

# 分层应变技术评估急性冠状动脉综合征患者经皮冠状动脉介入治疗术后左室收缩功能

辛开荣 周青 宋宏宁 雷佳瑞 陈思楷 郑华萍 王士锋

**摘要** **目的** 探讨分层应变技术在评估急性冠状动脉综合征(ACS)患者经皮冠状动脉介入治疗(PCI)术后左室收缩功能中的价值。**方法** 选取我院急性起病且首次确诊 ACS 并接受择期或急诊 PCI 术治疗的患者 44 例(ACS 组),以及正常体检者 40 例(对照组)。对对照组及 ACS 组术前、术后 1 周、术后 3 个月、术后 6 个月行超声心动图分层应变技术检查,分别采集心尖四腔、两腔、三腔心切面及二尖瓣、乳头肌、心尖短轴切面动态图像,连续 5 个心动周期;应用 Echo PAC 工作站及分析软件分别获取左室整体及受累节段心内膜下、中层、心外膜下 3 层心肌收缩期纵向应变(GLSendo、GLSmid、GLSepi、TLSendo、TLSmid、TLSepi)。根据冠状动脉造影结果筛选出受累节段,获取其心内膜下、中层、心外膜下 3 层心肌的纵向应变,并分析相应参数间的差异。**结果** 与对照组比较,ACS 组左室整体及受累节段各层心肌收缩期纵向应变均减低(均  $P < 0.05$ );与术前比较,ACS 组术后左室整体及受累节段各层心肌收缩期纵向应变均有改善,术后 1 周各应变参数稍增高,但差异无统计学意义;术后 3 个月、6 个月时改善明显(均  $P < 0.05$ )。**结论** PCI 术后左室各层心肌收缩功能均有所改善,且心内膜心肌应变的恢复早于心外膜下层心肌。应用分层应变技术获取的应变参数能准确评价 ACS 患者 PCI 术前后左室局部和整体收缩功能,能有效评估 PCI 疗效。

**关键词** 斑点追踪成像,二维;急性冠状动脉综合征;收缩功能,心室,左;冠状动脉介入治疗术,经皮  
[中图法分类号] R540.45;R541.4 [文献标识码] A

## Evaluation of left ventricular systolic function in patients with acute coronary syndrome after percutaneous coronary intervention by stratified strain technique

XIN Kairong, ZHOU Qing, SONG Hongning, LEI Jiarui, CHEN Sikai, ZHENG Huaping, WANG Shifeng  
Department of Ultrasound Imaging, Renmin Hospital of Wuhan University, Wuhan 430060, China

**ABSTRACT** **Objective** To explore the value of stratified strain technique in assessing the left ventricular systolic function changes after percutaneous coronary intervention (PCI) in patients with acute coronary syndrome (ACS). **Methods** Forty-four patients (ACS group) with acute onset and initial diagnosis of ACS and received elective or emergency PCI treatment, and 40 cases of normal physical examination (control group) were enrolled. Echocardiography stratified strain technique was performed on the control group and ACS group before operation, 1 weeks, 3 and 6 months after operation. The apical four-chamber, two-chamber, three-chamber incision and mitral, papillary muscle and apical short-axis dynamic images were collected for five consecutive cardiac cycles. Echo PAC workstation and analysis software were used to obtain the longitudinal strain (GLSendo, GLSmid, GLSepi, TLSendo, TLSmid, TLEpi) of the whole left ventricular and segments in the subendocardial, middle and epicardium. According to the results of coronary angiography, the affected segments were screened and the longitudinal strain of the subendocardial, middle and epicardium were obtained. And the differences of corresponding parameters were analyzed. **Results** Compared with the control group, the longitudinal strain of whole and affected segments of ACS group were significantly decreased (all  $P < 0.05$ ). The longitudinal strain of the whole left ventricular and affected segments were improved after operation, and the improvement was significant at 3 and 6 months after operation (all  $P < 0.05$ ). The parameters were slightly higher after 1 week operation, but the

difference was not statistically significant. **Conclusion** The myocardial systolic function of the left ventricle is improved after PCI, and the endocardial myocardium strain recovery is faster than subepicardial myocardium. The strain parameters obtained by stratified strain technique can accurately evaluate the local and total systolic function of left ventricle before and after PCI in patients with ACS, which can effectively evaluate the therapeutic effect of PCI.

**KEY WORDS** Speckle tracking imaging, two-dimensional; Acute coronary syndrome; Systolic function, ventricle, left; Coronary intervention, percutaneous

急性冠状动脉综合征 (acute coronary syndrome, ACS) 是一组由急性心肌缺血引起的临床综合征, 包括急性心肌梗死和不稳定型心绞痛。其病理基础为冠状动脉粥样硬化斑块破溃、不完全闭塞性血栓或继发性闭塞性血栓<sup>[1]</sup>。尽早恢复缺血心肌的血流灌注对提高患者生活质量尤为重要。经皮冠状动脉介入治疗 (percutaneous coronary intervention, PCI) 是应用心导管技术进行球囊扩张及血管内支架植入疏通扩张狭窄甚至闭塞的冠状动脉主干或其分支的管腔, 从而改善心肌血运的一种方法<sup>[2]</sup>。因此, 选择一种简便、无创、费用低的检查方法, 对 ACS 的早期诊断、药物治疗和介入治疗的疗效评价均极为重要<sup>[3]</sup>。分层应变技术是基于二维斑点追踪成像 (two-dimensional speckle tracking imaging, 2D-STI) 发展而来的更精确的应变分析技术, 本研究采用 2D-STI 分层应变技术获取 ACS 患者 PCI 术前及术后不同程度狭窄冠状动脉供血左室节段三层心肌收缩期纵向应变, 旨在评价 ACS 患者 PCI 术后左室局部收缩功能的恢复情况, 进而评价 PCI 术的疗效。

## 资料与方法

### 一、研究对象

选取 2014 年 11 月至 2015 年 4 月在我院心内科住院、急性起病且首次确诊为 ACS 的 44 例患者, 其中男 36 例, 女 8 例, 年龄 37~73 岁, 平均 (56.4±9.04) 岁。术前均行冠状动脉造影证实, 其中单支病变 8 例, 多支病变 36 例; 狭窄程度多在 75% 以上, 其中重度狭窄 38 例, 轻中度狭窄 6 例。34 例心电图有 ST 段改变; 38 例心肌酶谱异常。44 例患者均成功实施择期或急诊 PCI 治疗。另选同期我院门诊或住院的体检者 40 例, 年龄 40~71 岁, 平均 (53.2±9.18) 岁, 其中男 30 例, 女 10 例, 心率 60~100 次/min, 行心电图、超声心动图检查均未见明显异常。本研究经我院伦理委员会批准。

所有研究对象均无器质性心脏病和其他严重影响心功能的全身性疾病, 均知情同意、愿意参加及配合检

查。排除标准: 严重的瓣膜病、先天性心脏病、肺源性心脏病、心肌病、陈旧性心肌梗死、严重的心律失常、房室传导阻滞及有各种心脏外科手术史者等。

### 二、仪器与方法

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; 配有 EchoPAC 超声图像分析工作站。受检者取左侧卧位, 同步连接心电图, 常规超声心动图测量左房收缩末内径 (LVDs)、左室舒张末内径 (LVDd)、室间隔舒张末厚度 (IVSd)、二尖瓣口舒张早晚期峰值血流速度 (E、A); 采用双平面 Simpson 法测量左室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF)。再分别获取心尖四腔心、两腔心、左室长轴切面、左室短轴二尖瓣水平切面、乳头肌切面及心尖短轴切面的二维图像, 每个切面至少采集 5 个心动周期, 存盘备分析。运用 EchoPAC 工作站及分析软件, 在二维分层应变模式下分别于心尖四腔、两腔、三腔心切面, 二尖瓣、乳头肌及心尖短轴切面勾画心内膜, 生成感兴趣区, 调节感兴趣区的宽度使其与心肌厚度一致, 软件自动将心肌分为心内膜下、中层和心外膜下 3 层, 并获取左室 18 节段分层应变参数: 心内膜下心肌纵向应变 (longitudinal strain of endo-myocardium, LSendo)、中层心肌纵向应变 (longitudinal strain of mid-myocardium, LSmid)、心外膜下心肌纵向应变 (longitudinal strain of epi-myocardium, LSeppi), 并分别计算整体及受累节段心肌收缩期纵向应变跨壁梯度 ( $\Delta \text{GLS} = \text{GLS}_{\text{endo}} - \text{GLS}_{\text{epi}}$ ,  $\Delta \text{TLS} = \text{TLS}_{\text{endo}} - \text{TLS}_{\text{epi}}$ )。所有指标均在不同心动周期测量 3 次取其均值。所有图像均由两名观察者在未知冠状动脉造影结果的情况下进行。

ACS 患者于 PCI 术前、术后 1 周、术后 3 个月及术后 6 个月进行图像采集和心肌应变分析。比较对照组与 ACS 组, 以及 ACS 组术前与术后 1 周、术后 3 个月及术后 6 个月上述各超声参数。

### 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, 多组比较采用单因素方差分析; 两两比较行 LSD 检验。P<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

44 例 ACS 患者均于 PCI 术后 1 周复查, 受累节段总计 427 个节段; 术后 3 个月 42 例成功获取图像, 2 例失访, 受累节段总计 413 个节段; 术后 6 个月 39 例随访成功, 1 例失访, 2 例心律失常致图像质量不佳, 受累节段总计 386 个节段。对照组总计 720 个节段。

一、两组基本资料及常规超声参数比较

1. 对照组与 ACS 组年龄、性别、既往史、舒张压、收缩压、LVDd、LVDs、IVSd、E、A 比较, 差异均无统计学意义。ACS 组 PCI 术前心率较对照组稍快, 但差异无统计学意义。因此 ACS 组与对照组具有可比性。见表 1。

2. ACS 组术前 LVEF 较对照组低, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。随着术后时间的推移, LVEF 逐渐增高, 术后 3 个月、术后 6 个月与术前、术后 1 周比较差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ )。见表 2。

二、ACS 组与对照组左室整体及节段心肌收缩期

纵向应变比较

与对照组比较, ACS 组术前、术后 1 周、术后 3 个月整体及受累节段 LSendo、LSmid、LSepi、 $\Delta$ GLS、 $\Delta$ TLS 均减低, 差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ ); 术后 6 个月各参数增高明显, 与对照组比较差异均无统计学意义。ACS 组中, 与术前比较, PCI 术后 3 个月、术后 6 个月整体及受累节段 LSendo、LSmid、LSepi、 $\Delta$ GLS、 $\Delta$ TLS 增高明显, 差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ ); PCI 术后 1 周左室整体及受累节段各层心肌收缩期纵向应变稍增高, 但差异均无统计学意义; 与术后 1 周比较, PCI 术后 3 个月、术后 6 个月整体及受累节段 LSendo、LSmid、LSepi、 $\Delta$ GLS、 $\Delta$ TLS 增高明显, 差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ ); 与术后 3 个月比较, 术后 6 个月左室整体及受累节段 LSendo、LSepi 增高, 差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ ); LSmid、 $\Delta$ GLS、 $\Delta$ TLS 稍增高, 差异均无统计学意义。见表 3, 4 和图 1, 2。

表 1 两组基本资料比较

组别	男/女(例)	年龄(岁)	高血压(例)	糖尿病(例)	吸烟(例)	饮酒(例)	心率(次/min)	收缩压(mm Hg)	舒张压(mm Hg)
ACS 组(44)	36/8	56.4±9.04	21	8	20	9	71.8±11.3	120.3±12.6	74.1±13.4
对照组(40)	30/10	53.6±9.18	15	4	11	3	65.3±6.8	118.1±11.7	72.3±10.6

1 mm Hg=0.133 kPa。

表 2 两组常规超声参数比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	LVDd(cm)	LVDs(cm)	IVSd(mm)	E(cm/s)	A(cm/s)	LVEF(%)
ACS 组						
术前(44)	5.16±0.57	3.63±0.84	10.19±1.18	55.63±7.26	73.83±16.14	45.24±6.12 <sup>a</sup>
术后 1 周(44)	5.09±0.53	3.49±0.72	10.17±1.09	58.78±8.53	72.62±17.36	47.33±8.26 <sup>a</sup>
术后 1 个月(42)	4.93±0.59	3.45±0.85	10.18±1.25	61.06±9.24	71.53±14.22	54.97±9.82 <sup>abc</sup>
术后 6 个月(39)	4.87±0.72	3.43±0.78	10.17±1.16	62.84±10.01	67.72±15.73	58.28±9.23 <sup>abc</sup>
对照组(40)	4.82±0.42	3.21±0.53	10.18±1.21	65.96±10.21	61.45±12.08	66.34±5.36

与对照组比较, <sup>a</sup> $P < 0.01$ ; 与术前比较, <sup>b</sup> $P < 0.01$ ; 与术后 1 周比较, <sup>c</sup> $P < 0.05$ 。LVDd: 左室舒张末内径; LVDs: 左室收缩末内径; IVSd: 室间隔舒张末厚度; E: 二尖瓣口舒张早期峰值血流速度; A: 二尖瓣口舒张晚期峰值血流速度; LVEF: 左室射血分数。

表 3 两组左室整体心肌收缩期纵向应变比较( $\bar{x} \pm s$ ) %

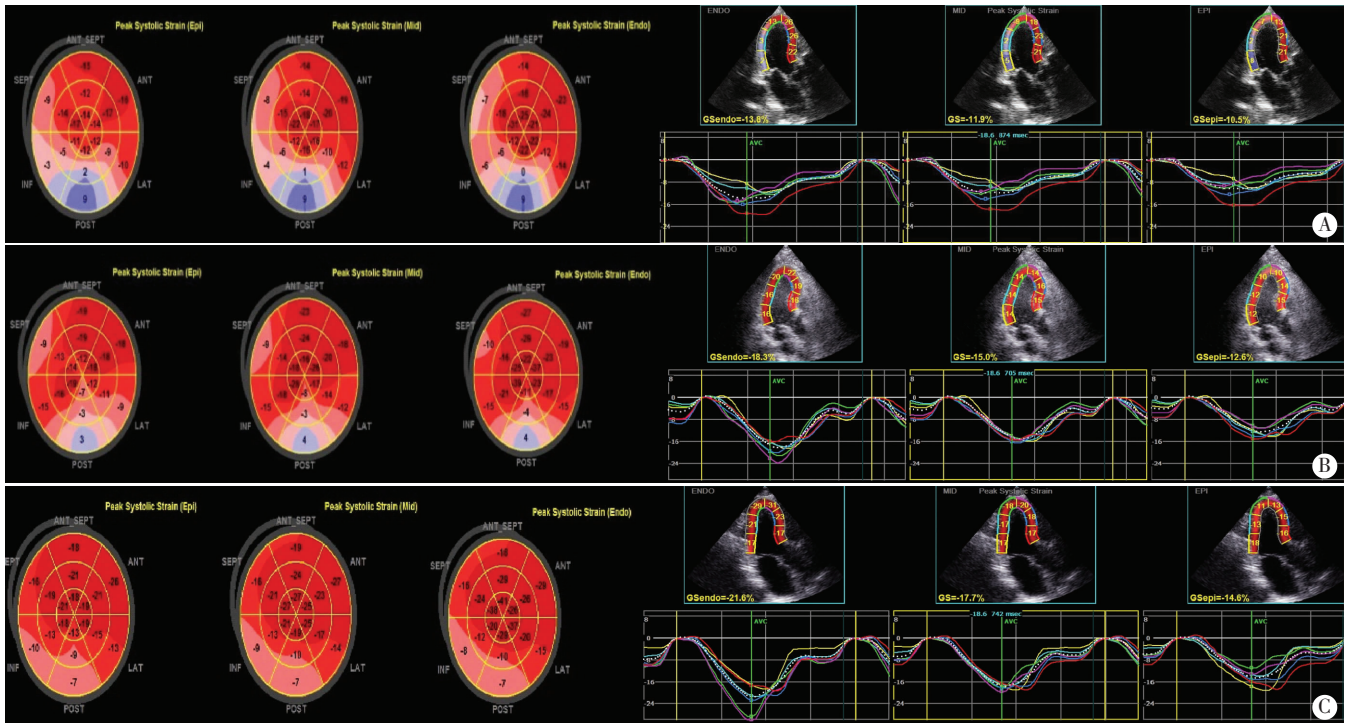
组别	GLSendo	GLSmid	GLSepi	$\Delta$ GLS
ACS 组				
术前(44)	-13.98±7.63 <sup>a</sup>	-11.07±6.71 <sup>a</sup>	-9.83±5.75 <sup>a</sup>	-4.15±1.23 <sup>a</sup>
术后 1 周(44)	-14.63±6.47 <sup>a</sup>	-11.35±6.03 <sup>a</sup>	-10.17±5.71 <sup>a</sup>	-4.46±1.18 <sup>a</sup>
术后 3 个月(42)	-19.25±7.85 <sup>abc</sup>	-15.93±6.12 <sup>abc</sup>	-13.06±5.67 <sup>abc</sup>	-6.19±1.34 <sup>abc</sup>
术后 6 个月(39)	-25.93±7.74 <sup>abcd</sup>	-19.24±6.79 <sup>bc</sup>	-17.27±5.43 <sup>bcd</sup>	-7.66±1.27 <sup>bc</sup>
对照组(40)	-26.84±9.22	-20.75±7.06	-18.86±5.27	-7.98±1.21

与对照组比较, <sup>a</sup> $P < 0.01$ ; 与术前比较, <sup>b</sup> $P < 0.01$ ; 与术后 1 周比较, <sup>c</sup> $P < 0.01$ ; 与术后 3 个月比较, <sup>d</sup> $P < 0.05$ 。GLSendo: 心内膜下整体心肌纵向应变; GLSmid: 中层整体心肌纵向应变; GLSepi: 心外膜下整体心肌纵向应变;  $\Delta$ GLS: 整体心肌收缩期纵向应变跨壁梯度。

表 4 两组左室受累节段心肌收缩期纵向应变比较

组别	节段(个)	TLSendo(%)	TLSmid(%)	TLSepi(%)	$\Delta$ TLS(%)
ACS 组					
术前(44)	427	-13.33±7.12 <sup>a</sup>	-10.84±6.78 <sup>a</sup>	-9.27±5.24 <sup>a</sup>	-4.06±1.32 <sup>a</sup>
术后 1 周(44)	427	-13.74±6.55 <sup>a</sup>	-11.16±5.81 <sup>a</sup>	-9.45±5.09 <sup>a</sup>	-4.29±1.35 <sup>a</sup>
术后 3 个月(42)	413	-18.72±7.55 <sup>abc</sup>	-15.79±5.98 <sup>abc</sup>	-12.75±5.24 <sup>abc</sup>	-5.97±1.19 <sup>abc</sup>
术后 6 个月(39)	386	-24.36±7.61 <sup>abcd</sup>	-19.13±6.63 <sup>bc</sup>	-16.23±5.63 <sup>bcd</sup>	-7.53±1.27 <sup>bc</sup>
对照组(40)	720	-26.84±9.22	-20.75±7.06	-18.86±5.27	-7.98±1.38

与对照组比较, <sup>a</sup> $P < 0.01$ ; 与术前比较, <sup>b</sup> $P < 0.01$ ; 与术后 1 周比较, <sup>c</sup> $P < 0.01$ ; 与术后 3 个月比较, <sup>d</sup> $P < 0.05$ 。TLSendo: 心内膜下节段心肌纵向应变; TLSmid: 中层节段心肌纵向应变; TLSepi: 心外膜下节段心肌纵向应变;  $\Delta$ TLS: 节段心肌收缩期纵向应变跨壁梯度。



A: 术前 ( $\Delta\text{GLS}=-3.1\%$ ,  $\Delta\text{LS}=-2.9\%$ ); B: 术后 1 周 ( $\Delta\text{GLS}=-3.2\%$ ,  $\Delta\text{LS}=-3.3\%$ ); C: 术后 3 个月 ( $\Delta\text{GLS}=-5.9\%$ ,  $\Delta\text{LS}=-5.7\%$ ); D: 术后 6 个月 ( $\Delta\text{GLS}=-6.9\%$ ,  $\Delta\text{LS}=-7.0\%$ )。

图 1 ACS 组同一患者不同检查时间牛眼图和心尖长轴切面纵向应变曲线图, 术前左室受累节段各层心肌整体收缩期纵向应变明显减低, 色彩变浅, 甚至逆转为蓝色; PCI 术后纵向应变牛眼图显示相应病变节段各层心肌整体收缩期应变峰值逐渐上升, 部分恢复较好的节段变为红色。应变曲线的波峰及跨壁梯度逐渐增大, 曲线走行尚一致

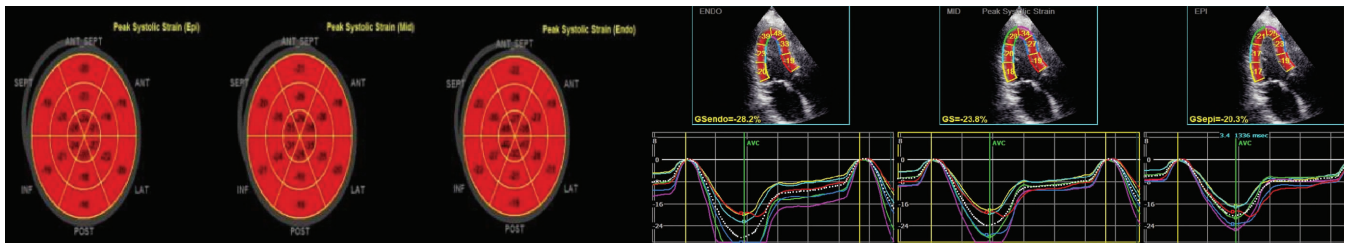


图 2 对照组纵向应变牛眼图和左室长轴切面纵向应变曲线图, 左室各层心肌整体收缩期纵向应变呈均匀红色。应变曲线峰值较大, 曲线走行一致 ( $\Delta\text{GLS}=-7.7\%$ ,  $\Delta\text{LS}=-7.9\%$ )

### 讨 论

由于急性心肌缺血缺氧及病情的进展, ACS 患者多存在左室舒张与收缩功能障碍。PCI 通过在“罪犯”血管的适宜部位放置支架, 从而改善缺血心肌的血流灌注, 其为治疗 ACS 的重要手段<sup>[4]</sup>。正常心室肌分 3 层: 心外膜下层肌纤维为斜行, 心内膜下层肌纤维为纵向走行, 而心脏中层肌纤维呈环形走行<sup>[5]</sup>。因心内膜下层心肌承受更高的室壁张力, 冠状动脉病变时心内膜下层心肌血流量首先减少, 心肌血流量在心内膜下和外膜下均呈现不均匀分布。左室心肌纤维走行的解剖特点及冠状动脉病变时左室不同层次心肌缺血累及程度的差异, 是进一步评价左室心肌分层功能的理论基础, 基于常规 2D-STI 技术的心肌分层应变分析技术为精

确评价左室各层心肌局部功能提供了可能。分层应变技术是 2D-STI 技术发展而来, 能分层评价心肌三层结构的应变, 量化各节段心肌的峰值速度和应变, 从而更准确有效地对各层心肌纵向应变进行评价<sup>[6]</sup>。本研究中, 受冠状动脉病变的影响, ACS 患者局部心肌缺血缺氧, 收缩活动受到抑制, 左心收缩功能明显降低, 左室受累节段各层心肌收缩期应变峰值明显减低。因入组的 ACS 患者多有心肌酶谱异常, 冠状动脉造影结果显示大部分患者的多支血管有中、重度病变, 则心肌缺血面积较大, 与对照组比较, ACS 组术后早中晚期左室收缩功能逐渐改善, 但尚未完全恢复到至健康水平, ACS 患者左心收缩功能及左室受累节段各层心肌的应变峰值仍低于对照组。

PCI 治疗虽然能确保“罪犯”血管再通, 恢复血供,

但由于部分心肌节段水肿、微血管结构损伤、微循环再灌注损伤、微血管痉挛与微循环栓塞等问题,短期内部分患者心肌依旧无法达到真正意义上的心肌再灌注<sup>[7]</sup>。本研究中的 ACS 患者 PCI 术后 1 周心功能、左室整体及受累节段各层心肌收缩期纵向应变较术前稍增高,但与 PCI 术前比较,差异不明显。术后 3 个月,左室整体及受累节段各层心肌纵向应变和跨壁梯度明显增高,且随着时间的推移,左室各层心肌收缩期应变值增大幅度明显,随着抑顿心肌和冬眠心肌的激活和缺血再灌注增加,存活心肌的功能逐渐恢复<sup>[8]</sup>,心肌缺血情况得到持续有效的改善,左室收缩期各层心肌整体及受累节段纵向应变上升,术后 6 个月时各项指标接近正常。

正常的左室心内膜下心肌的收缩期纵向应变高于心外膜下心肌,即存在一定的跨壁梯度。由于心内膜下心肌对缺血缺氧更为敏感,心肌缺血缺氧导致的形态学和功能的变化也主要发生于心内膜下层<sup>[9]</sup>,因此 ACS 患者术前 $\Delta$ GLS、 $\Delta$ TLS 均低于对照组(均  $P < 0.05$ )。随着术后时间的延长,ACS 患者受累节段心肌纵向应变峰值跨壁梯度逐渐增大,心内膜下层心肌纵向应变增高幅度大于心外膜下层心肌,从本研究结果可以得出,心内膜心肌应变的恢复早于心外膜下层心肌。原因可能为心内膜下心肌的冠状动脉灌注受左室压力的影响大,左室收缩时心内膜层增厚需要更多的血氧供应。且分布在心内膜下心肌的微血管数量多<sup>[10-11]</sup>。当 PCI 术改善缺血心肌的血流灌注,相对于心外膜下层和心内膜下存活心肌可能得到更多的血氧供应。心肌分层应变技术具有无创性,通过对心肌室壁运动分析,实时反映各层心肌运动的恢复情况,能够实时的判断 PCI 术后疗效<sup>[12]</sup>,具有较高的临床应用价值。

心肌分层应变技术局限于二维层面分析图像,而心脏的收缩运动是在复杂的三维立体空间进行。因此分层应变技术尚不能在心脏的立体空间层面分析各层心肌的运动,临床实际应用存在一定的局限性。

综上所述,ACS 患者接受 PCI 术后,其左室纵向收缩功能有不同程度的恢复,且心内膜心肌纵向应变的恢复早于心外膜下层心肌。基于 2D-STI 技术发展而来的分层应变技术能较好地评估患者 PCI 术后不同

时间段左室各层心肌纵向运动的恢复情况,能够在一定程度上准确评价 PCI 术的临床疗效。

#### 参考文献

- [1] 谌绍林,朱健华,丁敏.急性冠脉综合征健康教育效果评价指标的研究进展[J].中华护理杂志,2010,45(6):571-573.
- [2] Hannan EL, Racz MJ, Walford G, et al. Long-term outcomes of coronary-artery bypass grafting versus stent implantation[J]. N Engl J Med, 2005, 352(21):2174-2183.
- [3] 王新房,谢明星.超声心动图学[M]. 5 版.北京:人民卫生出版社,2016:529-530.
- [4] 陈爱芳,鹿丽.冠心病患者 PCI 手术前后左心室运动功能观察[J].山东医药,2015,55(27):60-61.
- [5] Torrent-Guasp F, Kocica MJ, Corno AF, et al. Towards new understanding of the heart structure and function[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2005, 27(2):191-201.
- [6] Sarvari SI, Haugaa KH, Zahid W, et al. Layer-specific quantification of myocardial deformation by strain echocardiography may reveal significant CAD in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2013, 6(5):535-544.
- [7] 杨跃进,赵京林,李向东,等.通络药物防治急性心肌梗死再灌注后心肌无再流的作用和机制[J].中国科技成果,2016,17(12):73-74.
- [8] Gibson CM, Cannon CP, Murphy SA, et al. Relationship of the TIMI myocardial perfusion grades, flow grades, frame count, and percutaneous coronary intervention to long-term outcomes after thrombolytic administration in acute myocardial infarction[J]. Circulation, 2002, 105(16):1909-1913.
- [9] 汪彩英,林来红,张苗,等.超声三维斑点追踪技术评价冠心病患者左心室整体收缩功能的研究[J].中国医药导报,2013,10(31):100-103.
- [10] Matre K, Fannelop T, Dahle GO, et al. Radial strain gradient across the normal myocardial wall in open-chest pigs measured with Doppler strain rate imaging[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2005, 18(10):1066-1073.
- [11] 崔洪岩,礼广森,张宇虹,等.斑点追踪成像技术评价表阿霉素对乳腺癌患者左心室心肌纵向分层应变的影响[J].中国介入影像与治疗学,2016,13(12):753-756.
- [12] 林勇,胡绚,张建兴,等.二维斑点追踪技术评价冠心病患者 PCI 术后左室心肌运动功能改变的价值[J].实用医学杂志,2016,32(11):1787-1790.

(收稿日期:2017-10-14)