

门控心肌灌注显像左心室形态指数和偏心指数在评估心肌梗死患者左心室重构中的价值

席小依¹ 王璐霞¹ 姚玘¹ 皇甫世豪¹ 肖钰昕¹ 王志芳¹

武萍¹ 李莉¹ 闫蕊¹ 王跃涛² 杨敏福³ 李思进¹

¹山西医科大学第一医院核医学科、分子影像精准诊疗省部共建协同创新中心,太原 030001;

²常州市第一人民医院核医学科,常州 213003;³首都医科大学附属北京朝阳医院核医学科,北京 100020

通信作者:李思进, Email: lisjnm123@163.com

【摘要】 目的 探讨左心室形态指数(SI)和偏心指数(EI)对左心室重构的评估价值。方法 回顾性分析 2016 年 1 月至 2020 年 9 月间于山西医科大学第一医院行门控心肌灌注显像(GMPI)且确诊心肌梗死(MI)的患者 324 例[男 264 例、女 60 例,年龄(62.5±11.8)岁]和健康对照(HC)者 113 例[男 47 例、女 66 例,年龄(57.8±10.7)岁]。通过定量门控 SPECT(QGS)软件获得 SI[舒张末期 SI(EDSI)、收缩末期 SI(ESSI)]、EI、左心室功能参数[舒张末期容积(EDV)、收缩末期容积(ESV)、左心室射血分数(LVEF)、室壁运动总评分(SMS)、室壁增厚总评分(STS)、高峰射血率(PER)、高峰充盈率(PFR)]。采用倾向性评分(PS)逆处理概率加权法(IPTW)平衡组间协变量。分析平衡后的 MI 组与 HC 组间 SI、EI 和左心室功能参数的差异及相关性。应用 ROC 曲线评价 2 组 EDV、EDSI、ESSI、EI 单独及联合评估左心室收缩功能受损的价值。采用两独立样本 *t* 检验、Pearson 相关及 Spearman 秩相关分析、Delong 检验等分析数据。**结果** IPTW 后 MI 组(319 例)的 EDSI、ESSI 大于 HC 组(133 例);EDSI:0.66±0.09 和 0.60±0.06;ESSI:0.59±0.11 和 0.47±0.07;*t* 值:8.05、14.67,均 *P*<0.001,EI 小于 HC 组(0.81±0.06 和 0.85±0.03;*t* = -8.93,*P*<0.001)。在 MI 组与 HC 组中,EDSI 与 ESSI(*r* 值:0.928 与 0.873),EDSI、ESSI 与 EI(*r* 值:-0.831~-0.641),EDSI、ESSI 与 LVEF(*r* 值:-0.627~-0.201),ESSI 与 EDV、ESV、SMS(*r* 值:0.336~0.584),ESSI 与 -PER、PFR(*r* 值:-0.406~-0.402,*r* 值:-0.352~-0.325)的相关性均有统计学意义(均 *P*<0.01)。ROC 曲线示 MI 组、HC 组中对左心室收缩功能受损的评估效能最高分别为 EDV(AUC:0.895)、ESSI(AUC:0.839);EDV-EDSI-ESSI-(1-EI)对左心室收缩功能受损的评估效能 MI 组(AUC:0.956)高于 EDV、EDV-EDSI、EDV-ESSI 和 EDV-(1-EI)(*z* 值:-2.64~-2.18,*P* 值:0.008~0.029),在 HC 组(AUC:0.911)高于 EDV、EDV-EDSI 和 EDV-(1-EI)(*z* 值:-2.60~-2.43,*P* 值:0.009~0.015)。**结论** MI 患者 SI 增大、EI 减小提示左心室球形度增加、重构程度加重。SI、EI 对评估左心室形态、预测左心室重构和左心室收缩功能受损有一定的临床应用价值。

【关键词】 心肌梗死;心室重构;心肌灌注显像;99m 锝甲氧基异丁基异腓

基金项目:国家自然科学基金(81901785)

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20221231-00378

Value of left ventricular shape index and eccentricity index of gated myocardial perfusion imaging in the evaluation of left ventricular remodeling in patients with myocardial infarction

Xi Xiaoyi¹, Wang Luxia¹, Yao Qi¹, Huangfu Shihao¹, Xiao Yuxin¹, Wu Zhifang¹, Wu Ping¹, Li Li¹, Yan Rui¹, Wang Yuetao², Yang Minfu³, Li Sijin¹

¹Department of Nuclear Medicine, First Hospital of Shanxi Medical University; Collaborative Innovation Center of Molecular Imaging Precision Diagnosis and Treatment, Taiyuan 030001, China; ²Department of Nuclear Medicine, the First People's Hospital of Changzhou, Changzhou 213003, China; ³Department of Nuclear Medicine, Beijing Chaoyang Hospital of Capital Medical University, Beijing 100020, China

Corresponding author: Li Sijin, Email: lisjnm123@163.com

【Abstract】 Objective To investigate the clinical value of left ventricular shape index (SI) and eccentricity index (EI) in evaluating left ventricular remodeling. **Methods** A retrospective analysis was performed on 324 patients (264 males, 60 females, age (62.5±11.8) years) diagnosed with myocardial infarction (MI) and 113 healthy controls (HC; 47 males, 66 females, age (57.8±10.7) years) who received gated myocardial perfusion imaging (GMPI) in First Hospital of Shanxi Medical University from January 2016

to September 2020. SI (end-diastolic SI (EDSI), end-systolic SI (ESSI)), EI and left ventricular function parameters (end-diastolic volume (EDV), end-systolic volume (ESV), left ventricular ejection fraction (LVEF), summed motion score (SMS), summed thickening score (STS), peak ejection rate (PER) and peak filling rate (PFR)) were obtained by quantitative gated SPECT (QGS) software. Propensity score (PS) inverse probability of treatment weighting (IPTW) was used to balance the intergroup covariates. The differences and correlations of EDSI, ESSI, EI and left ventricular function parameters between patients in MI group and HC group were analyzed. ROC curve analysis was used to evaluate the values of EDV, EDSI, ESSI and EI alone and in combination in the assessment of left ventricular systolic function impairment. Data were analyzed by independent-sample *t* test, Pearson correlation and Spearman rank correlation analyses, and Delong test. **Results** After IPTW, EDSI and ESSI in MI group ($n=319$) were higher than those in HC group ($n=133$; EDSI: 0.66 ± 0.09 vs 0.60 ± 0.06 ; ESSI: 0.59 ± 0.11 vs 0.47 ± 0.07 ; *t* values: 8.05, 14.67, both $P<0.001$), and EI was lower than that in HC group (0.81 ± 0.06 vs 0.85 ± 0.03 ; $t=-8.93$, $P<0.001$). In both groups, there were significant correlations between EDSI and ESSI (*r* values: 0.928, 0.873), between EDSI, ESSI and EI (*r* values: from -0.831 to -0.641), between EDSI, ESSI and LVEF (*r* values: from -0.627 to -0.201), between ESSI and EDV, ESV and SMS (*r* values: 0.336–0.584), between ESSI and $-PER$, PFR (*r* values: from -0.406 to -0.402 , *r* values: from -0.352 to -0.325) (all $P<0.01$). ROC curve analysis showed that EDV (AUC: 0.895) and ESSI (AUC: 0.839) had the highest efficacy in evaluating left ventricular systolic function impairment in MI group and HC group, respectively. EDV-EDSI-ESSI-(1-EI) had higher efficacy in the assessment of impaired left ventricular systolic function in MI group (AUC: 0.956), which was higher than that of EDV or EDV-EDSI or EDV-ESSI or EDV-(1-EI) (*z* values: from -2.64 to -2.18 , *P* values: 0.008–0.029); EDV-EDSI-ESSI-(1-EI) also had high efficacy in HC group (AUC: 0.911), which was higher than that of EDV or EDV-EDSI or EDV-(1-EI) (*z* values: from -2.60 to -2.43 , *P* values: 0.009–0.015). **Conclusions** In MI patients, the increase of SI and the decrease of EI indicate the increase of left ventricular sphericity and the aggravation of left ventricular remodeling. SI and EI have certain clinical application values in evaluating left ventricular morphology, predicting left ventricular remodeling and left ventricular systolic function impairment.

[Key words] Myocardial infarction; Ventricular remodeling; Myocardial perfusion imaging; Technetium Tc 99m sestamibi

Fund program: National Natural Science Foundation of China (81901785)

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20221231-00378

左心室重构被认为是心力衰竭发生发展过程中的决定因素,表现为心脏损伤或超负荷导致的左心室形态、大小和功能的改变^[1]。舒张末期容积(end-diastolic volume, EDV)是目前临床上最常用来评估左心室重构的指标^[2]。近年来,门控心肌灌注显像(gated myocardial perfusion imaging, GMPI)定量门控 SPECT(quantitative gated SPECT, QGS)软件获得的舒张末期形态指数(end-diastolic shape index, EDSI)、收缩末期形态指数(end-systolic shape index, ESSI)和偏心指数(eccentricity index, EI)被用来评价左心室形态改变和重构严重程度,与左心室功能、患者预后密切相关^[3]。研究发现形态指数(shape index, SI)升高有助于早期识别左心室重构的发生^[4],EI的异常改变与显著的心脏结构和功能异常相关^[3],即使在无心血管相关疾病的人群中,高左心室球形化程度也能够强有力地预测 10 年后心力衰竭及心房颤动的发生^[5]。本研究分析了 EDSI、ESSI 和 EI 之间的相关性及其与左心室容积和功能的关系,并探讨 SI 和 EI 评估左心室形态的可行性及预测左心室重构和左心室收缩功能受损的临床价值。

资料与方法

1. 研究对象。纳入 2016 年 1 月至 2020 年 9 月

在山西医科大学第一医院核医学科行静息 GMPI 且临床确诊为心肌梗死(myocardial infarction, MI)的患者 324 例[男 264 例、女 60 例,年龄(62.5 ± 11.8)岁]以及静息 GMPI 及冠状动脉造影均无显著异常的患者 113 例作为健康对照(health control, HC)组[男 47 例、女 66 例,年龄(57.8 ± 10.7)岁]行回顾性分析。MI 患者均符合 MI 第 4 次全球统一定义中的诊断标准^[6]。MI 及 HC 组排除标准:检查期间出现严重心律失常致门控采集参数失效;合并严重心力衰竭、严重心脏瓣膜疾病、心肌炎、扩张型心肌病。收集患者一般临床资料:性别、年龄、体质量指数(body mass index, BMI),吸烟史、饮酒史,高血压、糖尿病、高脂血症病史,冠状动脉造影及心电图结果。本研究经本院伦理委员会批准(批件编号:2016-002),研究符合《赫尔辛基宣言》的原则。

2. 显像方法。设备为德国 Siemens 公司 Symbia T16 双探头 SPECT/CT 仪。核素发生器(Mo-Tc 发生器)由北京原子高科股份有限公司提供,甲氧基异丁基异腈(methoxyisobutylisonitrile, MIBI)由江苏省原子医学研究所提供,放化纯 $>95\%$ 。显像前受检者空腹时间大于 3 h,平静状态下注射 740~925 MBq ^{99m}Tc -MIBI。注射后 30 min 进脂肪餐,注射后 60 min

显像。患者采用仰卧位,双手抱头固定。采用 SMART-Zoom 准直器,能峰 140 keV,窗宽 20%,矩阵 128×128,放大倍数 1.0,两探头呈 76°夹角,贴近胸壁,从右前斜 38°至左后斜 66°旋转步进法采集 208°,采集 34 帧,每帧角度约 6°,每帧采集 25 s,采集时间约 8 min。经计算机迭代法重建后获得左心室短轴、水平长轴、垂直长轴断层图像。

3. 图像处理和分析。通过 QGS 软件处理图像获得以下参数。(1) EDSI、ESSI^[7]。以三维(three-dimensional, 3D)心脏模型的心内膜表面为测量边界,找到短轴平面舒张末期最大横径,从相同平面确定收缩末期最大横径,分别测量两期最接近心尖点与瓣膜平面中心的距离来确定长轴长径。EDSI 和 ESSI 分别为舒张末期和收缩末期短轴最大横径与长轴长径之比,取值 0~1,值越大,提示左心室越接近球形。(2) EI^[8]。用迭代法构建最适合左心室心肌中段的 3D 椭球体模型,结合门控采集的心动周期数据,基于 3D 有序子集最大期望值迭代法(ordered-subsets expectation maximization, OSEM)重建图像,测得该椭球体模型的短轴横径 R_x 、 R_y ,长轴长径 R_z ,计算 EI。

$$EI = (1 - \frac{R_x \cdot R_y}{R_z^2})^{0.5} \dots\dots\dots \text{公式 1}$$

采用 EI 度量左心室伸长的程度,取值 0~1,值越小,提示左心室越接近球形。(3) 左心室功能参数。EDV、收缩末期容积(end-systolic volume, ESV)、左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)、高峰射血率(peak ejection rate, PER)、高峰充盈率(peak filling rate, PFR)。根据美国心脏协会(American Heart Association, AHA)17 节段评分法分析,采用 5 分评分法得到室壁运动异常评分(0 分,正常;1、2、3 分,轻度、中度、重度运动减弱;4 分,运动障碍;5 分,无运动),求和得到室壁运动总评分(summed motion score, SMS);采用 3 分评分法得到室壁增厚率异常评分[0 分,正常;1 分,轻度或可疑异常;2 分,中度到重度或明确异常;3 分,无收缩期室壁增厚],求和得到室壁增厚总评分(summed thickening score, STS)^[9]。

4. 统计学处理。(1) 倾向性评分(propensity score, PS)逆处理概率加权法(inverse probability of treatment weighting, IPTW)^[10]。本研究为事后观测数据,组间协变量不均衡可比,采用 IPTW 均衡混杂变量,产生类似随机分组的结果。采用 R 软件 MatchIt 包计算 PS,绝对标准化平均差值(absolute standardized

mean differences, ASMD) ≤0.2 表示组间协变量达到均衡。(2) 数据表述与分析。应用 IBM SPSS 26.0 软件进行分析,符合或近似符合正态分布的定量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较用两独立样本 t 检验,变量间关系探讨采用 Pearson 相关分析。不符合正态分布的定量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,组间比较用 Mann-Whitney U 检验,变量间关系探讨采用 Spearman 秩相关分析。定性资料采用频数表示,组间比较用 χ^2 检验。采用 ROC 曲线分析评价 MI 和 HC 2 组 EDV、EDSI、ESSI、EI 单独及联合评估左心室收缩功能受损(LVEF<50%)的价值。不同 ROC AUC 间的比较采用 Delong 检验。 $P < 0.05$ 为差异或相关性有统计学意义。

结 果

1. IPTW 前后患者一般资料的比较。采用 IPTW 对协变量进行调整前,MI 与 HC 组间一般资料比较,除 BMI 和高血压外,余差异均有统计学意义($t = 3.72, \chi^2$ 值: 3.94 ~ 64.96, 均 $P < 0.05$),且 ASMD > 0.2,组间协变量分布不均衡。调整后的 2 组一般资料差异均无统计学意义($t = -1.73, z = -8.21, \chi^2$ 值: 0.00 ~ 2.66, P 值: 0.085 ~ 0.983),且 ASMD 均 < 0.2,组间协变量分布达到均衡(表 1)。

2. IPTW 后 2 组 QGS 参数的比较(表 2)。MI 组的 EDV、ESV、SMS、STS、EDSI、ESSI 均高于 HC 组,而 MI 组的 LVEF、-PER、PFR、EI 均低于 HC 组,差异具有统计学意义(t 值: -24.62 ~ 14.67, z 值: -13.49 ~ 15.18, 均 $P < 0.001$)。

3. EDSI、ESSI、EI 与 QGS 参数的相关性。在 MI 组与 HC 组中,EDSI 与 ESSI 呈正向强相关(r 值: 0.928 与 0.873, 均 $P < 0.001$),EDSI、ESSI 与 EI 呈负向强相关(r 值: -0.831 ~ -0.641, 均 $P < 0.001$);EDSI、ESSI 与 LVEF 呈负相关(r 值: -0.627 ~ -0.201, 均 $P < 0.01$),而 MI 组 EI 与 LVEF 相关性欠佳($r = 0.266, P < 0.001$)。在 MI 组与 HC 组中,ESSI 与 EDV、ESV、SMS 呈中等强度正相关(r_s 值: 0.336 ~ 0.584, 均 $P < 0.001$),与 -PER、PFR 呈中等强度负相关(r_s 值: -0.406 ~ -0.402, r 值: -0.352 ~ -0.325, 均 $P < 0.001$)。MI 组 EDSI、EI 与 LVEF、EDV、ESV、SMS、STS、-PER、PFR 及 HC 组 EDSI 与 LVEF、EDV、STS、-PER 的相关性欠佳(r_s 值: -0.278 ~ 0.254, r 值: -0.248 ~ 0.266, 均 $P < 0.01$),HC 组 EDSI 与 SMS、PFR、ESSI 与 STS 及 EI 与 LVEF、EDV、ESV、SMS、-PER、PFR 的相关性均无统计学意义(r 值: -0.175 ~ -0.057, r_s 值: -0.081 ~

表 1 采用 IPTW 调整后 2 组患者一般资料的比较 [$\bar{x}\pm s$ 或 $M(Q_1, Q_3)$]

组别	例数	男/女 (例)	年龄 (岁)	BMI (kg/m ²)	吸烟(例)		饮酒(例)		高血压(例)		糖尿病(例)		高脂血症(例)		
					有	无	有	无	有	无	有	无	有	无	
MI 组	319	233/86	61.4±12.1	24.16(22.23, 26.10)	162	157	110	209	170	149	103	216	75	244	
HC 组	133	103/29	63.5±10.6	25.51(22.78, 26.22)	78	55	46	87	82	51	48	85	25	108	
		检验值	1.22	-1.73 ^a	-8.21 ^b	2.33		0.00		2.66		0.61		1.13	
		P 值	0.269	0.085	0.126	0.127		0.983		0.103		0.435		0.288	

注:^a为 *t* 值,^b为 *z* 值,余为 χ^2 值;BMI 为体质量指数,HC 为健康对照,IPTW 为逆处理概率加权法,MI 为心肌梗死

表 2 采用 IPTW 调整后 2 组患者左心室功能参数及形状参数的比较 [$\bar{x}\pm s$ 或 $M(Q_1, Q_3)$]

组别	例数	左心室功能参数					
		LVEF(%)	EDV(ml)	ESV(ml)	SMS(分)	STS(分)	
MI 组	319	30.14±11.19	127(99, 177)	89(62, 137)	34(24, 45)	22(14, 29)	
HC 组	133	55.65±9.50	78(67, 91)	33(25, 44)	3(2, 9)	3(0, 5)	
		检验值	-24.62 ^a	12.23	14.08	15.14	15.18
		P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

组别	例数	左心室功能参数			左心室形状参数		
		-PER(EDV/s)	PFR(EDV/s)	EDSI	ESSI	EI	
MI 组	319	1.15(0.88, 1.44)	1.16±0.42	0.66±0.09	0.59±0.11	0.81±0.06	
HC 组	133	2.00(1.72, 2.29)	1.99±0.45	0.60±0.06	0.47±0.07	0.85±0.03	
		检验值	-13.49	-17.84 ^a	8.05 ^a	14.67 ^a	-8.93 ^a
		P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:^a为 *t* 值,余为 *z* 值;EDSI 为舒张末期形态指数,EDV 为舒张末期容积,EI 为偏心指数,ESSI 为收缩末期形态指数,ESV 为收缩末期容积,LVEF 为左心室射血分数,PER 为高峰射血率,PFR 为高峰充盈率,SMS 为室壁运动总评分,STS 为室壁增厚总评分

0.112, *P* 值:0.052~0.830)。

4. EDV、EDSI、ESSI、EI 对左心室收缩功能受损的评估价值。(1)单一指标。MI 组、HC 组中分别有 305、33 例左心室收缩功能受损。ROC 曲线分析示,MI 组中 EDV 对收缩功能受损的诊断准确性最高(AUC:0.895),ESSI 次之(AUC:0.736),EDSI、1-EI 较低(AUCs:0.559、0.588),差异具有统计学意义(*z* 值:2.96~5.45,均 *P*<0.01)(图 1A);EDV 的最佳诊断阈值为 92.5 ml(灵敏度 82.6%,特异性 87.5%)。HC 组中 ESSI 对收缩功能受损的诊断准确性最高(AUC:0.839),EDV、EDSI 次之(AUCs:0.780、0.715),1-EI 较低(AUC:0.580),ESSI 与 EDSI、1-EI 的 AUC 差异具有统计学意义(*z* 值:-4.60、4.99,均 *P*<0.001),但与 EDV 的 AUC 差异无统计学意义(*z* = -0.44, *P* = 0.659)(图 1B);ESSI 的最佳诊断阈值为 0.485(灵敏度 84.4%,特异性 73.3%)。

(2)联合指标。在 MI 组中,EDV-EDSI-ESSI-(1-EI)对收缩功能受损的诊断准确性最高(AUC:0.956),高于 EDV(AUC:0.895),也高于 EDV-EDSI、EDV-ESSI、EDV-(1-EI)指标(AUCs:0.896、0.904、0.895),差异均有统计学意义(*z* 值:-2.64~-2.18, *P* 值:0.008~0.029)(图 1C);EDV-EDSI-ESSI-(1-EI)

最佳诊断阈值的灵敏度和特异性为 82.6%和 100%。在 HC 组中,EDV-EDSI-ESSI-(1-EI)对收缩功能受损的诊断准确性最高(AUC:0.911),高于 EDV(AUC:0.780),也高于 EDV-EDSI、EDV-(1-EI)指标(AUCs:0.818、0.785),差异具有统计学意义(*z* 值:-2.60~-2.43, *P* 值:0.009~0.015)。EDV-EDSI-ESSI-(1-EI)与 EDV-ESSI 的 AUC 差异无统计学意义(*z* = -1.53, *P* = 0.126)(图 1D);EDV-EDSI-ESSI-(1-EI)最佳诊断阈值的灵敏度和特异性分别为 90.6%和 80.0%。

讨论

动物实验表明,GMPI 可以评估急性 MI 后早期发生的左心室重构^[11]。临床上有多种评估左心室重构的指标,如 EDV、LVEF、相对室壁厚度、心脏纵向缩短程度和心尖锥度^[12]等,其中 EDV 增大目前最为常用^[13]。随着心脏容积增大,左心室纵向缩短,横径/纵径比值增加,趋向于球形化。一项针对多种族无症状人群的研究示,球形度分别是解释舒张、收缩末期左心室形状总变异的第 2、3 主要成分^[14]。GMPI 可以同时获取 EDV 和评价左心室球形程度的 SI 与 EI,用于评估左心室重构。

本研究纳入 324 例临床确诊的 MI 患者和 113 例静息 GMPI 及冠状动脉造影均无显著异常的 HC

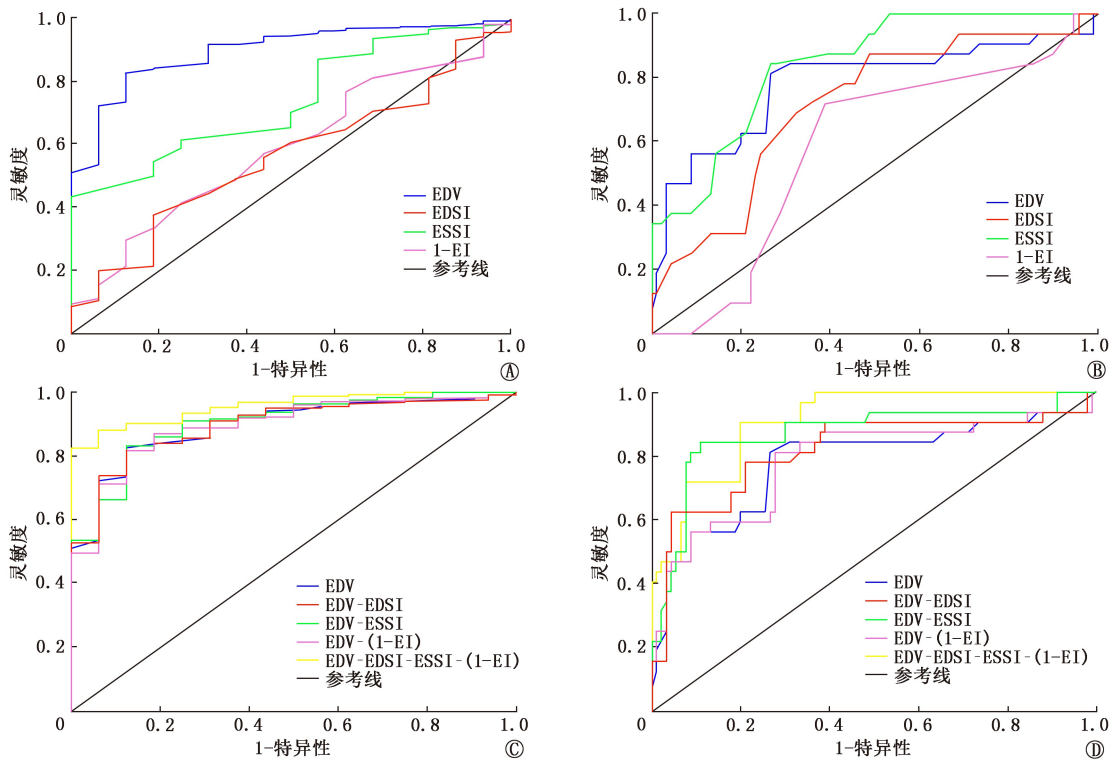


图 1 不同指标单独预测(A,B)和联合预测(C,D)心肌梗死组(319例;A,C)与健康对照组(133例;B,D)患者左心室收缩功能受损的 ROC 曲线。EDSI 为舒张末期形态指数,EDV 为舒张末期容积,EI 为偏心指数,ESSI 为收缩末期形态指数,EDV-EDSI、EDV-ESSI、EDV-(1-EI)、EDV-EDSI-ESSI-(1-EI) 为不同参数的联合预测因子

者,采用 PS 中的 IPTW 均衡混杂变量,使组间具有可比性。分析平衡后的 MI 组与 HC 组患者资料可知,MI 组的 EDSI、ESSI(0.66 ± 0.09 、 0.59 ± 0.11)高于 HC 组(0.60 ± 0.06 、 0.47 ± 0.07 ; t 值:8.05 和 14.67,均 $P<0.001$),EI 低于 HC 组(0.81 ± 0.06 与 0.85 ± 0.03 ; $t=-8.93$, $P<0.001$),表明 MI 患者左心室球形度增加,重构程度增大。心肌严重缺血损伤、梗死后发生左心室重构,表现为心肌纤维化,细胞外基质重塑,梗死区心肌细胞及肌纤维丢失,远离梗死区室壁反应性增生肥厚,左心室球形度增加伴随容积增大,而射血分数降低,左心功能进行性下降。在 HC 组中,随着左心室球形度增加,仍有左心室容积增加和收缩功能降低。推测此时存在的不良重构是由压力超负荷(如高血压)、容量超负荷(如主动脉瓣或二尖瓣关闭不全、由右向左分流的心脏病)等原因引起。Nappi 等^[15]曾报道,SI 有助于早期识别糖尿病患者发生的左心室重构。

在 MI 组和 HC 组中,EDSI、ESSI、EI 彼此相关,推测三者均为左心室的宽高比,故在评估左心室形态方面具有较好的一致性。ESSI 与左心室功能参数的相关系数整体高于 EDSI、EI,提示 ESSI 评估左心室功能可能更优。随着球形度增加,左心室容积

增加,收缩和舒张功能降低(LVEF、-PER、PFR 降低),室壁活动减弱(SMS 增大),室壁增厚率降低(STS 增大)。此发现与 Gimelli 等^[3]的研究结果一致。

本研究中,采用单一指标评价左心室收缩功能受损时,MI 组 EDV 诊断效能最高(AUC:0.895),而 HC 组为 ESSI(AUC:0.839),这提示在健康人群中更应关注 ESSI 以评估可能存在的不良重构。联合指标中,EDSI、ESSI、EI 对 EDV 评估左心室重构和收缩功能受损有一定的增益价值,联合指标有较高的灵敏度和特异性。左心室球形度越大,射血功能越低^[16]。在心肌缺血损伤等病理状态下,经一系列的级联反应,最终导致心力衰竭的发生,早期使用药物或手术恢复左心室椭球形形状,对心功能恢复有益^[17],SI 及 EI 的测量为评价临床早期逆转左心室重构治疗的效果提供了一定的参考价值。

本研究存在不足之处。(1)未对左心室 SI、EI 重复测量的一致性进行研究。(2)样本量较小,无法得出 MI 患者及健康人群的 SI、EI 参考范围。(3)未行大样本、长期生存事件的随访来探讨 SI、EI 对 MI 患者的预后价值。(4)静息 GMPI 获得的左心室形状参数是否与实时 3D 超声心动图、心脏 MR 的形状测量结果具有一致性有待检验。以上问题有待进

一步研究。另外可建立我国 GMPI 左心室形状测量图集,以便进行流行病学、风险因素发现及随访研究^[18]。

综上,本研究显示,MI 患者较健康人群 SI 增大、EI 减小,提示左心室球形度增加,左心室重构程度加重。EDSI、ESSI、EI 间相关,ESSI 与心脏容积和功能相关,SI、EI 对 EDV 评估左心室重构和收缩功能受损有增益价值,这表明通过 GMPI 获得 SI 和 EI 在评估左心室形态、预测左心室重构和左心室功能受损的方面有一定的临床应用价值。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 席小依:研究实施、统计学分析、论文撰写;王璐霞、姚妃、皇甫世豪、肖钰昕:研究实施;武志芳:研究指导、论文修改;武萍、闫蕊、王跃涛、杨敏福:研究指导;李莉:研究指导、经费支持;李思进:研究指导、论文修改、经费支持

参 考 文 献

- [1] Burchfield JS, Xie M, Hill JA. Pathological ventricular remodeling: mechanisms: part 1 of 2[J]. *Circulation*, 2013, 128(4): 388-400. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.113.001878.
- [2] Yang W, Zhang F, Tang H, et al. Summed thickening score by myocardial perfusion imaging: a risk factor of left ventricular remodeling in patients with myocardial infarction[J]. *J Nucl Cardiol*, 2018, 25(3): 742-753. DOI:10.1007/s12350-018-1200-4.
- [3] Gimelli A, Liga R, Clemente A, et al. Left ventricular eccentricity index measured with SPECT myocardial perfusion imaging: an additional parameter of adverse cardiac remodeling[J]. *J Nucl Cardiol*, 2020, 27(1): 71-79. DOI:10.1007/s12350-017-0777-3.
- [4] Gaudieri V, Nappi C, Acampa W, et al. Added prognostic value of left ventricular shape by gated SPECT imaging in patients with suspected coronary artery disease and normal myocardial perfusion[J]. *J Nucl Cardiol*, 2019, 26(4): 1148-1156. DOI:10.1007/s12350-017-1090-x.
- [5] Ambale-Venkatesh B, Yoneyama K, Sharma RK, et al. Left ventricular shape predicts different types of cardiovascular events in the general population[J]. *Heart*, 2017, 103(7): 499-507. DOI:10.1136/heartjnl-2016-310052.
- [6] Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, et al. Fourth universal definition of myocardial infarction (2018)[J]. *Eur Heart J*, 2019, 40(3): 237-269. DOI:10.1093/eurheartj/ehy462.
- [7] Abidov A, Slomka PJ, Nishina H, et al. Left ventricular shape index assessed by gated stress myocardial perfusion SPECT: initial description of a new variable[J]. *J Nucl Cardiol*, 2006, 13(5): 652-659. DOI:10.1016/j.nuclcard.2006.05.020.
- [8] Römer W, Reichel N, Vija HA, et al. Isotropic reconstruction of SPECT data using OSEM3D: correlation with CT[J]. *Acad Radiol*, 2006, 13(4): 496-502. DOI:10.1016/j.acra.2005.12.004.
- [9] Slomka PJ, Berman DS, Xu Y, et al. Fully automated wall motion and thickening scoring system for myocardial perfusion SPECT: method development and validation in large population[J]. *J Nucl Cardiol*, 2012, 19(2): 291-302. DOI:10.1007/s12350-011-9502-9.
- [10] Austin PC, Stuart EA. Moving towards best practice when using inverse probability of treatment weighting (IPTW) using the propensity score to estimate causal treatment effects in observational studies[J]. *Stat Med*, 2015, 34(28): 3661-3679. DOI:10.1002/sim.6607.
- [11] 杨微,王跃涛,邵晓梁,等.门控心肌灌注显像评价急性心肌梗死后早期左心室重构的实验研究[J].*中华核医学与分子影像杂志*, 2018, 38(10): 672-676. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.10.006.
Yang W, Wang YT, Shao XL, et al. Evaluation of early left ventricular remodeling after acute myocardial infarction by gated myocardial perfusion imaging through animal experiments[J]. *Chin J Nucl Med Mol Imaging*, 2018, 38(10): 672-676. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-2848.2018.10.006
- [12] Zhang X, Medrano-Gracia P, Ambale-Venkatesh B, et al. Orthogonal decomposition of left ventricular remodeling in myocardial infarction[J]. *Gigascience*, 2017, 6(3): 1-15. DOI:10.1093/gigascience/gix005.
- [13] Cokkinos DV, Belogiannas C. Left ventricular remodelling: a problem in search of solutions[J]. *Eur Cardiol*, 2016, 11(1): 29-35. DOI:10.15420/ocr.2015;9;3.
- [14] Medrano-Gracia P, Cowan BR, Ambale-Venkatesh B, et al. Left ventricular shape variation in asymptomatic populations: the multi-ethnic study of atherosclerosis [J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2014, 16(1): 56. DOI:10.1186/s12968-014-0056-2.
- [15] Nappi C, Gaudieri V, Acampa W, et al. Comparison of left ventricular shape by gated SPECT imaging in diabetic and nondiabetic patients with normal myocardial perfusion: a propensity score analysis[J]. *J Nucl Cardiol*, 2018, 25(2): 394-403. DOI:10.1007/s12350-017-1009-6.
- [16] Choi HF, Rademakers FE, Claus P. Left-ventricular shape determines intramyocardial mechanical heterogeneity[J]. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2011, 301(6): H2351-2361. DOI:10.1152/ajpheart.00568.2011.
- [17] Tulner SA, Steendijk P, Klautz RJ, et al. Surgical ventricular restoration in patients with ischemic dilated cardiomyopathy: evaluation of systolic and diastolic ventricular function, wall stress, dyssynchrony, and mechanical efficiency by pressure-volume loops [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2006, 132(3): 610-620. DOI:10.1016/j.jtcvs.2005.12.016.
- [18] Gilbert K, Bai W, Mauger C, et al. Independent left ventricular morphometric atlases show consistent relationships with cardiovascular risk factors: a UK Biobank Study [J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1): 1130. DOI:10.1038/s41598-018-37916-6.

(收稿日期:2022-12-31)