

Assessment of right ventricular function with three-dimensional speckle tracking in severe single vessel coronary artery disease patients before and after percutaneous coronary intervention

WANG Chunmei, ZHUANG Xiaochen, GUAN Lina, MU Yuming*

(Department of Echocardiography, the First Affiliated Hospital, Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate changes of right ventricular (RV) function in severe single vessel coronary artery disease patients before and after percutaneous coronary intervention (PCI) using three-dimensional speckle tracking imaging (3D-STI). **Methods** Totally 25 patients with severe single vessel coronary artery disease but not myocardia infarction who underwent successful PCI were included in case group, while 42 patients without obvious coronary artery stenosis were selected as the controls (control group). Two-dimensional and three-dimensional (3D) ultrasonic images were collected before and 1 and 3 months after PCI. RV common parameters, right ventricular myocardial performance index (RVMPI), right ventricular fractional area change (RVFAC-3D), tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE-3D), right ventricular end-systolic volume (RVESV), right ventricular end-diastolic volume (RVEDV), right ventricular stroke volume (RVSV), right ventricular ejection fraction (RVEF-3D), right ventricular free wall longitudinal strain (FW-RVLS) and right ventricular septum longitudinal strain (Sep-RVLS) were measured. **Results** In case group, RVMPI significantly increased compared with control group, TAPSE-3D ($P < 0.05$), Sep-RVLS and FW-RVLS significantly decreased before PCI (all $P < 0.05$), while there was no significant difference of other parameters (all $P > 0.05$). FW-RVLS was lower in patients with right coronary artery (RCA) stenosis than other conditions ($P < 0.05$), and there was no significant difference of other parameters among different pathological vessels (all $P > 0.05$). RV function were significantly improved 1 month and 3 months after PCI (both $P < 0.05$) in case group. **Conclusion** The damage of RV function can be caused by severe single coronary artery lesion, especially in patients with RCA lesion. FW-RVLS3D-STI has good value for indicating damage of RV function, which might be improved after PCI.

[Keywords] percutaneous coronary intervention; ventricular function, right; speckle tracking imaging

DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2020.01.003

三维斑点追踪技术评价冠状动脉单支重度病变患者经皮冠状动脉介入术前后右心室功能变化

王春梅, 庄晓晨, 关丽娜, 穆玉明*

(新疆医科大学第一附属医院心脏超声诊断科, 新疆 乌鲁木齐 830011)

[摘要] **目的** 以三维斑点追踪成像(3D-STI)技术评价冠状动脉单支重度病变患者 PCI 术前后右心室(RV)功能变化。**方法** 选取 25 例接受支架植入术的单支重度冠状动脉病变患者为病例组, 42 例无明显狭窄者为对照组。PCI 术前及术后 1、3 个月采集二维及三维超声图像, 测量并计算右心室常规参数及三维应变指标, 分析三维图像获取右心室面积变化率(RVFAC-3D)、三尖瓣环收缩期位移(TAPSE-3D)、右心室收缩末期容积(RVESV)、右心室舒张末期容积

[基金项目] 新疆维吾尔自治区自然科学基金联合基金(2016D01C266)。

[第一作者] 王春梅(1972—), 女, 新疆伊犁人, 硕士, 教授。研究方向: 心血管超声。E-mail: chunmeiw2010@163.com

[通信作者] 穆玉明, 新疆医科大学第一附属医院心脏超声诊断科, 830011。E-mail: mym1234@126.com

[收稿日期] 2019-11-06 **[修回日期]** 2019-12-20

(RVEDV)、右心室射血分数(RVEF-3D)、右心室每搏输出量(RVSV)及右心室游离壁(FW)和室间隔(Sep)纵向应变(RVLS)。结果 病例组术前右心室心肌功能指数(RVMPI)较对照组增大($P < 0.05$), TAPSE-3D、Sep-RVLS 和 FW-RVLS 显著减小(P 均 < 0.05),其他参数差异均无统计学意义(P 均 > 0.05);病变血管为右冠状动脉(RCA)者 FW-RVLS 减小更明显($P < 0.05$),其他参数在不同病变血管间差异无统计学意义(P 均 > 0.05)。病例组术后右心功能较术前改善明显(P 均 < 0.05)。结论 冠状动脉单支重度病变引起 RV 功能受损,以 RCA 病变患者受损更著,FW-RVLS 具有较好提示意义;PCI 术后 RV 功能较术前有所改善。

[关键词] 经皮冠状动脉介入治疗; 心室功能,右; 斑点追踪成像

[中图分类号] R541.4; R445.1 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2020)01-0011-05

经皮冠状动脉介入(percutaneous coronary intervention, PCI)极大改善了冠状动脉病变患者的临床症状及预后。研究^[1]证实,血流再灌注后,左心室缺血心肌功能可逐渐恢复。近年有关缺血心肌血流再通后右心室结构及功能改变引起关注,然而受限于右心室(right ventricular, RV)复杂几何形态,有关 PCI 术后 RV 功能改变的研究较少。三维超声为三维斑点追踪成像(three-dimensional speckle tracking imaging, 3D-STI)已用于评价右心功能^[2-4]。本研究采用 3D-STI 定量评价冠状动脉单支重度病变患者 PCI 术前、术后 RV 功能变化。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2016 年 1 月—12 月新疆医科大学第一附属医院经冠状动脉造影(coronary arteriography, CAG)证实冠状动脉单支重度病变并成功接受 PCI 者为病例组;以同期 CAG 结果正常及无慢血流的住院患者为对照组;2 组患者左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)均 $> 50\%$,且心脏超声检查未见节段性室壁运动异常。排除心肌病、心肌梗死、瓣膜病、严重心律失常、先天性心脏病及其他器质性心脏疾病者。对照组于造影前,病例组于 PCI 术前、术后 1、3 个月行常规二维及三维超声心动图检查。排除 4 例术后失访者及 3 例超声图像质量不佳者,最终纳入 67 例,病例组 25 例,男 20 例,女 5 例,年龄 41~77 岁,平均(57.9 \pm 10.6)岁;对照组 42 例,男 27 例,女 15 例,年龄 36~76 岁,平均(54.3 \pm 10.3)岁。本研究经医院伦理委员会审核,患者均签署知情同意书。

冠状动脉单支重度病变定义:CAG 示 3 支主要冠脉[右冠状动脉(right coronary artery, RCA)、左冠状动脉回旋支(left circumflex coronary artery, LCx)及左冠状动脉前降支(left anterior descending artery, LAD)]中 1 支狭窄 $\geq 75\%$,其余 2 支主要冠状动脉无狭窄或狭窄程度 $< 50\%$ 。病例组中 7 例 RCA、4 例 LCx、14 例 LAD 重度病变。

1.2 超声心动图检查 采用 GE Vivid E9 超声仪,以 M5S 探头获取常规二维图像,于心尖四腔心切面测量右心室基底段内径、中间段内径及长径(RVD1、RVD2、RVD3);描记右心室心内膜获取 RV 舒张末期面积(RV end-diastolic area, RVAd)及 RV 收缩末期面积(RV end-systole area, RVAs),计算二维(two dimensions, 2D)下 RV 面积变化率(fractional area change, FAC-2D),计算方式为(RVAd - RVAs)/RVAd;M 型模式下获取 RV 侧壁三尖瓣环收缩期位移(tricuspid annular plane systolic excursion, TAPSE-2D);以脉冲组织多普勒(pulsed-wave tissue Doppler imaging, PW-TDI)模式测量三尖瓣环收缩期峰值速度(Sa)、舒张早期及舒张晚期峰值速度(Ea 和 Aa)。测得 Aa 波止至下一 Ea 波始的间期(a')及 Sa 波起止时间(b'),(a' - b')即等容收缩期(isovolumic contraction time, IVCT)与等容舒张期(isovolumic relaxation time, IVRT)之和,b'即射血时间(ejection time, ET)。计算右心室心肌功能指数(RV myocardial performance index, RVMPI) = (IVCT + IVRT)/(ET) $\times 100\%$,即(a' - b')/b^[5]。

以全矩阵阵列换能器(4V)于心尖四腔心切面获取三维图像,在完整囊括双心室腔前提下将深度和扇窗调至最小^[6],保持采集帧频 $> 40\%$ 心率,调节增益以清晰显示 RV 心内膜面,嘱患者呼气末屏气后连续采集 4 个心动周期,获取 RV 三维全容积图像。将图像导入 Echo PAC 三维应变软件,在 4D RV Volume (TT)模式下进行脱机分析。软件自动切分心脏三维全容积图像生成 6 个视图,点击 Beutel Revision,程序自动勾画出心内膜轮廓,适当结合手动调整追踪曲线,使肌小梁及调节束包含在右心室腔内;点击 Tracking Revision,以斑点追踪技术自动追踪 RV 轮廓,生成 RV 三维(three-dimensional, 3D)模型(图 1);获取 RV 容积和收缩功能参数,包括 RV 收缩末期容积(RV end-systolic volume, RVESV)、RV 舒张末期容积(RV diastolic-systolic volume, RVEDV)、RV 射血

分数(RV ejection fraction, RVEF-3D)和 RV 每搏输出量(stroke volume, SV),以及 RV 游离壁(freewall, FW)和室间隔(Septum, Sep)纵向应变(RV longitudinal strain, RVLS)。由同一医师分析所有三维指标,均测量 3 次,取平均值。

1.3 统计学分析 采用 SPSS 23.0 和 MedCalc 11.4.2 统计分析软件。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示。采用两独立样本 *t* 检验比较 2 组右心室功能参数。对病例组 PCI 术前、术后右心室功能参数比较采用单因素重复测量方差分析。以 χ^2 检验比较计数资料。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

随机抽取 15 例,以双盲法再次测量 TAPSE-3D、RVFAC、FW-RVLS 和 Sep-RVLS 进行重复性检测,以盲法分析组间及组内变异。

2 结果

2 组患者性别、年龄、血糖、血脂、血压、体表面积(body surface area, BSA)和吸烟饮酒史、冠心病家族史及高血压病史差异均无统计学意义($P > 0.05$)。

2.1 常规二维超声心动图 病例组 PCI 术前 RVMPI 大于对照组($P < 0.05$),其他右心室二维参数变化差异均无统计学意义($P > 0.05$);术后 1、3 个月 RVMPI 较

术前减小($P < 0.05$),术后 1 个月时 RVMPI 与对照组差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。

2.2 三维斑点追踪心动图 病例组 PCI 术前 Sep-RVLS、FW-RVLS 及 TAPSE-3D 较对照组降低($P < 0.05$),RVEDV、RVESV、SV、RVEF、RVFAC-3D 与对照组差异均无统计学意义($P > 0.05$);术后 1、3 个月 Sep-RVLS、FW-RVLS 及 TAPSE-3D 较术前均显著增加($P < 0.05$),术后 1 个月 TAPSE-3D 与对照组差异无统计学意义($P > 0.05$),术后 3 个月 Sep-RVLS 和 FW-RVLS 仍低于对照组($P < 0.05$),见表 2。

分析罪犯血管,发现 RCA 重度狭窄患者 FW-RVLS 降低更明显,显著低于罪犯血管为 LAD 和 LCx 者($P < 0.05$);Sep-RVLS 及其他指标在不同罪犯血管间差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 3。

2.3 重复性检验 3D-STI 所得指标的一致性尚好。FW-RVLS、Sep-RVLS 和 TAPSE-3D 观察者组内平均差分别为 $-0.38 [95\% \text{ CI} (-2.89, 2.13)] - 0.57 [95\% \text{ CI} (-3.06, 1.92)]$ 和 $0.73 [95\% \text{ CI} (-0.71, 2.17)]$, 95% 一致性界限(95% LoA)分别为 $(-13.65\%, 12.89\%)$, $(-13.77\%, 12.63\%)$, $(-5.82\%, 7.11\%)$ 。FW-RVLS、Sep-RVLS 和 TAPSE-3D 观察者

表 1 2 组一般资料对比

组别	年龄 (岁)	血糖 (mmol/L)	甘油三酯 (mmol/L)	低密度脂蛋白 (mmol/L)	高密度脂蛋白 (mmol/L)	总胆固醇 (mmol/L)	舒张压 (mmHg)
病例组(n=25)	57.9±10.6	6.19±2.58	2.18±1.39	2.66±0.79	1.23±0.82	4.17±0.99	76.80±10.89
对照组(n=42)	54.3±10.3	5.34±1.14	1.63±0.93	2.57±0.78	1.19±0.59	4.07±0.87	77.90±10.49
<i>t</i> / χ^2 值	1.523	1.988	1.992	1.313	1.216	1.302	1.201
<i>P</i> 值	0.169	0.067	0.054	0.655	0.800	0.676	0.841

组别	收缩压 (mmHg)	BSA (m ²)	合并饮酒史 (例)	合并吸烟史 (例)	合并高血压 (例)	合并冠心病家族史 (例)
病例组(n=25)	127.48±14.69	1.87±1.82	9	14	15	2
对照组(n=42)	126.60±18.79	1.97±2.37	7	14	19	5
<i>t</i> / χ^2 值	1.292	1.923	80.382	82.127	72.299	60.327
<i>P</i> 值	0.682	0.085	0.073	0.069	0.242	0.613

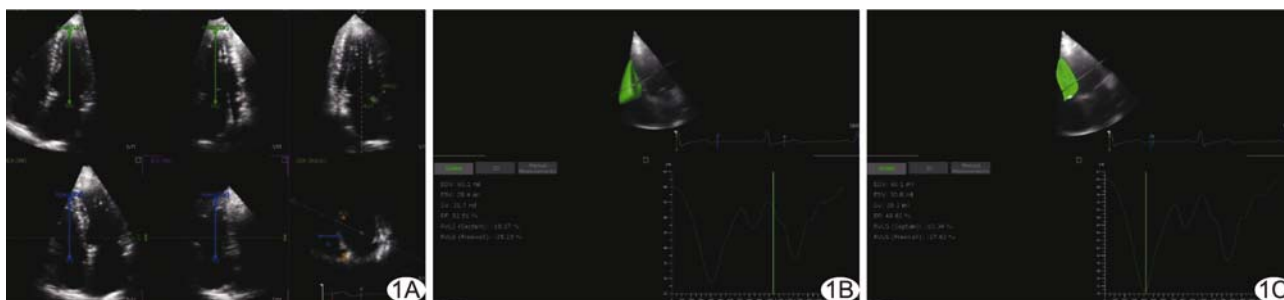


图 1 RV 3D 模型 A. 三维分析 RV 的定位和解剖标志,斑点追踪技术自动追踪并显示 RV 轮廓; B. 对照组典型三维分析图像; C. 病例组典型三维分析图像

表 2 2 组超声心动图指标比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	常规二维参数					
	RVD1(mm)	RVD2(mm)	RVD3(mm)	RVFAC-2D(%)	TAPSE-2D(mm)	RVMPI
病例组 (n=25)						
术前	33.33±4.91	26.70±5.15	65.14±4.85	47.31±6.34	23.69±1.90	0.49±0.08 ^a
术后 1 个月	32.69±5.42	26.93±4.62	64.24±4.51	47.52±6.65	23.89±1.70	0.45±0.08 ^b
术后 3 个月	33.56±4.50	27.41±4.9 ^b	64.55±5.87	47.64±6.69	23.97±1.67 ^b	0.45±0.08 ^b
对照组 (n=42)	32.21±5.07	27.20±6.34	63.95±5.89	47.95±6.65	24.16±1.83	0.41±0.10

组别	3D-STI 参数							
	RVEDV (ml)	RVESV (ml)	RVS (ml)	RVEF-3D (%)	FW-RVLS (%)	Sep-RVLS (%)	RVFAC-3D (%)	TAPSE-3D (mm)
病例组 (n=25)								
术前	61.80±10.11	32.26±6.94	29.54±5.62	47.89±6.02	-19.45±4.31 ^a	-12.76±4.11 ^a	46.05±7.22	12.12±3.21 ^a
术后 1 个月	61.41±11.06	32.04±7.41	29.37±5.63	48.01±5.64	-22.94±3.79 ^{ab}	-14.11±3.95 ^{ab}	46.12±6.95	13.91±3.27 ^b
术后 3 个月	60.86±11.66	31.48±7.56	29.37±5.93 ^b	48.46±5.65 ^b	-24.30±3.42 ^{abc}	-15.26±3.82 ^{abc}	46.49±6.94 ^b	14.69±3.36 ^{bc}
对照组 (n=42)	60.91±10.83	30.37±5.52	30.54±6.23	50.04±3.80	-26.63±4.60	-17.68±4.34	47.09±6.18	15.65±3.66

注: a; 与对照组比较, P<0.05; b; 与术前比较, P<0.05; c; 与术前 1 个月比较, P<0.05

表 3 病例组罪犯血管间比较

参数	LAD(n=14)	RCA(n=7)	LCx(n=4)
RVMPI			
术前	0.49±0.08	0.51±0.05	0.50±0.11
术后 1 个月	0.44±0.08 ^e	0.47±0.07 ^e	0.47±0.11 ^e
术后 3 个月	0.44±0.09 ^e	0.46±0.06 ^e	0.45±0.11 ^e
FW-RVLS(%)			
术前	-20.19±3.77 ^h	-15.97±2.87 ^{hi}	-22.99±4.82 ^h
术后 1 个月	-23.51±3.15 ^e	-20.42±2.87 ^e	-25.32±5.62 ^e
术后 3 个月	-24.34±3.47 ^{ef}	-23.01±2.83 ^{ef}	-26.93±3.86 ^e
Sep-RVLS(%)			
术前	-12.59±5.08	-12.43±2.52	-13.95±2.92
术后 1 个月	-14.11±4.68 ^e	-13.52±2.79 ^e	-15.16±3.44 ^e
术后 3 个月	-15.09±4.71 ^{ef}	15.40±2.68 ^e	-15.60±2.45 ^e
TAPSE-3D(mm)			
术前	12.24±3.30	11.89±3.24	12.12±3.72
术后 1 个月	14.41±3.52 ^e	13.60±3.22 ^e	13.65±3.26 ^e
术后 3 个月	14.90±3.71 ^{ef}	14.38±2.92 ^{ef}	14.47±3.59 ^{ef}

注: e; 与术前比较, P<0.05; f; 与术前 1 个月比较 P<0.05; g; 与 LAD 比较, P<0.05; h; 与 RCA 相比, P<0.05; i; 与 LCx 比较, P<0.05

组间平均差分别为 -0.87[95%CI(2.18, 0.43)]0.74 [95%CI (-0.56, -2.04)] 和 0.29 [95%CI(5.84, -4.36)], 95% LoA 分别为 (-7.78, 6.03)%, (-6.11, 7.59)%, (-6.89, 8.36)mm。

3 讨论

由于共用室间隔并经周围心包的介导,左、右心室结构上互为整体,功能上相互影响,RV 功能改变影响左心室功能;冠心病患者 RV 受累可能导致血流动力学不稳定、房室传导阻滞及住院死亡率增加。RV 受累的冠心病患者在治疗及预后方面均与单纯左心缺血有所区别,故早期识别 RV 功能异常对指导临床治疗

及预后评估具有重要意义^[7]。通过三维立体成像,3D-STI 技术可在空间上逐帧追踪心肌运动轨迹并量化其形变程度,更全面地反映 RV 功能^[8]。本研究采用 RT-STI 技术检测选取不伴有心肌梗死的单支重度冠脉病变患者,观察 PCI 术前后 RV 功能变化。

RV 内径、RVEDV 及 RVESV 主要反映 RV 形态改变, Sep-RVLS、FW-RVLS 及 TAPSE 反映右心室纵向收缩功能, RVEF 及 RVFAC 反映右心室收缩功能。本研究发现病例组 PCI 术前 RV 功能受损,主要体现在整体功能及纵向收缩功能。RVMPI 可综合评价 RV 整体功能^[9]。本研究中病例组 RVMPI 较对照组增大,提示其 RV 功能受损。RV 重塑初始阶段,纵向收缩功能逐渐下降,而横向收缩功能则由于表层圆周纤维作用反而增加^[10]。RV 本身耐缺血缺氧能力更强,右心室功能性变化早于形态变化,且最先表现为纵向收缩功能下降,而心脏整体收缩功能则由于横向收缩功能代偿而尚未表现出显著下降。

RV 心肌缺血时,可保留最低限的供氧能力,以保护心肌处于“顿抑”状态,而非心肌细胞直接坏死^[11]。GORTER 等^[12]发现急性心肌梗死患者 PCI 术后 RV 顿抑心肌功能逐渐恢复,术后随访 4 个月,几乎未见永久性 RV 心肌损伤。POPESCU 等^[13]的大样本随访研究证实 RV 收缩功能在急性心肌梗死后 6 个月中逐渐改善。本研究发现可反映右室整体功能的 RVMPI 术后早期即开始恢复,同时 RV 纵向收缩功能亦逐渐恢复,但 PCI 术后 3 个月与对照组依有差异,提示患者大部分心肌处于活性保留的“冬眠”或“顿抑”状态,而非“坏死”,PCI 再灌注治疗后 RV 功能得以改善,且

早期恢复更快,与 MASI 等^[14]的结果一致。PCI 术后 3 个月仅三维应变指标与对照组相比降低 ($P < 0.05$),提示 3D-STI 对定量评价冠脉病变患者 PCI 术后 RV 功能变化较常规二维指标具有优势。

本研究病例组中重度病变血管为 RCA 者 FW-RVLS 减小更明显,提示该类患者 RV 功能受损更为明显,可能与 RV 主要受 RCA 供血有关;而 Sep-RVLS 在不同血管病变患者间变化不明显,与 HUTTIN 等^[15]的结果一致,提示间隔应变对反映心肌梗死的位置不具特异性,主要与 LAD 与 RCA 共同影响室间隔供血有关,进一步提示 FW-RVLS 显著降低对于识别右冠状动脉狭窄有较好提示意义。病例组治疗后不同病变血管患者 RV 功能无明显差异 ($P > 0.05$),而罪犯血管为 RCA 者 RV 功能改善较其他 2 支病变患者更明显,提示冠脉病变患者 RV 功能障碍可能主要由于冠脉狭窄对 RV 心肌造成的直接性缺血损伤。

本研究的局限性:①采集 3D-STI 图像对透声条件和操作者经验要求较高,图像质量受透声条件和二维图像质量影响;②心脏作为一个整体,左右心室互相影响,同时测量左心室各功能指标及右心室舒张功能指标,有助于更为客观地分析 RV 功能变化;③样本量小,需进一步扩大样本量进行分析。

总之,冠状动脉单支重度病变患者 RV 功能受损,在 RCA 为罪犯血管者更为明显;PCI 术后 RV 功能较术前有所改善。3D-STI 对定量评价冠状动脉单支重度病变患者 PCI 术后 RV 功能变化具独特优势;FW-RVLS 降低对 RV 功能受损具有较好提示意义。

[参考文献]

- [1] 唐莎,李华,孙运峰,等. 四维应变技术评价冠心病患者 PCI 前后左室张功能的研究 [J]. 中国心血管病研究, 2017, 15 (11): 1002-1005.
- [2] MURARU D, SPADOTTO V, CECCHETTO A, et al. New speckle-tracking algorithm for right ventricular volume analysis from three-dimensional echocardiographic data sets: Validation with cardiac magnetic resonance and comparison with the previous analysis tool [J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2016, 17(11): 1279-1289.
- [3] 郭瑶,孙敏敏,孔德红,等. 实时三维超声心动图评价肺动脉瓣反流患者经皮肺动脉瓣置入术后右心室容积及收缩功能 [J]. 中华超声影像学杂志, 2017, 26(7): 563-567.
- [4] SUN M, CAO X, GUO Y, et al. Long-term impacts of hemodialysis on the right ventricle: Assessment via 3-dimensional speckle-tracking echocardiography [J]. Clin Cardiol, 2018, 41(1): 87-95.
- [5] LIGON R A, VAIYANI D, DESHPANDE S. Right ventricular myocardial performance index in pediatric patients with bronchopulmonary dysplasia-related pulmonary hypertension [J]. 2019, 36(7): 1353-1356.
- [6] LANG R M, BADANO L P, MORAVI 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]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2015, 16 (3): 233-270.
- [7] SPIGEL Z, QURESHI A M, MORRIS S A, et al. Right ventricle dependent coronary circulation: location of obstruction is associated with survival [J]. Ann Thorac Surg, 2019, pii: S0003-4975(19)31457-2.
- [8] 彭玲,朱芳,丁明岩,等. 三维斑点追踪技术评价冠状动脉病变严重程度 [J]. 中国医学影像技术, 2019, 35(5): 677-681.
- [9] BISWAS S, ANANTHASUBRAMANIAM K. Clinical utility of three-dimensional echocardiography for the evaluation of ventricular function [J]. Cardiol Rev, 2013, 21(4): 184-195.
- [10] SOKALSKIS V, PELUSO D, JAGODZINSKI A, et al. Added clinical value of applying myocardial deformation imaging to assess right ventricular function [J]. Echocardiography, 2017, 34 (6): 919-927.
- [11] COLLEEN M, WITZENBURG, JEFFREY W, et al. Biomechanics of myocardial ischemia and infarction [M]. Heidelberg: Springer International Publishing, 2017.
- [12] GORTER T M, LEXIS C P, HUMMEL Y M, et al. Right ventricular function after acute myocardial infarction treated with primary percutaneous coronary intervention (from the glycometabolic intervention as adjunct to primary percutaneous coronary intervention in ST-segment elevation myocardial infarction III trial) [J]. Am J Cardiol, 2016, 118(3): 338-344.
- [13] POPESCU B A, ANTONINICANTERIN F, TEMPORELLI P L, 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, 2004, 43(5): A198-A198.
- [14] MASI P G, FRANCONI M, DESMET W, et al. Right ventricular ischemic injury in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction: Characterization with cardiovascular magnetic resonance [J]. Circulation, 2010, 122 (14): 1405-1412.
- [15] HUTTIN O, LEMARIÉ J, MEGLIO M D, et al. Assessment of right ventricular functional recovery after acute myocardial infarction by 2D speckle-tracking echocardiography [J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2015, 31(3): 537.