

冠心病患者经皮冠状动脉介入术后左心房压力、功能变化及其与左心室功能的关系

张平平, 李玉宏

(锦州医科大学附属第一医院超声科, 辽宁省锦州市 121000)

[关键词] 冠心病; 经皮冠状动脉介入术; 左心房压力; 左心房功能; 左心室功能; 组织多普勒成像; 二维斑点追踪显像

[摘要] 目的 应用组织多普勒成像(TDI)及二维斑点追踪显像(2D-STI)技术评价冠心病(CHD)患者经皮冠状动脉介入术(PCI)前后左心房压力和功能变化及其与左心室功能关系,为临床CHD的治疗提供更有效信息。方法 对30例PCI术治疗的CHD患者分别在PCI术前、术后1周及术后3月经超声心动图测量并计算左心房最大容积(LAV_{max})、最小容积(LAV_{min})、左心房收缩前容积(LAV_{pre})、左心房被动排空分数(LAPEF)、左心房主动排空分数(LAAEF)、左心室射血分数(LVEF)、二尖瓣舒张早期速度峰值(E)及晚期速度峰值(A);采用TDI测量并计算二尖瓣舒张早期速度(e')、左心房平均压力(mLAP)、E/A及E/e';采用2D-STI测量并计算左心室整体纵向应变(GLS),左心室收缩期、舒张早期及晚期左心房各壁平均峰值应变率(mSRs, mSRe, mSRa)。另选30例冠状动脉造影检查冠状动脉狭窄率<30%的病例作为对照组。结果 CHD组与对照组比较,各时间段LVEF、LAPEF、E、E/A、e'、mSRs、mSRe、GLS均下降,A、E/e'、mLAP、LAV_{min}、LAV_{max}、LAV_{pre}、LAAEF、mSRa均升高(P<0.05)。CHD组PCI术后1周与术前比较,各项指标差异均无统计学意义(P>0.05);CHD组PCI术后3月与术前、术后1周比较,E、e'、E/A、mSRs、mSRe、GLS、LVEF、LAPEF均上升,A、E/e'、mLAP、LAV_{min}、LAV_{max}、LAV_{pre}、LAAEF、mSRa均下降(P<0.05)。CHD组PCI术后3月mLAP与GLS、mSRe、LAV_{min}、LAV_{max}、LAV_{pre}呈正相关(r=0.548,0.871,0.851,0.858,0.857,P<0.01),与LVEF、E/A、mSRa、mSRs、LAPEF呈负相关(r=-0.800,-0.884,-0.898,-0.829,-0.427,P<0.05)。结论 CHD患者左心房及左心室功能在PCI术后3月较术后1周、术前明显改善;左心房压力与功能变化可以综合反映CHD患者PCI术后左心房及左心室功能改变,二者功能紧密联系。

[中图分类号] R54

[文献标识码] A

Research on the changes of left atrial pressure and function and their relationship with left ventricular function in patients with coronary heart disease after percutaneous coronary intervention

ZHANG Pingping, LI Yuhong

(Department of Ultrasound, the First Affiliated Hospital of Jinzhou Medical University, Jinzhou, Liaoning 121000, China)

[KEY WORDS] coronary heart disease; percutaneous coronary intervention; left atrial pressure; left atrial function; left ventricular function; tissue Doppler imaging; two-dimensional speckle tracking imaging

[ABSTRACT] **Aim** Tissue Doppler imaging (TDI) and two-dimensional speckle tracking imaging (2D-STI) were used to evaluate the changes of left atrial pressure and function and their relationship with left ventricular function in patients with coronary heart disease (CHD) before and after percutaneous coronary intervention (PCI), so as to provide more effective information for clinical treatment of CHD. **Methods** Maximal left atrial volume (LAV_{max}), minimal left atrial volume (LAV_{min}), pre-atrial contraction left atrial volume (LAV_{pre}), left atrial passive emptying fraction (LAPEF), left atrial active emptying fraction (LAAEF), left ventricular ejection fraction (LVEF), early velocity of mitral valve (E), atrial contractile velocity of mitral valve (A) were measured and calculated by echocardiography before PCI, 1 week after

[收稿日期] 2019-12-14

[修回日期] 2020-03-23

[基金项目] 辽宁省兴辽英才计划项目(XLYC1802049)

[作者简介] 张平平,硕士研究生,研究方向为超声医学,E-mail为2428458226@qq.com。通信作者李玉宏,博士,主任医师,博士研究生导师,研究方向为超声医学,E-mail为yuhong_jiahui@163.com。

PCI and 3 months after PCI in 30 CHD patients. Early diastole velocity of mitral valve annulus (e'), left atrial mean pressure (mLAP), E/A and E/ e' were measured and calculated by TDI. Left ventricular systolic global longitudinal strain (GLS), mean systolic peak strain rate (mSRs), mean early diastolic peak strain rate (mSR_e), mean late diastolic peak strain rate (mSR_a) were measured and calculated by 2D-STI. Another 30 cases with coronary artery stenosis rate less than 30% measured by coronary angiography were selected as the control group. **Results** Compared with the control group, LVEF, LAPEF, E, E/A, e' , mSRs, mSR_e and GLS decreased, A, E/ e' , mLAP, LAV_{min}, LAV_{max}, LAV_{pre}, LAAEF and mSR_a increased at different time in the CHD group ($P < 0.05$). In the CHD group, there were no significant difference in all the indexes between 1 week after PCI and before PCI ($P > 0.05$); Compared with before PCI and 1 week after PCI, E, e' , E/A, mSRs, mSR_e, GLS, LVEF and LAPEF increased, while A, E/ e' , mLAP, LAV_{min}, LAV_{max}, LAV_{pre}, LAAEF and mSR_a decreased at 3 months after PCI ($P < 0.05$). At 3 months after PCI in the CHD group, mLAP was positively correlated with GLS, mSR_e, LAV_{min}, LAV_{max} and LAV_{pre} ($r = 0.548, 0.871, 0.851, 0.858, 0.857, P < 0.01$), and negatively correlated with LVEF, E/A, mSR_a, mSRs and LAPEF ($r = -0.800, -0.884, -0.898, -0.829, -0.427, P < 0.05$). **Conclusions** The function of left atrium and left ventricle in CHD patients is improved significantly in 3 months after PCI compared with that in 1 week after PCI and before PCI. The changes of left atrial pressure and function can comprehensively reflect the changes of left atrial and left ventricular function in CHD patients after PCI, which are closely related to each other.

近年我国冠心病 (coronary heart disease, CHD) 发病率日益升高, CHD 一直以来是人们关注的焦点问题, 早期及时有效对 CHD 进行评估、治疗就尤为重要^[1]。经皮冠状动脉介入术 (percutaneous coronary intervention, PCI) 是治疗 CHD 患者首选方法。通过测量 PCI 术后患者左心房压力、功能及左心室功能变化, 可以为临床准确诊疗及评估恢复情况提供更准确信息, 使患者得到及时诊治以减少疾病进展的风险。随着二维斑点追踪显像 (two-dimensional speckle tracking imaging, 2D-STI) 技术的应用, 通过分析心肌组织相对运动状态, 获得心肌整体及局部应变率且无角度依赖性^[2-3], 使左心房、左心室早期缺血心肌组织得到及时检测。组织多普勒成像 (tissue Doppler imaging, TDI) 技术是一种简洁无创性评估技术, 广泛用于左心房平均压测量。本研究通过分析 PCI 术后患者左心房压力及左心房、左心室功能变化及联系, 为 CHD 患者临床诊治提供更准确科学的信息。

1 资料和方法

1.1 研究对象

选择 2018 年 6 月至 2019 年 12 月在锦州医科大学附属第一医院心内科住院经冠状动脉造影 (coronary arteriography, CAG) 显示左回旋支和 (或) 前降支至少 1 支狭窄程度 $\geq 75\%$ 并行 PCI 治疗的 CHD 患者 30 例, 其中男 19 例, 女 11 例, 年龄 45 ~ 70 岁, 平均年龄 (59.37 \pm 6.26) 岁, 均符合世界卫生组织 (WHO) 制定的关于 CHD 的诊断标准, 排除严

重瓣膜病、心肌梗死、心房颤动及心肌病等患者。同时选择 30 例同期行 CAG 显示冠状动脉狭窄程度 $< 30\%$ 的病例为对照组, 其中男 18 例, 女 12 例, 年龄 45 ~ 70 岁, 平均年龄 (59.23 \pm 6.20) 岁。2 组间年龄、血糖、血脂等一般临床资料比较差异均无统计学意义。

1.2 仪器与方法

1.2.1 测量仪器 采用 Philips IE33 仪器, 配备二维探头 (S5-1), 频率为 1 ~ 5 MHz, 配有 QLab 工作站。

1.2.2 图像采集 分别于 PCI 术前、术后 1 周及术后 3 月采集分析相关参数。嘱患者于左侧卧位平静呼吸并连接心电图, 采集 3 ~ 5 个心动周期心尖两腔、三腔及四腔动态图像, 储存图像以备分析。

1.2.3 图像分析 (1) 在心尖四腔心切面测量二尖瓣舒张早期速度峰值 (early velocity of mitral valve, E) 及晚期速度峰值 (atrial contractile velocity of mitral valve, A), 计算 E/A, 并于 TDI 模式下测量二尖瓣环舒张早期速度 (early diastole velocity of mitral valve annulus, e'), 计算 E/ e' , 计算左心房平均压力 (left atrial mean pressure, mLAP) (经 Nagueh's 公式计算, $mLAP = 1.24 \times E/e' + 1.9$)。运用双平面 Simpson 法在心尖四腔心切面下测量: 左心房最大容积 (maximal left atrial volume, LAV_{max})、左心房最小容积 (minimal left atrial volume, LAV_{min})、左心房收缩前容积 (pre-atrial contraction left atrial volume, LAV_{pre})、左心室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF), 计算得出左心房主动排空分数 (left atrial active emptying fraction,

LAAEF)和左心房被动排空分数(left atrial passive emptying fraction, LAPEF)。(2)2D-STI 图像分析:应用 QLab 软件进行分析,将取样点分别置于心尖四腔、两腔及三腔心电图图像的左心房顶、二尖瓣环房间隔侧及左心房侧壁上,软件自动显示心内膜层描记曲线,可以手动调整到准确为止,获得左心房前壁、后壁、侧壁、下壁、房间隔的中段应变率曲线,测量各房壁的左心室收缩期峰值应变率(systolic peak strain rate, SRs)、舒张早期峰值应变率(early diastolic peak strain rate, SRe)、舒张晚期峰值应变率(late diastolic peak strain rate, SRa),并计算其平均值(mSRs、mSRe、mSRa)。左心室以同样的方法将取样点分别置于心尖四腔、两腔及三腔心电图图像左心室心尖、二尖瓣环房间隔侧及左心室侧壁上心内膜层对左心室心肌进行分析,计算出左心室整体纵向应变(global longitudinal strain, GLS)。

1.3 重复性试验

随机选取 15 名受试者采用组内相关系数(interclass correlation coefficient, ICC)进行分析,由 1 名有经验的医师对受试者进行 2 次有效测量 mSRs、GLS、mLAP,再由另外 1 名医师对上述受试者相同参数进行 1 次有效测量,对检查者间和同一检查者内的测量结果进行信度分析。

1.4 统计分析

选择 SPSS 19.0 统计学分析软件。计量资料符合正态分布用($\bar{x} \pm s$)表示,方差不齐时采用 Welch 校正,两两比较选用 Dunnett's T3 检验,方差不齐时用 Bonferroni 检验,应用 Pearson 直线相关进行两组间相关性分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

表 2. CHD 组与对照组管道及辅泵功能相关参数比较

Table 2. Comparison of pipeline and auxiliary pump functions related parameters between the CHD group and the control group

参数	对照组($n=30$)	CHD 组($n=30$)		
		PCI 术前	PCI 术后 1 周	PCI 术后 3 月
LAPEF (%)	43.03±2.99	32.17±2.89 ^a	31.27±3.27 ^a	39.63±2.75 ^{abc}
mSRe (s ⁻¹)	-2.51±0.46	-1.88±0.47 ^a	-1.95±0.50 ^a	-2.33±0.55 ^{abc}
LAAEF (%)	38.92±2.01	43.37±2.04 ^a	44.00±2.30 ^a	41.10±2.17 ^{abc}
mSRa (s ⁻¹)	-2.54±0.55	-3.07±0.56 ^a	-3.00±0.54 ^a	-2.60±0.55 ^{abc}

a 为 $P < 0.05$,与对照组比较;b 为 $P < 0.05$,与 CHD 组 PCI 术前比较;c 为 $P < 0.05$,与 CHD 组 PCI 术后 1 周比较。

2 结果

2.1 基本临床资料

2 组间年龄、心率、血压、血糖、血脂等一般临床资料比较均无统计学差异($P > 0.05$;表 1)。

2.2 左心房管道功能及辅泵功能相关参数

CHD 组 PCI 术前、术后 1 周及术后 3 月分别与对照组比较,LAPEF 及 mSRe 下降,LAAEF 及 mSRa 上升,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。CHD 组 PCI 术后 1 周与术前比较,各项指标差异均无统计学意义($P > 0.05$)。CHD 组 PCI 术后 3 月与术前、术后 1 周比较,LAPEF 和 mSRe 上升,LAAEF 和 mSRa 下降,差异均有统计学意义($P < 0.05$;表 2)。

表 1. CHD 组与对照组基本临床资料的比较

Table 1. Comparison of basic clinical data between the CHD group and the control group

参数	对照组($n=30$)	CHD 组($n=30$)	P 值
年龄(岁)	59.37±6.26	59.23±6.20	0.887
心率(次/分)	71.53±4.58	74.10±5.86	0.064
收缩压(mmHg)	115.77±6.57	118.37±6.72	0.135
舒张压(mmHg)	72.73±6.08	75.57±6.92	0.097
血糖(mmol/L)	5.83±0.14	5.95±0.35	0.081
甘油三酯(mmol/L)	1.74±0.13	1.81±0.18	0.077
低密度脂蛋白(mmol/L)	2.59±0.20	2.69±0.24	0.088
高密度脂蛋白(mmol/L)	1.18±0.15	1.24±0.14	0.141
总胆固醇(mmol/L)	3.97±0.18	4.05±0.16	0.072

2.3 左心房储器功能相关参数

CHD 组 PCI 术前、术后 1 周及术后 3 月分别与对照组比较,LAV_{max}、LAV_{min}及 LAV_{pre}均上升,mSRs

下降,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。CHD 组 PCI 术后 1 周与术前比较,各项指标差异均无统计学意义($P > 0.05$)。CHD 组 PCI 术后 3 月与术前、术后 1 周

比较, LAV_{max} 、 LAV_{min} 及 LAV_{pre} 均下降, mSRs 上升, 差异均有统计学意义($P < 0.05$; 表 3)。

表 3. CHD 组与对照组储器功能相关参数比较

Table 3. Comparison of reservoir function related parameters between the CHD group and the control group

参数	对照组($n=30$)	CHD 组($n=30$)		
		PCI 术前	PCI 术后 1 周	PCI 术后 3 月
LAV_{max} (mL)	35.27±1.39	40.20±2.07 ^a	39.97±1.90 ^a	36.80±1.69 ^{abc}
LAV_{min} (mL)	12.33±1.33	15.40±1.10 ^a	15.23±1.01 ^a	13.13±1.01 ^{abc}
LAV_{pre} (mL)	20.13±1.80	27.37±2.43 ^a	27.30±2.48 ^a	22.43±1.89 ^{abc}
mSRs (s^{-1})	2.58±0.40	2.00±0.41 ^a	2.11±0.41 ^a	2.41±0.43 ^{abc}

a 为 $P < 0.05$, 与对照组比较; b 为 $P < 0.05$, 与 CHD 组 PCI 术前比较; c 为 $P < 0.05$, 与 CHD 组 PCI 术后 1 周比较。

2.4 左心房压力相关参数

CHD 组 PCI 术前、术后 1 周及术后 3 月分别与对照组相比较, E 及 e' 下降, E/e' 及 mLAP 上升, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。CHD 组 PCI 术后 1

周与术前比较, 各项指标差异均无统计学意义($P > 0.05$)。CHD 组 PCI 术后 3 月与术前、术后 1 周比较, E 及 e' 上升, E/e' 及 mLAP 下降, 差异均有统计学意义($P < 0.05$; 表 4)。

表 4. CHD 组与对照组左心房压力相关参数比较

Table 4. Comparison of left atrial pressure related parameters between the CHD group and the control group

参数	对照组($n=30$)	CHD 组($n=30$)		
		PCI 术前	PCI 术后 1 周	PCI 术后 3 月
E (cm/s)	78.70±7.34	64.40±10.20 ^a	65.60±10.60 ^a	73.00±10.00 ^{abc}
e' (cm/s)	10.60±0.80	6.40±1.10 ^a	6.60±1.10 ^a	9.20±1.50 ^{abc}
E/e'	7.42±0.14	10.03±0.19 ^a	9.95±0.13 ^a	7.90±0.21 ^{abc}
mLAP (mmHg)	11.10±0.18	14.34±0.23 ^a	14.24±0.17 ^a	11.70±0.26 ^{abc}

a 为 $P < 0.05$, 与对照组比较; b 为 $P < 0.05$, 与 CHD 组 PCI 术前比较; c 为 $P < 0.05$, 与 CHD 组 PCI 术后 1 周比较。

2.5 左心室功能相关参数

CHD 组 PCI 术前、术后 1 周及术后 3 月分别与对照组相比较, E/A、LVEF 及 GLS 均下降, 差异均有统计学意义($P < 0.05$)。CHD 组 PCI 术后 1 周与

术前比较, 各项指标差异均无统计学意义($P > 0.05$)。CHD 组 PCI 术后 3 月与术前、术后 1 周比较, E/A、LVEF 及 GLS 均上升, 差异均有统计学意义($P < 0.05$; 表 5)。

表 5. CHD 组与对照组左心室功能相关参数比较

Table 5. Comparison of left ventricular function related parameters between the CHD group and the control group

参数	对照组($n=30$)	CHD 组($n=30$)		
		PCI 术前	PCI 术后 1 周	PCI 术后 3 月
E/A	1.27±0.07	0.86±0.20 ^a	0.91±0.23 ^a	1.12±0.21 ^{abc}
LVEF (%)	61.64±3.25	53.78±2.32 ^a	54.58±2.17 ^a	58.86±2.07 ^{abc}
GLS (%)	-21.95±1.57	-17.60±1.19 ^a	-17.83±1.18 ^a	-20.22±1.95 ^{abc}

a 为 $P < 0.05$, 与对照组比较; b 为 $P < 0.05$, 与 CHD 组 PCI 术前比较; c 为 $P < 0.05$, 与 CHD 组 PCI 术后 1 周比较。

2.6 CHD 组 PCI 术后 3 月参数相关性分析

(1) mLAP 与左心室参数比较: mLAP 与 GLS、LVEF、E/A 分别呈正相关、负相关、负相关($r =$

0.548, -0.800, -0.884, $P < 0.01$; 图 1A)。(2) mLAP 与左心房相关参数比较: mLAP 与 mSRa、LA-PEF、mSRs 呈负相关($r = -0.898, -0.427, -0.829, P$

<0.05;图 1B),与 mSR_e、LAV_{min}、LAV_{max}、LAV_{pre} 呈正相关($r=0.871, 0.851, 0.858, 0.857, P<0.01$)。(3)左心室与左心房相关参数比较:GLS 与 mSR_s、mSR_a 呈负相关($r=-0.500, -0.503, P<0.01$),与 mSR_e 呈正相关($r=0.548, P<0.01$);E/A 与 mSR_e 呈负相关($r=-0.856, P<0.01$),与 LAPEF 呈正相关($r=0.397, P<0.05$)。

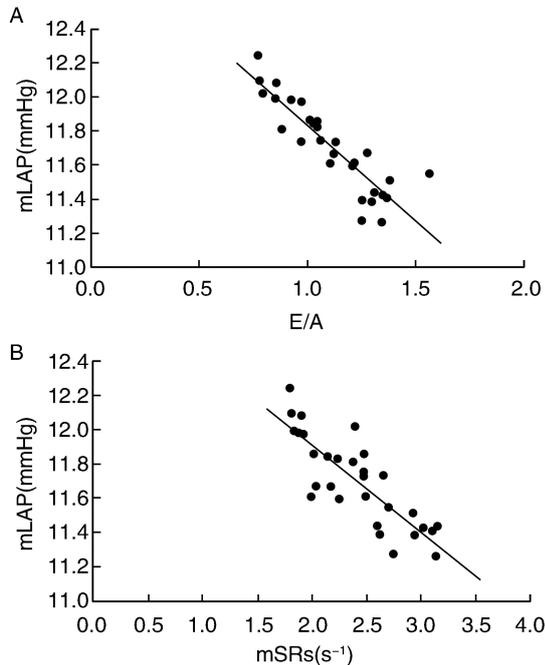


图 1. CHD 组 PCI 术后 3 月 mLAP 与 E/A、mSRs 的相关性 A 为 mLAP 与 E/A 的相关性,B 为 mLAP 与 mSRs 的相关性。
Figure 1. Correlation of mLAP and E/A, mSRs at 3 months after PCI in the CHD group

2.7 重复性检验

经重复性检验 mSR_s、GLS、mLAP,组内测得的 ICC 系数分别为 0.958、0.948、0.949,组间测得的 ICC 系数分别为 0.897、0.906、0.879,结果 ICC 均>0.75,表示信度良好,检查者间及检查者内一致性较好,稳定性好。

3 讨论

冠心病患者心室收缩及舒张功能减低时心房功能也发生变化,心房在心脏循环中起着重要作用。更有些学者指出左心房功能改变不但反映左心室也反映血管损害^[4],凸显了及时评估左心房及心室功能对 CHD 患者的诊治尤为重要。

左心房压力:本研究显示 CHD 组 PCI 术后不同

时期较术前 mLAP 均减低,mLAP 与 GLS、LVEF 有显著相关性,并且左心房压力较左心房容积变化更灵敏,体现左心室功能改善时左心房压力也相应降低。心肌缺血时左心室舒张功能减低,充盈压相继升高,左心房直接暴露于左心室舒张之下,根据 Frank-Starling 定律,左心房收缩力度增加使左心室能够充盈,左心房压力增加,循环供血得以维持,此代偿过程中左心房正常生理功能及形态也发生改变^[5],可见左心房容积增加是在持续左心房压增加基础上。左心房压力可先于房室重塑来预测患者术后心功能变化,Rohani 等^[6]研究表明,左心房压力降低较容积改变更能改善左心房机械功能,体现对左心房压变化研究尤为重要。当左心房、左心室容积还未发生变化时可根据左心房压力来更准确预测患者左心房室功能变化,为临床提供更精准信息。

左心房储器功能、泵功能和左心室收缩功能:正常生理情况下在左心室充盈中左心房具有 3 个功能,即储器、管道及泵功能,分别约占 40%、35%、25%。本研究中 LAV_{min}、LAV_{max}、LAV_{pre} 及 mSR_s 代表左心房储器功能,LAPEF 及 mSR_a 代表左心房辅泵功能^[7-8];LVEF 及 GLS 代表左心室收缩功能。本研究结果显示 PCI 术后不同时期与术前比较左心房储器功能提高(LAV_{min}、LAV_{max}、LAV_{pre} 均下降,mSR_s 升高),左心房辅泵功能改善(LAPEF、mSR_a 下降),左心室 LVEF 和 GLS 升高,mSR_a、mSR_s 与左心室 LVEF、GLS 都呈显著相关性。可见左心房病理状态与左心室功能相关,左心室充盈压升高时左心房压力及僵硬性增加,顺应性减低^[9-10]。随着左心房压力升高其功能下降逐渐加剧,疾病进展加快,心肌发生纤维化,储器功能减低,可见 LVEF 正常时及时发现左心房功能变化尤为重要。本研究发现 PCI 术后左心房容积未发生变化时左心房应变已得到改善,体现左心房应变相比容积更早更灵敏。左心房储器功能及泵功能分别反映了左心房舒张及收缩功能,研究表明左心室舒张障碍发生在收缩障碍前,左心房亦如此,左心房储器功能损坏发生在泵功能损坏前。本研究显示 CHD 患者左心房功能减退时泵功能代偿性升高^[11],但阻挡不了心脏整体功能下降。经 PCI 治疗左心房功能得到改善,可及时遏制泵功能向失代偿发展,降低心肌纤维重塑风险。

左心房管道功能和左心室舒张功能:本研究中 LAPEF 及 mSR_e 代表左心房管道功能^[12],E/A 代表左心室舒张功能,本研究结果显示患者行 PCI 术后

不同时期较术前 LAPEF、mSRe 及 E/A 均升高, LAPEF、mSRe 与 E/A 有显著相关性。可见左心房管道功能与左心室舒张功能密切相连, 房室压对维持左心房管道功能发挥重要作用, 当管道功能减低时, 提示左心室舒张功能减低, 左心室僵硬, 房室压降低^[13]。研究发现 PCI 术后在 LAPEF 未发生变化时 mSRe 已升高, 可见应变率相比 LAPEF 更灵敏。本研究表明可以通过 mSRe 及 LAPEF 变化反映患者术后恢复情况。以往 Farzaneh-Far 等^[14]研究表明 LAPEF 可预测心肌缺血患者左心房功能, 也证实了这一点。

本研究也有一定局限性, 例如纳入病例较少, 采用分析左心室的软件对左心房进行分析, 用 2D-STI 技术描记心内膜时受主观因素强且对图像质量要求高, mLAP 通过多普勒技术测量与左心房直接入路或肺动脉导管植入测量之间有误差, 有待以后进一步研究时加以改进。

[参考文献]

- [1] 徐 彧, 赵天佑. 冠心病影像学诊断研究进展[J]. 中国中西医结合影像学杂志, 2016, 14(5): 608-610.
- [2] Xu R, Luo R, Tan B, et al. Early changes of left atrial function in chronic asymptomatic alcoholics by two-dimensional speckle-tracking echocardiography [J]. Acta Cardiol, 2017, 72(1): 28-35.
- [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] Facchini E, Degiovanni A, Marino PN. Left atrium function in patients with coronary artery disease[J]. Curr Opin Cardiol, 2014, 29(5): 423-429.
- [5] 褚静洁, 李玉宏. 二维斑点追踪显像技术评价冠心病患者左心房功能[J]. 中国医学影像技术, 2011, 27(4): 735-738.
- [6] Rohani A, Kargar S, Fazlinejad A, et al. Acute effect of treatment of mitral stenosis on left atrium function[J]. Ann Card Anaesth, 2017, 20(1): 42-44.
- [7] Elasar A, Hekal S, Elgendy E, et al. Assessment of left and right atrial geometrical changes in patients with stable coronary artery disease: Left and right atrial strain and strain rate imaging study [J]. Egypt Heart J, 2018, 70(2): 101-106.
- [8] Haji K, Wong C, Wright L, et al. Left atrial strain performance and its application in clinical practice[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2019, 12(6): 1093-1101.
- [9] 褚彦芬, 唐海沁, 汪太平, 等. 二维斑点追踪技术评价冠心病患者左心室整体收缩功能及其与冠状动脉病变程度的关系[J]. 安徽医科大学学报, 2015, 50(1): 83-86.
- [10] 韩 莹, 敖 梦, 王志刚. 二维斑点追踪成像技术评价左心室功能的研究进展[J]. 中国介入影像与治疗学, 2017, 14(7): 448-451.
- [11] Khedr L, Elasar A, Hekal S, et al. Assessment of left and right atrial geometrical changes in patients with stable coronary artery disease: left and right atrial strain and strain rate imaging study [J]. Egypt Heart J, 2018, 70(2): 101-106.
- [12] 陈加仕, 郭勤生, 何新为. 应变、应变率成像技术对慢性心力衰竭患者左心房功能的评估作用[J]. 临床医学工程, 2019, 26(5): 575-576.
- [13] Ramkumar S, Yang H, Wang Y, et al. Association of the active and passive components of left atrial deformation with left ventricular function[J]. J Am Soc Echocardiog, 2017, 30(7): 659-666.
- [14] Farzaneh-Far A, Ariyarah V, Shenoy C, et al. Left atrial passive emptying function during dobutamine stress MR imaging is a predictor of cardiac events in patients with suspected myocardial ischemia[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2011, 4(4): 378-388.

(此文编辑 曾学清)