论著

文章编号:1000-5404(2012)08-0776-05

斑点追踪成像评价冠心病患者CABG或PCI术治疗前后左室收缩功能

王丽萍,夏红梅,蒋 演,任 冰,李晓渝,高云华 (400037 重庆,第三军医大学新桥医院超声科)

[摘要] **目的** 应用斑点追踪成像技术(speckle tracking imaging,STI)评价冠心病患者行冠脉内支架置入术(percutaneous coronary intervention,PCI)或冠脉搭桥术(coronary artery by pass grafting,CABG)前后不同阶段左心室的局部和整体收缩功能。**方法** 选取新桥医院心内科2010年11月至2011年10月期间行PCI术治疗的冠心病患者35例(男性21例,女性14例),年龄(56.1±12.5)岁,选取本院心外科同期行CABG手术治疗的冠心病患者30例(男性19例,女性11例),年龄(57.8±14.8)岁,分别于手术前3 d、术后1、3、6个月时行超声心动图检查,采集相应时间点的左心室二维图像;另选年龄性别相匹配的48名健康者作为正常对照组;比较分析其常规超声心动图参数、二维应变参数的变化差异,以及各组在各时间点内的相关性。**结果** ①冠心病PCI组及CABG组术前常规心脏超声参数(E/A、LVEF)STI,参数(GBLS、GBRS、GBCS、Prot apex、Prot base、Ptw)均显著低于正常对照组($P<0.05$)。②冠心病PCI组术后1、3、6个月各阶段的参数值均较术前增高且呈递增趋势,但仍低于正常对照组($P<0.05$);术后各阶段参数值与术前比较差异显著($P<0.05$)。③冠心病CABG组术后3、6个月STI参数与正常组比较,差异有统计学意义($P<0.05$),但术后1个月测值较术前比较无明显改善($P>0.05$)。④PCI及CABG组的GBLS、GBRS、GBCS均与LVEF显著性相关($P<0.01$)。**结论** STI可以定量评价冠心病患者行PCI或CABG手术治疗前后左室局部及整体收缩功能,对评价治疗效果及预后具有重要的临床价值。

[关键词] 斑点追踪成像;冠心病;冠脉搭桥术;冠状动脉内支架置入术;二维应变
[中图法分类号] R540.45;R541.4;R654.2 [文献标志码] A

Assessment of left ventricular systolic function in patients with coronary heart disease before and after PCI or CABG with speckle tracking imaging

Wang Liping, Xia Hongmei, Jiang Yan, Ren Bing, Li Xiaoyu, Gao Yunhua (Department of Ultrasonography, Xinqiao Hospital, Third Military Medical University, Chongqing, 400037, China)

[**Abstract**] **Objective** To assess the regional and global systolic function of left ventricle before and after PCI or CABG with speckle tracking imaging (STI). **Methods** Thirty-five patients with coronary heart disease (21 males and 14 females with an average age of 56.1±12.5 years) and 30 patients with coronary heart disease (19 males and 11 females with an average age of 57.8±14.8 years) admitted to our hospital from November 2010 to October 2011 for PCI and CABG, respectively, were enrolled in this study. They underwent echocardiography 3 d before operation and 1, 3, 6 months after operation. Their left ventricular 2D strain data were collected at the corresponding time points. Forty-eight age- and gender-matched healthy subjects served as a control group. Parameters of routine echocardiography and 2D strain obtained at different time points and their correlation were compared and analyzed. **Results** The parameters of preoperative routine echocardiography, E/A, GBLS, GBRS, GBCS, Prot apex, Prot base, and Ptw, were significantly lower in PCI group and CABG group than in control group ($P<0.05$) and significantly higher in PCI group 1, 3, and 6 months after operation than in control group ($P<0.05$). However, no significant difference was found in these parameters 1 month after CABG operation and before operation ($P>0.05$). The GBLS, GBRS, and GBCS were significantly correlated with the systolic function of left ventricle in PCI and CABG groups ($P<0.01$). **Conclusion** STI can be used to assess the regional and global systolic function of left ventricle in patients with coronary heart disease before and after PCI or CABG, and is of important value for the treatment and prognosis of such patients.

[**Key words**] speckle tracking imaging; coronary heart disease; coronary artery bypass grafting; percutaneous coronary intervention; two-dimensional strain

Corresponding author: Xia Hongmei, E-mail: xiahm985206@126.com

[通信作者] 夏红梅,E-mail:xiahm985206@126.com

冠心病(coronary artery disease,CAD)的主要病因是冠状动脉粥样硬化,临床上可运用经皮冠状动脉内支架置入术(percutaneous coronary intervention,PCI)或冠状动脉搭桥术(coronary artery by pass grafting,CABG)对该疾病进行再血管化治疗,从而改善心肌血液供应。但一直以来都缺乏一种准确性高、重复性强的方法来评估临床治疗效果及预后。斑点追踪成像技术(speckle tracking imaging,STI)是新一代无创性室壁运动分析技术,因为它具有时间分辨率高、无角度依赖性等优点,能更全面、准确的评价心肌运动[1-2]。本研究应用STI定量分析冠心病患者在PCI或CABG手术前后左室整体及局部收缩功能的变化,为评价临床治疗效果提供可靠的依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

1.1.1 PCI组 收集2010年11月至2011年10月在第三军医大学新桥医院心内科接受PCI治疗的冠心病患者35例,年龄41~73(56.1±12.5)岁,其中男性21例,女性14例,均行冠状动脉造影,证实均有狭窄75%以上的单支或多支病变,并成功施行PCI。

1.1.2 CABG组 选取同期在本院心外科成功实施冠状动脉搭桥术的冠心病患者30例,年龄42~76(57.8±14.8)岁,其中男性19例,女性11例,冠脉造影结果均有LAD、LCX狭窄75%以上,有或无RCA狭窄,2支病变14例,3支以上病变16例。PCI、CABG组所有患者均为病史、临床体征、心电图、心肌酶谱、冠脉造影等所确诊的冠心病患者,排除标准:合并慢阻肺、肾功能损害;先天性心脏病、严重的瓣膜疾病和心肌病患者;严重的心律失常、传导阻滞、心包疾病患者;有心脏手术史,同时行人工瓣置换等其他心脏手术者;不能配合检查,透声条件差不能获取满意图像者。病例组所有患者均于手术前3 d、术后1、3、6个月行超声心动图检查并采集图像,检查资料完整。

1.1.3 正常对照组 选择同期我院门诊健康体检者48例,年龄40~72(54.9±13.6)岁,其中男性30例,女性18例,均经临床体格检查、心电图、心肌酶谱、超声心动图等检查排除器质性心脏病和其他影响心功能的全身性疾病。

所有受检者均可获得满意的二维超声图像。以上3组受检者对相应检查均知情同意,且年龄、性别等临床资料差异均无统计学意义。

1.2 仪器与方法

1.2.1 实验仪器 采用Philips iE33超声诊断仪,选用S5-1心脏超声探头(频率1~5 MHz,帧频60~90帧/s),随机配有Qlab 8.1工作站分析软件。

1.2.2 图像采集 受检者左侧卧位,平静呼吸,连接胸导联心电图,同步记录心电图。应用S5-1心脏探头,常规测量各腔室内径并采集二尖瓣口血流频谱,测量二尖瓣舒张期峰值血流速度E、A,并计算E/A;测量LVDd(左心室舒张末内径)和LVDs(左心室收缩末内径),并采用Simpson's双平面法测量LVEF(左心室射血分数);然后受检者于呼气末屏气,分别储存心尖左室长轴切面、四腔切面、两腔切面以及二尖瓣水平、乳头肌水平和心尖水平左室短轴切面的二维灰阶动态图像,帧频>60帧/s,取心率稳定的连续3个心动周期清晰二维图像备脱机分析。图像包含完整的心肌节段,并尽可能清晰显示心内膜与心外膜;3个短轴切面尽量呈圆形,置于图像中央;取左室心底切面时避开瓣环,清晰可见二尖瓣前后叶活动;取心尖切面时要求图像上无乳头肌显示,尽量靠近心尖且心室腔未消失。

1.2.3 图像处理与分析 将存储的二维图像导入Qlab8.1工作站,使用CMQ分析插件进行分析,选择图像分析模式,选取心内膜清晰的图像,软件自动生成感兴趣区域(ROI),手动调节ROI至满意覆盖心内膜及心外膜,系统将追踪感兴趣区内的回声斑点,计算生成应变曲线。系统将长轴心尖位切面分为17个节段,左室短轴切面分为18个节段(参照Beckmann18段分析法),系统处理后得到各切面的二维应变曲线,自动记录收缩期应变峰值及达峰时间,得到各节段收缩期最大的纵向、径向、圆周应变值(LS、RS、CS),应变值无单位,以%表示,系统将所有室壁节段的收缩期峰值应变进行平均后获得整体纵向、径向、圆周应变值(GBLS、GBRS、GBCS);经自动追踪处理后,系统自动显示出左室内膜旋转、外膜旋转、平面旋转曲线图,直接得到左心室短轴基底部、心尖部旋转角度峰值(Prot base、Prot apex),平面旋转为基底水平及心尖水平整体的旋转角度,左心室整体扭转(Ptw)=心尖部平面旋转-基底部平面旋转。记录各项数据,上述参数均取3个心动周期平均值,并测量3次取其均值分析。

1.3 统计学分析

数据以$\bar{x}\pm s$表示,采用SPSS 17.0统计软件进行分析,术前、术后与对照组比较以及同时刻不同组间比较均采用单因素方差分析,同组不同时间点间比较采用重复测量的方差分析,参数相关性采用Pearson相关分析。

2 结果

2.1 冠心病PCI组、CABG组手术前后与正常对照组常规心脏超声参数比较

PCI、CABG组术前LVDd、LVDs值均大于正常对照组($P>0.05$);两组术前M型超声LVEF、E/A均低于正常组($P<0.01$);PCI组术后1个月LVEF较术前增大($P<0.05$),术后3、6个月E/A和LVEF测值均较术前明显增大($P<0.05$);CABG组术后1个月E/A、LVEF值较术前稍减低($P>0.05$),术后3、6月E/A和LVEF均较术前增大($P<0.05$);术后相同时刻PCI组和CABG组LV EF测值比较差异显著($P<0.05$),见表1。

2.2 冠心病PCI组、CABG组手术前后与正常对照组STI参数变化比较

PCI组、CABG组术前,患者6个切面的峰值收缩总应变均低于正常对照组,两组患者术前GBLS、GBRS、GBCS的绝对值均显著低于正常对照组($P<0.01$)。PCI组术后1、3、6个月其对应的GBLS、GBRS、GBRS均较术前改善,呈递增趋势,但仍低于正常对照组($P<0.05$);PCI组术后各时间段组与术前比较差异均有统计学意义($P<0.05$)。CABG组术后各组均与正

常对照组差异显著($P<0.01$),术后1个月GBLS、GBRS、GBCS测值较术前比较无明显改善、无统计学意义($P>0.05$);术后3个月逐渐恢复并较术前改善($P<0.05$);术后6个月较术前及术后1个月显著改善且有统计学意义($P<0.05$),见表2。

3组二维应变曲线形态规律见图1。正常对照组应变曲线排列规律,轮廓较整齐,波峰值较大,相对均一,应变幅度在同一水平不同节段分布较一致;PCI组术前心肌节段应变曲线轮廓欠规则,波形形态各异,大小不一,应变幅度较正常对照组减低,缺血节段曲线低平,与正常组比较LS、RS和CS整体应变峰值均有不同程度下降;PCI组术后6个月各缺血节段应变幅度较术前有明显改善,应变曲线峰值增加显著;CABG组术前心肌节段应变曲线轮廓不规则,曲线杂乱无章、波形形态紊乱,缺血心肌节段峰值低平或波峰倒置,与正常组比较心肌节段LS、RS和CS整体应变峰值显著降低;CABG组术后6个月心肌节段应变曲线形态渐趋规则,应变幅度增大,整体应变峰值较术前明显增加。

表1 各组手术前后常规心脏超声参数($\bar{x}\pm s$)

组别	n	LVDd (cm)	LVDs (cm)	E峰(cm/s)	A峰(cm/s)	E/A	LVEF (%)
正常对照组	48	4.82±0.69	3.14±0.79	61.7±13.2	58.2±14.6	1.16±0.42	66.34±10.35
冠心病PCI组	35						
术前		5.28±0.73	3.42±0.85	65.4±15.3	74.2±18.1^{b}	0.78±0.28^{b}	48.74±9.15^{b}
术后1个月		5.08±0.57	3.34±0.82	67.5±14.6	71.6±15.9^{b}	0.92±0.35^{b}	55.26±9.24^{bc}
术后3个月		4.97±0.62	3.42±0.73	69.8±16.4	70.2±14.4^{b}	0.95±0.41^{ac}	58.33±10.06^{cd}
术后6个月		4.85±0.71	3.38±0.75	72.3±15.8	67.5±16.8^{a}	1.04±0.57^{c}	59.85±9.87^{bde}
冠心病CABG组	30						
术前		5.56±1.04	3.58±1.26	68.5±17.6	78.8±19.7^{b}	0.73±0.33^{b}	45.61±9.11^{b}
术后1个月		5.42±0.78	3.46±1.31	69.7±15.2	80.3±20.8^{b}	0.71±0.43^{b}	44.15±10.12^{bh}
术后3个月		5.18±0.81	3.39±1.14	71.3±18.7	75.5±19.5^{b}	0.94±0.39^{ac}	51.96±8.35^{bdeh}
术后6个月		5.02±0.65	3.29±0.92	73.5±16.5	72.2±17.4^{b}	1.03±0.35^{ce}	54.39±9.72^{bdfg}

a:$P<0.05$,b:$P<0.01$,与正常对照组比较;c:$P<0.05$,d:$P<0.01$,与同组术前比较;e:$P<0.05$,f:$P<0.01$,与同组术后1个月比较;g:$P<0.05$,h:$P<0.01$,与PCI组对应时间比较

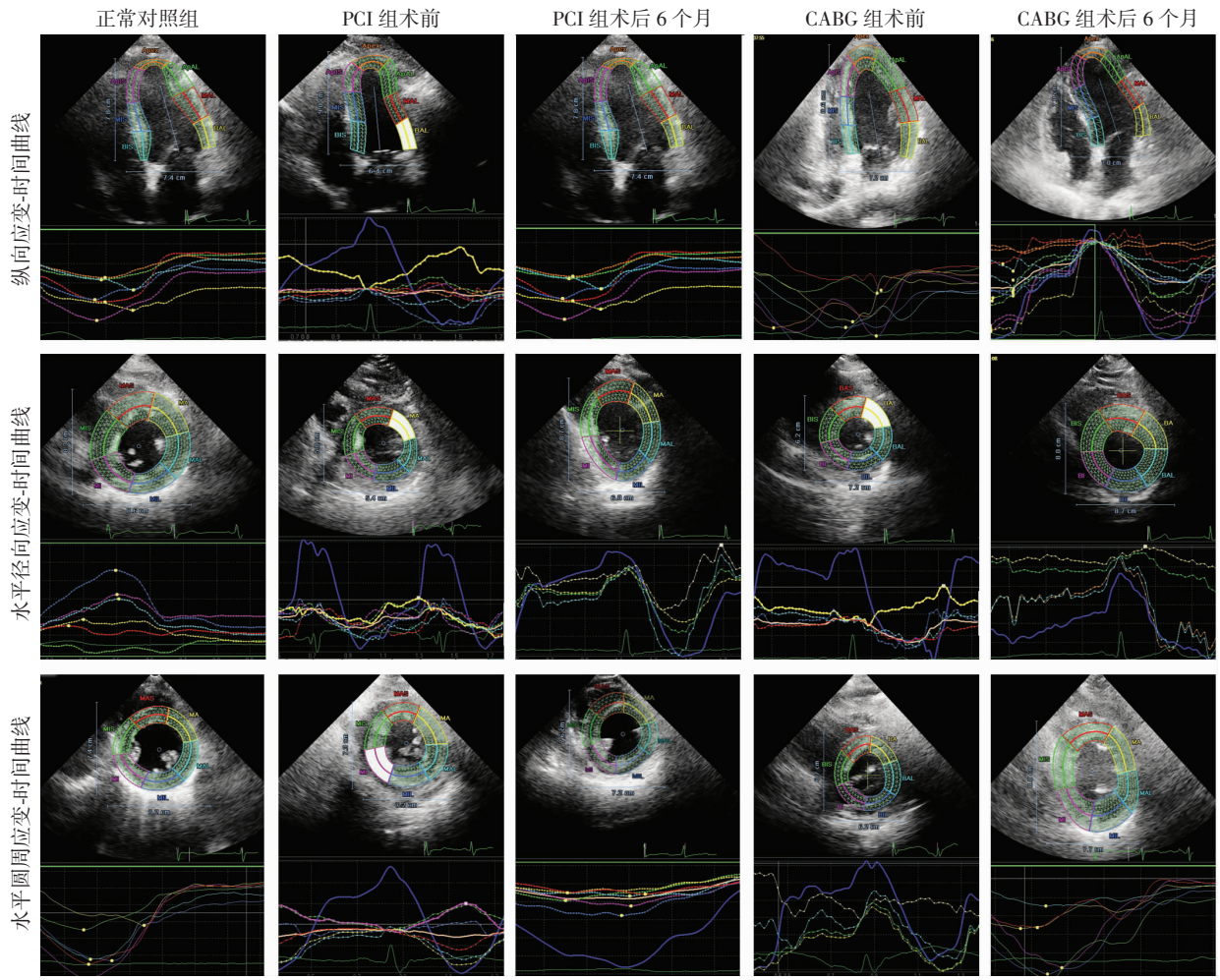


图1 3组二维斑点追踪成像应变曲线分析

表 2 各组、PCI 组手术前后 GPLS、GPRS、GPCS 及 LVEF 比较（$\bar{x} \pm s$）

组别	n	GBLS	GBRS	GBCS	LVEF
正常对照组	48	−23.54 ±7.75	34.63 ±8.48	−26.47 ±6.62	63.27 ±9.64
冠心病 PCI 组	35				
术前		−13.46 ±5.36^{a}	19.54 ±5.59^{a}	−13.58 ±4.38^{a}	46.56 ±8.85^{a}
术后 1 个月		−15.86 ±5.75^{ac}	23.46 ±6.87^{ac}	−16.45 ±5.57^{ac}	52.34 ±9.64^{ac}
术后 3 个月		−16.83 ±6.15^{ad}	25.43 ±6.64^{ad}	−18.46 ±5.12^{ad}	54.64 ±9.23^{ad}
术后 6 个月		−18.52 ±6.47^{ad}	27.37 ±7.38^{ade}	−20.52 ±4.94^{adf}	56.37 ±8.72^{ad}
冠心病 CABG 组	30				
术前		−11.62 ±4.81^{a}	17.68 ±5.28^{a}	−11.53 ±5.08^{a}	43.62 ±8.63^{a}
术后 1 个月		−12.54 ±5.62^{ag}	18.05 ±4.93^{ah}	−11.89 ±5.27^{ah}	45.28 ±9.67^{ah}
术后 3 个月		−15.25 ±5.79^{ac}	22.74 ±6.59^{adf}	−15.68 ±6.76^{ade}	49.62 ±7.78^{acg}
术后 6 个月		−17.36 ±6.04^{ad}	24.63 ±7.43^{adf}	−17.46 ±6.14^{adfg}	51.36 ±9.15^{adeg}

a：$P<0.05$，b：$P<0.01$，与正常对照组比较；c：$P<0.05$，d：$P<0.01$，与同组术前比较；e：$P<0.05$，f：$P<0.01$，与同组术后 1 个月比较；g：$P<0.05$，h：$P<0.01$，与 PCI 组对应时间比较

2.3 冠心病 PCI 组、CABG 组二维整体应变参数与 LVEF 的相关分析

PCI 及 CABG 组的二维整体应变参数与 LVEF（Simpson's 双平面法测量所得）均显著相关，GBLS 与 LVEF 相关性最高，GBCS 次之，GBRS 最低。PCI 组：GBLS（$r=-0.733$，$t=12.647\,5$，$P<0.01$）、GBCS（$r=-0.621$，$t=9.315$，$P<0.01$）、GBRS（$r=0.537$，$t=7.470$，$P<0.01$）；CABG 组：GBLS（$r=-0.655$，$t=9.411$，$P<0.01$）、GBCS（$r=-0.605$，$t=8.243$，$P<0.01$）、GBRS（$r=0.512$，$t=6.480$，$P<0.01$）。

2.4 心底、心尖旋转角度及左室整体扭转角度检测结果比较

两病例组术前心尖及基底部整体旋转角度（Prot）及左室整体扭转角度（Ptw）均明显低于正常对照组（$P<0.01$）。与术前比较，PCI 组术后 1、3、6 个月心尖、心底短轴切面整体旋转角度及左室整体扭转角度较术前均显著增加（$P<0.05$），但仍低于正常对照组（$P<0.05$）；PCI 组术后各时间段测值与相同时刻 CABG 组比较差异均有统计学意义（$P<0.05$）。CABG 组术后 1 个月尽管心尖及心底旋转角度峰值、左室整体扭转角度较术前略有增加，但与术前比较差异无统计学意义（$P>0.05$）；CABG 术后第 3 个月、第 6 个月上述指标均有所改善，心尖、心底旋转角度和左室整体扭转角度与术前及术后 1 个月比较有统计学差异（$P<0.05$），但仍明显低于正常对照组（$P<0.05$），见表 3。

表 3 各组 PCI、CABG 手术前后基底部、心尖部整体旋转角度及左室整体扭转角度比较（$\bar{x} \pm s$）

组别	n	基底部旋转角度（°）	心尖部旋转角度（°）	左室整体扭转角度（°）
正常对照组	48	−8.18 ±2.67	9.38 ±2.72	17.56 ±3.41
冠心病 PCI 组	35			
术前		−4.57 ±2.16^{b}	5.17 ±2.25^{b}	9.74 ±3.61^{b}
术后 1 个月		−5.84 ±2.03^{bc}	6.58 ±2.86^{bc}	12.42 ±4.77^{bd}
术后 3 个月		−6.68 ±2.45^{ad}	7.04 ±3.12^{ad}	13.72 ±3.86^{bd}
术后 6 个月		−7.27 ±2.41^{adf}	8.15 ±2.63^{ade}	15.42 ±4.38^{adf}
冠心病 CABG 组	30			
术前		−3.98 ±1.92^{b}	4.38 ±2.36^{b}	8.36 ±2.93^{b}
术后 1 个月		−4.52 ±2.15^{bg}	4.83 ±1.98^{bh}	9.35 ±2.97^{bh}
术后 3 个月		−5.33 ±1.86^{bdg}	5.64 ±2.27^{bcg}	10.97 ±3.19^{bdeh}
术后 6 个月		−6.05 ±2.23^{bdfg}	6.74 ±2.81^{adfg}	12.79 ±3.83^{bdfg}

a：$P<0.05$，b：$P<0.01$，与正常对照组比较；c：$P<0.05$，d：$P<0.01$，与同组术前比较；e：$P<0.05$，f：$P<0.01$，与同组术后 1 个月比较；g：$P<0.05$，h：$P<0.01$，与 PCI 组对应时间比较

3 讨论

冠心病患者通过行 PCI 术或 CABG 术重建冠状动脉血液循环，恢复缺血心肌的血氧供给，可改善存活心肌（包括冬眠心肌、顿抑心肌）的收缩功能，进而提高整体心功能[3]。目前，临床上多采用传统二维和 M 型超声心动图评价术后疗效，但在一定程度上二者的准确性受主观影响较大，并存在着多方面的局限性。STI 根据组织灰阶原理，自动追踪感兴趣区内不同像素的心肌组织，快速定量获取每个心肌节段的应变值[4]，可准确检测心脏的纵向、径向、圆周和扭转运动，可以更真实地评价心肌功能[5]。心室整体应变反映了各平面的整体形变，即各节段的纵向、径向、圆周应变导致的该平面形变的总和，整体应变从心肌形变角度评价心室整体收缩功能[6]，异常运动心肌在血运重建术后因血供的改善增强了局部收缩功能，从而导致左室整体功能的改善。本研究显示，术前病例组与对照组比较，发现各平面整体应变绝对值均减低，提示纵向、径向和环向收缩功能均有受损；对病例组 GBLS、GBRS、GBCS 与 LVEF 进行相关性分析，结果显示 GBLS、GBCS、GBRS 均与 LVEF 呈显著相关，GBLS 与 LVEF 相关性最高，这可能与纵行心肌纤维更易受到缺血和其他心脏舒缩异常活动的影响，心肌纵向纤维对左室收缩射血功能所起作用尤为重要，径向和环向运动不如纵向运动对缺血敏感有关，此结果与文献[7-8]报道一致。PCI 组术后 1、3、6 个月各自对应的 GBLS、GBRS、GBCS 均较术前明显改善，呈递增趋势，但仍低于正常对照组（$P<0.05$），PCI 组术后各阶段与术前比较差异均有统计学意义；CABG 组术后 1 个月，GBLS、GBRS、GBCS 较术前无明显改善，术后 3、6 个月二维整体应变较术前有所改善，而 PCI 组术后 1、3 个月相应各指标均显著改善，表明 PCI 术后可有效增加冠脉血流量，使受损心肌较早恢复收缩功能，从而改善左室功能，与文献[9]报道一致。而 CABG 术后近期心肌收缩功能延迟恢复，这种现象可能与以下几点有关：①心肌存活数量及心肌缺血面积的影响：冠心病患者如有心肌梗死，原本存活的心肌较少，无论血供恢复与否，左室收缩功能都无法得到明显改善；相反，当存活的心肌较多时，左室收缩功能可较早地恢复；CABG 组患者多为多支血管病变，心肌缺血、梗死的面积较 PCI 组相对较大，故早期心肌灌注恢复缓慢。各种受损心肌恢复的时间长短不一。冠心病左心室功能障碍存在 3 种机制：瘢痕形成、心肌顿抑和心肌冬眠，顿抑心肌及冬眠心肌的功能恢复时间与缺血程度、缺

血持续时间长短相关。②手术方法的影响:CABG手术过程中可引起心肌缺氧、水肿,术后心包腔积液、积血等现象,从而减弱受创心肌的运动能力[10]。

左室的旋转和扭转是心肌空间运动的重要指标,并与心肌的收缩密切相关。从心尖观察,收缩期左室心尖呈逆时针旋转,心底呈顺时针,产生对心脏的正常射血和抽吸都很重要的扭转形变[11]。左室整体扭转角度为心尖旋转与心底旋转角度的差值,其增高与减低可反映左室心肌的收缩功能变化[12]。有研究表明心室扭转运动不仅对心肌自身收缩性敏感,且受左室前后负荷的影响较小,是相对独立的心功能指标[13]。本研究结果显示:病例组患者术前心室基底部及心尖部整体旋转角度、左室整体扭转角度峰值的绝对值较对照组均减低,表明冠心病患者扭转角度发生变化可能与心肌缺血、纤维化限制了左室扭转运动有关,而心肌的旋转和扭转角度下降可能与心室重构,升部和降部纤维之间夹角变大有关[14]。与术前比较,PCI组术后1、3个月心尖、心底短轴切面整体旋转角度及左室整体扭转角度均明显增加($P<0.05$),但仍低于正常对照组($P<0.05$);术后6个月各指标均显著改善,与术前及术后1个月比较有显著差异($P<0.05$);考虑与PCI后心肌血供的尽快恢复,有效降低了心肌缺血面积,减少心室重构,使心肌收缩功能较早改善有关,与相关报道[15]一致;CABG术后1个月,左心室旋转角度及整体扭转角度较术前无改善($P>0.05$),表明左心室收缩功能并未随灌注提高而相应改善,这可能与术后组织灌注恢复较慢有关;CABG术后3、6个月,相应指标较术前及术后1个月明显改善,但测值均低于相同时刻PCI组,进一步证实随着时间推移,受损心肌的收缩功能在血管再通后一定时间开始改善,搭桥术后时间长短对左室收缩功能恢复有影响。本研究结果显示:PCI及CABG术能有效改善冠心病患者左室收缩功能,并随时间延长呈渐进性改善,前者较后者改善时间相对较早。综上所述,STI可客观定量评价心肌局部及整体收缩功能,敏感性高于常规超声心动图,对临床实时评价冠心病患者手术疗效及预后具有重要价值。

参考文献:

[1] Artis N J, Oxborough D L, Williams G, *et al*. Two-dimensional strain imaging: a new echocardiographic advance with research and clinical applications[J]. Int J Cardiol, 2008, 123(3): 240 - 248.

[2] Chang S A, Kim H K, Kim D H, *et al*. Left ventricular twist mechanics in patients with apical hypertrophic cardiomyopathy: assessment with 2D speckle tracking echocardiography[J]. Heart, 2010, 96(1): 49 - 55.

[3] Chen M, Wang J, Xie M X, *et al*. Real-time three-dimensional echocardiographic assessment of left ventricular remodeling index in patients with hypertensive heart disease and coronary artery disease[J]. J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci, 2009, 29(1): 122 - 126.

[4] 任卫东, 刘爽, 马春燕, 等. 斑点追踪成像评价急性心肌梗死及慢性缺血性心力衰竭患者左心室扭转[J]. 中国介入影像与治疗学, 2010, 7(4): 409 - 412.

[5] Grundtman C, Hollan I, Forre O T, *et al*. Cardiovascular disease in patients with inflammatory rheumatic disease is associated with up-regulation of markers of inflammation in cardiac microvessels and cardiomyocytes[J]. Arthritis Rheum, 2010, 62(3): 667 - 673.

[6] Liu Y W, Su C T, Wang S P, *et al*. Application of speckle-tracking echocardiography in detecting coronary artery disease in patients with maintenance hemodialysis[J]. Blood Purif, 2011, 32(1): 38 - 42.

[7] 许继梅, 郑 慧, 张婧姝, 等. 超声斑点追踪技术评价慢性心力衰竭患者左室心肌应变的价值[J]. 安徽医科大学学报, 2011, 46(4): 369 - 373.

[8] Liu Y W, Tsai W C, Su C T, *et al*. Evidence of left ventricular systolic dysfunction detected by automated function imaging in patients with heart failure and preserved left ventricular ejection fraction[J]. J Card Fail, 2009, 15(9): 782 - 789.

[9] Vartdal T, Brunvand H, Pettersen E, *et al*. Early prediction of infarct size by strain Doppler echocardiography after coronary reperfusion[J]. J Am Coll Cardiol, 2007, 49(16): 1715 - 1721.

[10] Diller G P, Wasan B S, Kyriacou A, *et al*. Effect of coronary artery bypass surgery on myocardial function as assessed by tissue Doppler echocardiography[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2008, 34(5): 995 - 999.

[11] Zhang Q, Fang F, Liang Y J, *et al*. A novel multi-layer approach of measuring myocardial strain and torsion by 2D speckle tracking imaging in normal subjects and patients with heart diseases[J]. Int J Cardiol, 2011, 147(1): 32 - 37.

[12] Tsai W C, Liu Y W, Huang Y Y, *et al*. Diagnostic value of segmental longitudinal strain by automated function imaging in coronary artery disease without left ventricular dysfunction[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2010, 23(11): 1183 - 1189.

[13] 李 楠, 任卫东, 靳忠民, 等. 超声斑点追踪显像评估收缩性心力衰竭兔的左心室功能[J]. 中国医学影像技术, 2010, 26(10): 1814 - 1818.

[14] 王丽, 高东梅, 宋军, 等. 斑点追踪成像技术对慢性心力衰竭患者左心室扭转运动角度的测量及其临床意义[J]. 吉林大学学报: 医学版, 2011, 37(1): 159 - 162.

[15] 祁明, 李玉宏. 斑点追踪显像技术评价PCI对急性心肌梗死患者左心室局部收缩功能的影响[J]. 中国医学影像技术, 2011, 27(2): 308 - 312.

(**收稿**:2011-12-10;**修回**:2012-02-16)

(编辑 栾 嘉)