2D-STI 技术进行随访。本研究经我院医学伦理委员会批准;所有患者均知情同意。

入选标准:①有典型胸痛、胸闷病史,经心电图及心肌坏死标志物检查明确诊断且为急性心肌梗死首次发作者,均行 PCI 支架置入。排除标准:①陈旧性

心肌梗死;②已溶栓或已行急诊 PCI;③慢性阻塞性肺疾病(肺源性心脏病);④肺栓塞;⑤心脏瓣膜性疾病;⑥左、右束支传导阻滞或房室传导阻滞;⑦犯罪血管非右冠状动脉;⑧心源性休克;⑨心包疾病;⑩图像质量差无法分析。

二、仪器与方法

1. 仪器:使用 GE Vivid E 9 彩色多普勒超声诊断仪, M5S 探头, 频率 1.7~3.3 MHz; 采集帧频 60~80 帧/s。2D-STI 脱机分析采用 GE EchoPac 二维应变分析软件。

2. 常规超声心动图检查:患者取左侧卧位,连接同步心电图,在平静呼吸时,常规测量二维超声心动图、M 型超声心动图及多普勒彩色血流频谱:采集并存储连续 5 个心动周期的心尖两腔观,以及分别以左、右心室为中心的心尖四腔观二维动态图像获取三尖瓣环多普勒组织速度图像(tissue Doppler imaging, TDI)。主要检测参数包括:左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)、右室舒张末期面积(right ventricular end-diastolic area, RVEDA)及右室收缩末期面积(right ventricular end-systolic area, RVESA),计算右室面积变化分数[right ventricular fractional area change, RVFAC; 公式: $RVFAC = (RVEDA - RVESA) / RVEDA$], 以及三尖瓣环收缩位移(tricuspid annular plane systolic excursion, TAPSE)、组织多普勒右室机械指数(tissue Doppler imaging myocardial performance index, TDI-MPI)。右室重构的判定标准^[1]:术后 3~6 个月时 RVEDA 与入院时 RVEDA 相比增量≥20%。

3. 2D-STI 应变分析:开启储存的二维动态图像,在采集的以右室为中心的心尖四腔观图像中选择采集良好、心内膜显示清晰的心动周期,分别勾画出右室室间隔及游离壁心内膜轮廓,系统自动生成感兴趣

区,可手动调节感兴趣区的宽度和位置,使其能够包含完整的心室壁并将心包组织排除在勾画范围之外,确保回声斑点位于心肌内,勾画满意后,软件自动生成对应的右室游离壁和室间隔基底段、中间段及心尖段各节段纵向应变(longitudinal strain, LS)及相应曲线。右室整体纵向应变(right ventricular global longitudinal strain, RVGLS)、右室游离壁纵向应变(right ventricular free wall longitudinal strain, RVFWLS)及右室间隔壁纵向应变(right ventricular septum longitudinal strain, RVSEPLS)分别为右室整体6个节段、游离壁3个节段及间隔壁3个节段LS的均值。所有数据均分别测量3次取平均值。

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,符合正态分布者行独立样本 t 检验;不符合正态分布的计量资料及等级资料比较行Wilcoxon W 检验。计数资料以例或百分率表示,组间比较行Fisher检验。重构组各时间点与非重构组对应时间点比较行独立样本 t 检验;INFMI患者不同时间点前后对比恢复效应,以及重构组与非重构组组内恢复趋势比较采用单变量重复测量的方差分析。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、两组患者临床资料比较

重构组与非重构组临床资料比较差异均无统计学意义。见表1。

二、INFMI患者在随访过程中常规超声参数及2D-STI应变参数比较

与入院时比较,INFMI患者出院时及术后3~6个月RVGLS、RVFWLS、游离壁各节段LS、LVEF、TAPSE及TDI-MPI均有改善;此外,术后3~6个月RVSEPLS、间

表1 两组患者临床基本资料比较

组别	男/女 (例)	年龄 (岁)	心率 (次/min)	高血压病 (例)	糖尿病 (例)	吸烟 (例)	饮酒 (例)
重构组	14/1	60±7	57±12	8	3	8	3
非重构组	18/3	54±11	64±15	12	2	17	14
P 值	0.375	0.053	0.239	1.000	0.264	0.378	0.051

隔壁基底段和中间段LS及RVFAC也有改善,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);与出院时比较,INFMI患者术后3~6个月RVGLS、RVFWLS、间隔壁基底段LS、游离壁基底段及中间段LS均有显著改善,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);RVEDA在整个随访过程中未见显著变化。见表2。

三、随访过程中重构组与非重构组对应时间点常规超声参数及2D-STI应变参数比较

入院时,两组LVEF和TAPSE均低,重构组较非重构组更低,且差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),余参数差异均无统计学意义。出院时,重构组RVGLS、RVSEPLS、间隔壁各节段LS绝对值、LVEF及TAPSE均较非重构组更低,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。术后3~6个月,重构组仅RVFWLS、游离壁各节段LS绝对值较非重构组更低,RVEDA较非重构组更大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。见表3和图1,2。

四、重构组与非重构组各节段常规超声参数及2D-STI应变参数恢复趋势

重构组与非重构组比较,除了RVEDA恢复趋势显著不同($F=29.654, P=0.000$)外,仅RVSEPLS、间隔壁基底段、中间段、心尖段LS恢复趋势差异有统计学意义($F=4.533、4.815、3.962、3.785, P=0.016、0.012、0.026、0.030$),表现为非重构组短期恢复较快,但是中远期时重构组逐渐恢复至与非重构组趋于相同水平。见图3,4。

表2 INFMI患者在整个随访过程中常规超声参数及2D-STI应变参数比较($\bar{x}\pm s$)

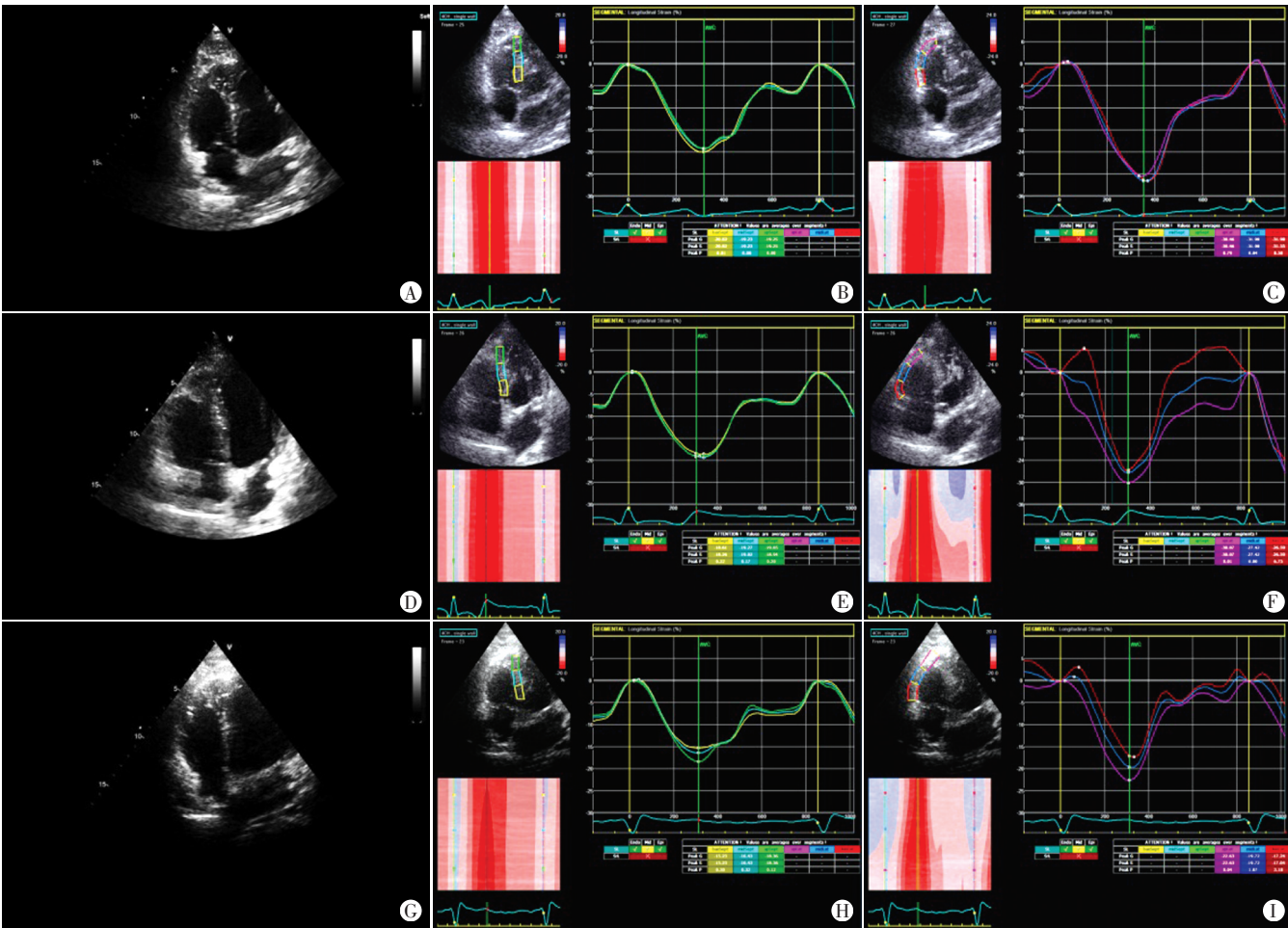
随访 时间	常规超声参数					2D-STI应变参数(%)								
	RVEDA (cm ²)	LVEF (%)	RVFAC (%)	TAPSE (cm)	TDI-MPI	RVGLS	RVSEPLS	间隔壁基 底段LS	间隔壁中 间段LS	间隔壁心 尖段LS	RVFWLS	游离壁心 尖段LS	游离壁中 间段LS	游离壁基 底段LS
入院时	15.7±3.2	49±7	31.6±4.8	1.9±0.4	0.50±0.12	-14.5±4.5	-14.5±4.5	-12.2±3.6	-13.2±4.3	-14.8±5.2	-15.6±7.3	-18.4±6.8	-15.4±7.4	-13.1±8.3
出院时	15.3±3.2	52±7 [#]	34.6±9.8	2.1±0.3 [#]	0.42±0.12 [#]	-17.2±4.8 [#]	-17.2±4.8 [#]	-13.1±4.0	-14.3±4.2	-15.7±4.7	-20.1±7.2 [#]	-22.5±7.1 [#]	-20.4±7.6 [#]	-17.4±7.9 [#]
术后3~6个月	15.9±4.1	52±7 [#]	36.7±8.3 [#]	2.2±0.4 [#]	0.40±0.14 [#]	-19.2±5.1 ^{#*}	-19.2±5.1 ^{#*}	-15.2±4.0 ^{#*}	-15.8±3.9 [#]	-16.8±4.0	-22.5±7.8 ^{#*}	-23.7±8.6 [#]	-22.9±7.9 ^{#*}	-20.9±8.0 ^{#*}
F 值	0.531	5.615	3.607	11.352	9.262	30.112	30.112	11.144	6.816	2.917	33.731	11.826	33.800	37.835
P 值	0.592	0.009	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.063	0.000	0.000	0.000	0.000

与入院时比较, [#] $P<0.05$;与出院时比较, ^{*} $P<0.05$ 。RVEDA:右室舒张末期面积;LVEF:左室射血分数;RVFAC:右室面积变化分数;TAPSE:三尖瓣瓣环收缩期位移;TDI-MPI:右室组织多普勒机械指数;RVGLS:右室整体纵向应变;RVSEPLS:右室间隔壁纵向应变;RVFWLS:右室游离壁纵向应变;LS:纵向应变

表3 重构组与非重构组在整个随访过程中常规超声参数及2D-STI应变参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	常规超声参数					2D-STI应变参数(%)								
	RVEDA (cm ²)	LVEF (%)	RVFAC (%)	TAPSE (cm)	TDI-MPI	RVGLS	RVSEPLS	间隔壁基 底段LS	间隔壁中 间段LS	间隔壁心 尖段LS	RVFWLS	游离壁心 尖段LS	游离壁中 间段LS	游离壁基 底段LS
重构组														
入院时	14.5±2.7	48±8	31.3±3.1	1.6±0.5	0.53±0.12	-12.5±5.0	-11.5±5.1	-10.6±4.5	-11.4±5.0	-12.6±6.0	-13.5±8.3	-13.5±8.3	-13.2±8.5	-10.6±9.4
出院时	15.3±3.0	50±9	31.0±7.2	1.9±0.4	0.47±0.15	-14.3±6.1	-11.6±5.2	-10.2±4.4	-11.6±5.0	-13.1±6.1	-17.0±9.2	-17.0±9.2	-17.0±9.7	-13.8±9.7
术后3~6个月	18.5±3.4	51±9	33.8±9.8	2.0±0.5	0.43±0.17	-16.9±7.1	-15.6±5.5	-14.6±5.2	-15.4±5.5	-16.8±5.9	-18.1±9.7	-18.1±9.7	-18.4±9.9	-16.9±10.1
非重构组														
入院时	16.5±3.4	50±5 [#]	31.8±5.7	2.0±0.3 [#]	0.48±0.12	-15.8±3.7	-14.6±3.3	-13.1±2.7	-14.4±3.4	-16.2±4.1	-16.9±6.4	-16.9±6.4	-16.7±6.5	-14.6±7.5
出院时	15.3±3.5	53±6 [#]	36.9±10.8	2.2±0.2 [#]	0.39±0.10	-19.1±2.5 [#]	-16.1±2.4 [#]	-14.9±2.5 [#]	-16.0±2.4 [#]	-17.3±2.6 [#]	-22.0±4.9	-22.0±4.9	-22.5±5.3	-19.7±5.8
术后3~6个月	14.2±3.7 [#]	53±6	38.5±7.0	2.3±0.2	0.39±0.13	-20.7±2.8	-16.1±2.6	-15.5±3.3	-16.0±2.6	-16.9±2.4	-25.3±4.8 [#]	-25.3±4.8 [#]	-25.7±4.8 [#]	-23.4±5.5 [#]

与重构组对应时间点比较, [#] $P<0.05$ 。RVEDA:右室舒张末期面积;LVEF:左室射血分数;RVFAC:右室面积变化分数;TAPSE:三尖瓣瓣环收缩期位移;TDI-MPI:右室组织多普勒机械指数;RVGLS:右室整体纵向应变;RVSEPLS:右室间隔壁纵向应变;RVFWLS:右室游离壁纵向应变;LS:纵向应变



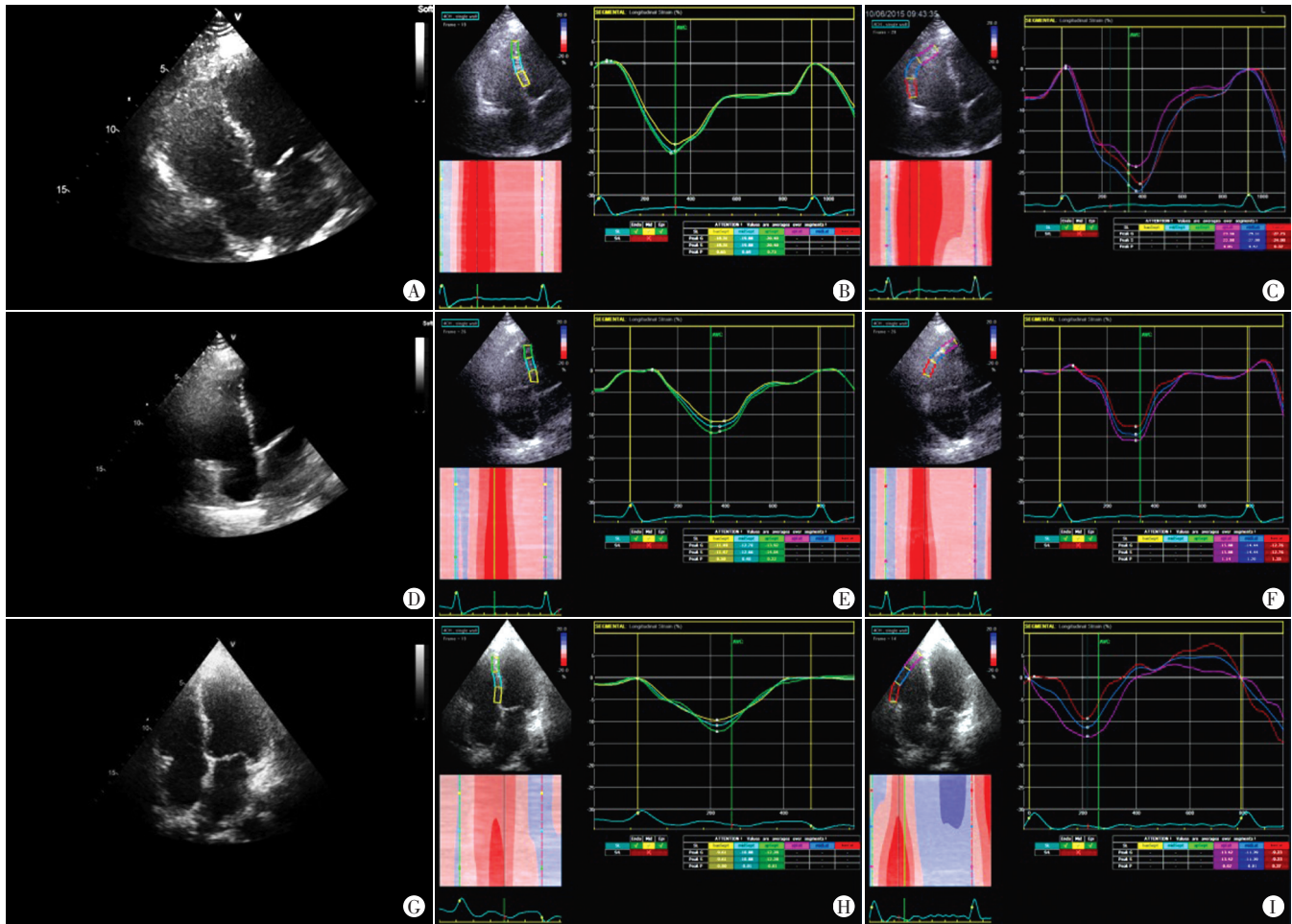
A: 术后3~6个月 RVEDA 14.1 cm²; B: 术后3~6个月间隔壁应变曲线; C: 术后3~6个月游离壁应变曲线; D: 出院时 RVEDA 13.8 cm²; E: 出院时间间隔壁应变曲线; F: 出院时游离壁应变曲线; G: 入院时 RVEDA 12.9 cm²; H: 入院时间间隔壁应变曲线; I: 入院时游离壁应变曲线

图1 非重构组右室声像图

讨论

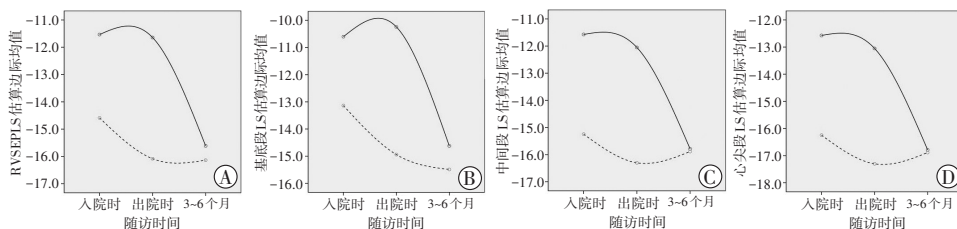
右室受累是INFMI患者发生主要并发症及在院死亡率风险增加的强预测因子^[2-3]。早期判断右室功能

的损伤程度并区分是否为暂时或持续性对INFMI患者的治疗十分重要^[4]。2D-STI技术近年来逐渐被用于评价右收缩功能^[5-6]。右室心肌长轴收缩对总的右室射血能力的贡献占到80%^[7],故临床多采用右室纵向



A: 术后3~6个月RVEDA 15.8 cm²; B: 术后3~6个月间隔壁应变曲线; C: 术后3~6个月游离壁应变曲线; D: 出院时RVEDA 12.7 cm²; E: 出院时间隔壁应变曲线; F: 出院时游离壁应变曲线; G: 入院时RVEDA 12.6 cm²; H: 入院时间隔壁应变曲线; I: 入院时游离壁应变曲线

图2 重构组右室声像图



A: RVSEPLS变化趋势; B: 基底段LS变化趋势; C: 中间段LS变化趋势; D: 心尖段LS变化趋势

图3 两组右室间隔壁各节段LS变化趋势图

应变参数反映右室的收缩功能。本研究2D-STI纵向应变参数、RVFAC、TAPSE及TDI-MPI均反映出INFMI患者术后3~6个月右室功能较入院时明显改善,但以上参数中,仅2D-STI纵向应变参数在每次随访时均较上次有显著改善(均 $P<0.05$),与研究^[8]一致,说明相较于传统参数,2D-STI应变参数反映右室功能改变敏感性更佳。

心脏重构发生于心肌梗死的早期阶段,引起重构的原因主要为瘢痕形成、梗死区扩展及心腔充盈压升高。心腔的扩大可能是残余功能心肌为了保证每搏

量而进一步重构所致^[9],左室的重构已有较多的研究报道,对于心肌梗死后右室重构的报道则较少。有研究^[1]发现940例急性ST抬高型心肌梗死患者6个月后右室重构的发生率高达25%,且右室扩大与左室容积及其功能改变相关,由此显示心肌梗死后同时评价左、右心室的重要性。本研究结果发现,与非重构组比较,重构组患者左、右心室收缩功能受损更严重;进一步比较重构组与非重构组各参数变化趋势,发现间隔壁纵向应变恢复慢的患者更易发生右室重构。

对于右室收缩功能,既往多分析了游离壁长轴应

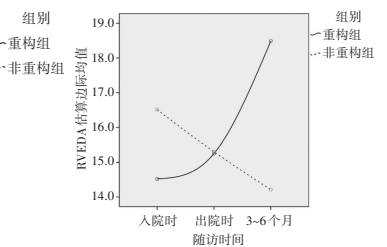


图4 两组RVEDA变化趋势图

变,而忽略了室间隔对右室收缩功能的影响。当近段右冠状动脉阻塞,右室游离壁血供受阻,运动减弱时,缺血的右室变得僵直并在舒张早期扩张,阻碍血液流入导致右室舒张压升高,使心包内急剧拥塞,室间隔协调的舒张期心室间相互作用加剧,右室游离壁无法正常收缩射血,输出均依赖于室间隔矛盾运动产生的收缩力^[10],而INFMI累及右室时,受损部位有左室下后壁、后室间隔及邻近的右室游离壁,此时由于室间隔收缩力下降而导致进一步的右室整体射血功能受损。有研究^[11]应用心脏MRI评估ST抬高型心梗患者急诊PCI后右室功能失常的程度,发现患者的预后与右室功能失常程度相关;当合并累及室间隔的左室功能失常时,患者的预后更差,说明右室游离壁功能失常,收缩减低的时候,左室室间隔可起关键性的代偿作用。另有学者^[12]对500例低危急性心肌梗死患者进行随访,除发现右室收缩功能恢复程度较大、恢复较快之外,还发现间隔壁运动指数的改善是预测TAPSE改善的唯一独立预测因子,对急性心肌梗死后的低危患者而言,右室功能的改善与室间隔运动异常的改善相关。本研究发现,重构组患者早期左、右心室功能受损更重,且室间隔纵向应变各参数恢复较慢。推断其中的可能机制为:相较右室,左室心肌遭受缺血再灌注损害后,心肌顿抑时间长,恢复慢,且部分损害不可逆。所以,对于一部分室间隔收缩功能受损重、恢复慢的患者,需要由恢复较快的右室壁重构来代偿,于是右室内径增大,RVEDA增大。本研究结果也证实了这一推断。

综上所述,应用2D-STI右室应变参数能够更精确地反映INFMI患者右室缺血性功能损伤的程度,以及PCI术后的恢复情况;右室重构的发生与间隔壁纵向应变恢复程度有关,间隔壁恢复较慢者更容易发生右室重构。本研局限性:引起右室重构的因素较多,本研究只着重在右室收缩功能方面,其他因素尚有待研究;右室重构可能还与时间有关,所以还有待更长期的随访及更多的数据来支持本研究相关结论。

参考文献

- [1] Hoogslag GE, Haec ML, Velders MA, et al. Determinants of right ventricular remodeling following ST-segment elevation myocardial infarction[J]. Am J Cardiol, 2014, 114(10): 1490-1496.
- [2] Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2010, 23(7): 685-713, 786-788.
- [3] Ivey-Miranda JB, Almeida-Gutiérrez E, Borrayo-Sánchez G, et al. Right ventricular longitudinal strain predicts acute kidney injury and short-term prognosis in patients with right ventricular myocardial infarction[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2019, 35(1): 107-116.
- [4] Bari MA, Roy AK, Islam MZ, et al. Acute inferior myocardial infarction with right ventricular infarction is more prone to develop cardiogenic shock[J]. Mymensingh Med J, 2015, 24(1): 40-43.
- [5] Nourian S, Hosseinsabet A, Jalali A, et al. Evaluation of right atrial function by two-dimensional speckle-tracking echocardiography in patients with right ventricular myocardial infarction[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2017, 33(1): 47-56.
- [6] Kanar BG, Tigen MK, Sunbul M, et al. The impact of right ventricular function assessed by 2-dimensional speckle tracking echocardiography on early mortality in patients with inferior myocardial infarction[J]. Clin Cardiol, 2018, 41(3): 413-418.
- [7] Carlsson M, Ugander M, Heiberg E, et al. The quantitative relationship between longitudinal and radial function in left, right, and total heart pumping in humans[J]. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 2007, 293(1): 636-644.
- [8] Risum N, Valeur N, Sogaard P, et al. Right ventricular function assessed by 2D strain analysis predicts ventricular arrhythmias and sudden cardiac death in patients after acute myocardial infarction[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2018, 19(7): 800-807.
- [9] Anavekar NS, Skali H, Bourgoun M, et al. Usefulness of right ventricular fractional area change to predict death, heart failure, and stroke following myocardial infarction (from the VALIANT ECHO Study)[J]. Am J Cardiol, 2008, 101(5): 607-612.
- [10] Albulushi A, Giannopoulos A, Kafkas N, et al. Acute right ventricular myocardial infarction[J]. Expert Rev Cardiovasc Ther, 2018, 16(7): 455-464.
- [11] Miszalski-Jamka T, Klimeczek P, Tomala M, et al. Extent of RV dysfunction and myocardial infarction assessed by CMR are independent outcome predictors early after STEMI treated with primary angioplasty[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2010, 3(12): 1237-1246.
- [12] Popescu BA, Antonini-Canterin F, Temporelli PL, et al. Right ventricular functional recovery after acute myocardial infarction: relation with left ventricular function and interventricular septum motion. GISSI-3 echo substudy[J]. Heart, 2005, 91(4): 484-488.

(收稿日期:2019-01-06)