

❖ 心脏、血管影像学

Left ventricular analysis and velocity vector imaging in study on normal references of left ventricular systolic function

ZHANG Weiwei¹, LUO Haiyu¹, WEI Liya¹, YANG Xiaodong¹, LIU Li¹,PENG Weibin², ZHENG Jiayue¹, CHEN Yun^{1*}

(1. Department of Ultrasound, Peking University Shenzhen Hospital, Shenzhen 518036, China;

2. College of Public Health, Guangzhou Medical University, Guangzhou 511436, China)

[Abstract] **Objective** To determine normal references of left ventricular ejection fraction (LVA-EF), volume index (LVVI) and global longitudinal strain (GLS) with left ventricular analysis (LVA) and velocity vector imaging (VVI). **Methods** Totally 155 normal persons were examined by conventional echocardiography. The needed dynamic images were stored and then post-processes were carried out by LVA and VVI. The relevant data were recorded and analyzed, such as left ventricular end-diastolic volume index (LVEDVI), left ventricular end-systolic volume index (LVESVI), LVA-EF by LVA and GLS by VVI. **Results** The value of LVEDVI and LVESVI had significantly differences between male and female, respectively (both $P < 0.05$); while the value of LVA-EF and GLS had no significantly differences (both $P > 0.05$). The negative correlation of GLS with age was significantly different only in male group ($r = -0.38$, $P < 0.05$). There were no correlation of age with LVEDVI, LVESVI and LVA-EF in both male and female ($P < 0.05$). Conventional echocardiographic left ventricular ejection fraction (Bi-EF) and GLS were both positive correlated with LVA-EF ($r = 0.35$, 0.48 , both $P < 0.01$), and the correlation of GLS with LVA-EF was higher than that of Bi-EF with LVA-EF ($P < 0.05$). **Conclusion** The study through the limited samples draws normal references of LVA and VVI relevant indicators. Volume parameters are affected by gender and strain is affected by age. GLS is a better index on behalf of left ventricular systolic function than Bi-EF.

[Key words] Ultrasonography; Ventricular function, left; Normal references

DOI:10.13929/j.1003-3289.201606157

基于自动左心室容积分析和速度向量成像技术
研究正常左心室收缩功能张威威¹, 罗海愉¹, 魏立亚¹, 杨晓东¹, 刘 俐¹, 彭伟彬², 郑家跃¹, 陈 芸^{1*}

(1. 北京大学深圳医院超声影像科, 广东 深圳 518036; 2. 广州医科大学公共卫生学院, 广东 广州 511436)

[摘要] **目的** 采用自动左心室容积分析(LVA)和速度向量成像技术(VVI)确定左心室射血分数(LVA-EF)、容积指数(LVVI)、整体纵向应变(GLS)的正常值。**方法** 155 名正常人接受常规超声心动图检查, 采用机器内置 LVA 和 VVI 软件进行图像后处理, 获得观测指标: LVA 监测舒张末期左心室容积指数(LVEDVI)、收缩末期左心室容积指数(LVESVI)、LVA-EF 和 VVI 监测 GLS。**结果** 男性与女性间 LVEDVI 和 LVESVI 差异有统计学意义(P 均 < 0.05), 而 LVA-EF 和 GLS 差异无统计学意义(P 均 > 0.05)。男性 GLS 与年龄呈负相关($r = -0.38$, $P < 0.05$); 男性与女性受检者中, LVESVI、LVEDVI 和 LVA-EF 与年龄均无相关性(P 均 > 0.05)。传统超声心动图监测的左心室射血分数(Bi-EF)与

[基金项目] 深圳市科技研发资金项目(JCYJ20140415162542975、JCYJ20140415162338774)。**[第一作者]** 张威威(1991—), 男, 安徽阜阳人, 在读硕士, 医师。研究方向: 心血管疾病的超声诊断。E-mail: wywl163@163.com**[通信作者]** 陈芸, 北京大学深圳医院超声影像科, 518036。E-mail: chenyun6308@139.com**[收稿日期]** 2016-06-28 **[修回日期]** 2016-11-07

LVA-EF、GLS 与 LVA-EF 均呈正相关($r=0.35, 0.48, P$ 均 <0.01), 且 GLS 与 LVA-EF 的相关性高于 Bi-EF 与 LVA-EF 的相关性($P<0.05$)。结论 本研究通过有限样本量初步分析了 LVA 和 VVI 相关指标正常值, 其中容积参数受性别影响, 应变参数受年龄影响。此外, GLS 较传统超声参数(Bi-EF)可更好地反映左心室收缩功能。

[关键词] 超声检查; 心室功能, 左; 正常值

[中图分类号] R331.31; R540.45 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2017)01-0030-05

超声心动图通过评估心脏结构和功能为心血管疾病诊疗及预后评估提供依据, 具有重要的临床价值。近年来, 随着超声新技术的快速发展, 三维超声心动图(three-dimensional echocardiography, 3DE)和斑点追踪技术逐渐成为研究热点。研究^[1-3]表明, 上述两种技术在评估心脏收缩功能方面优于传统超声心动图。国际已通过多项多中心大样本研究制定了相关正常值^[4-8], 还对其可行性及准确性进行了验证^[3, 9], 但运用上述方法系统且有针对性地探究国人左心室射血分数、容积及应变参数正常值的研究鲜见, 且由于各机器内置算法差异导致研究结果有一定区别^[10]。本研究采用 Siemens Acuson SC2000 彩色多普勒超声诊断系统内置的自动左心室容积分析(left ventricular analysis, LVA)技术和速度向量成像(velocity vector imaging, VVI)技术, 初步探讨 155 名正常人上述参数的正常值, 旨在进一步丰富国人相关参数数据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2015 年 8 月—2016 年 4 月于我院接受检查的健康体检者 155 名, 男 70 名, 女 85 名, 记录身高、体质量等信息, 并计算体表面积(body surface area, BSA)和体质量指数(body mass index, BMI)。纳入标准: 经体格检查、超声心动图、静态心动图检查均未见明确异常, 经实验室检查及病史排除高血压、糖尿病、肾病、甲状腺功能亢进、免疫系统疾病、可疑冠心病及器质性心脏病。本研究经我院伦理委员会审批通过, 所有入选者检查前均知情同意。

1.2 仪器与方法 采用 Siemens Acuson SC2000 彩色多普勒超声诊断系统, 4V1c 成人心脏探头, 频率 3.5~4.5 MHz; 4Z1c 容积矩阵探头, 频率 2.5~3.5 MHz。采用常规超声心动图于左心室长轴切面测量舒张末期左室内径(left ventricular end-diastolic dimension, LVEDd)、左心室后壁厚度(left ventricular posterior wall depth, LVPWd)、收缩末期左心房前后径(left atrial dimension, LAd); 运用 M 型超声测量左心室质量(left ventricular mass, LVM)并进行 BSA 标准化得出左心室质量指数(left ventricular mass index, LVMI); 采用双平面 Simpson 法获得左心室射血

分数(biplane-ejection fraction, Bi-EF); 于心尖四腔心切面测量二尖瓣血流频谱, 即舒张早期峰值速度(E)和舒张晚期峰值速度(A), 并计算其比值(E/A); 运用脉冲组织多普勒于心尖四腔心切面二尖瓣环侧壁测量心肌运动速度, 即舒张早期峰值速度(e')和舒张晚期峰值速度(a'), 并计算 e'/a' 和 E/e' 。上述观测指标测量标准依据美国超声心动图学会推荐指南^[11], 观察值取 3 次测量的平均值。在常规超声心动图测量基础上, 待心电图监测稳定及图像质量调节满意后, 采集左心室心尖四腔心、两腔心、三腔心 3 个二维动态图像及心尖四腔心容积动态图像, 上述动态图像均取 3 个心动周期。采集完毕后, 采用机器内置 LVA 及 VVI 后处理软件进行图像后处理。

1.3 LVA 和 VVI 后处理

1.3.1 LVA 后处理 进入容积动态图像, 点击 LVA, 图像进行自动左心室容积分析, 观察自动分析结果(心内膜追踪效果), 如不满意可进行适当调整。分析满意后进入 report 界面, 记录左心室射血分数(left ventricular analysis-ejection fraction, LVA-EF)、舒张末期左心室容积(left ventricular end-diastolic volume, LVEDV)及收缩末期左心室容积(left ventricular end-systolic volume, LVESV), 计算经 BSA 标准化后的舒张末期左心室容积指数(left ventricular end-diastolic volume index, LVEDVI)和收缩末期左心室容积指数(left ventricular end-systolic volume index, LVESVI)。

1.3.2 VVI 后处理 将上述二维动态图像冻结于舒张末期, 沿左心室心内膜逐点描记, 软件自动生成心外膜并自动后处理, 观察处理效果(心内膜及心外膜追踪效果), 如不满意可进行适当调整。后进入 report 界面记录左心室整体纵向心肌层应变(globe longitudinal strain, GLS)。观察值取 3 次测量的平均值。

随机抽取 30 名受检者, 由同一名观察者前后间隔 1 周处理图像, 记录 LVA 和 VVI 后处理获得的上述指标, 进行组内一致性分析。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 16.0 统计分析软件。正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 偏态分布的计量

资料以中位数(M)和四分位数($P_{25} \sim P_{75}$)表示。根据样本类型进行两独立样本 t 检验或秩和检验。组内一致性用组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)表示。采用 *Pearson* 相关分析男、女受检者 LVESVI、LVEDVI、LVA-EF、GLS 与年龄的相关性, Bi-EF、GLS 与 LVA-EF 的相关性。两相关系数比较采用 Z 检验^[12]。正常值参考范围用($\bar{x} \pm 2s$)表示。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

男性和女性受检者的一般资料及常规超声心动图参数见表 1。LVA 和 VVI 测量指标的正常值见表 2、图 1, 男性受检者与女性受检者间 LVEDV、LVEDVI、LVESV、LVESVI 差异有统计学意义(P 均 < 0.05), 而 LVA-EF 和 GLS 差异无统计学意义(P 均 > 0.05)。

男性受检者中, GLS 与年龄呈负相关($r = -0.38$,

$P < 0.05$); 在女性受检者中, GLS 与年龄无相关性($r = -0.20$, $P > 0.05$); 男性与女性受检者中, LVESVI、LVEDVI、LVA-EF 与年龄均无相关性(P 均 > 0.05 , 图 2)。Bi-EF、GLS 与 LVA-EF 均呈正相关($r = 0.35$ 、 0.48 , P 均 < 0.01), 且 GLS 与 LVA-EF 的相关性高于 Bi-EF 与 LVA-EF 的相关性($P < 0.05$)。

LVEDV(ICC=0.845)、LVEDVI(ICC=0.834)、LVESV(ICC=0.828)、LVESVI(ICC=0.820)、LVA-EF(ICC=0.897)、GLS(ICC=0.873)组内一致性均较好(P 均 < 0.05)。

3 讨论

3DE 可对左心室相关参数进行自动化分析, 进而克服双平面 Simpson 法对左心室几何形态假设的不足, 可显著提高评估左心室收缩功能和容积的准确率, 且与“金标准”心脏 MR(cardiac MR, CMR)有较高的一致性。Ruddox 等^[13]对 2007—2012 年已发表的关于

表 1 男性和女性受检者一般资料及常规超声心动图参数值($\bar{x} \pm s$)

性别	年龄 (岁)	身高 (m)	体质量 (kg)	BMI (kg/m ²)	BSA (m ²)	LVEDd (mm)	LVPWd (mm)
男性(<i>n</i> =70)	41.6±13.5	1.69±0.06	67.50±8.83	22.47±2.91	1.77±0.12	47.77±4.32	8.00(8.00~9.00)
女性(<i>n</i> =85)	39.6±13.3	1.59±0.05	55.22±7.00	20.81±2.49	1.56±0.11	44.86±3.44	8.00(7.00~8.00)
总体(<i>n</i> =155)	40.5±13.4	1.64±0.07	60.77±9.96	21.65±1.84	1.65±0.15	46.17±4.11	8.00(7.00~8.00)
<i>P</i> 值	>0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

性别	LVM(g)	LVMI(g/m ²)	LAd(mm)	Bi-EF(%)	E(cm/s)	A(cm/s)
男性(<i>n</i> =70)	136.25±25.10	76.86±12.56	32.24±3.45	56.26±4.62	75.44±17.12	58.39±15.90
女性(<i>n</i> =85)	107.55±24.35	68.71±14.24	29.98±3.38	58.65±5.22	82.31±18.61	62.53±18.76
总体(<i>n</i> =155)	120.51±28.48	72.39±14.07	32.00(28.00~34.00)	57.57±5.08	79.21±18.22	60.66±17.60
<i>P</i> 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	>0.05	>0.05

性别	A(cm/s)	E/A	e'(cm/s)	a'(cm/s)	e'/a'	E/e'
男性(<i>n</i> =70)	58.39±15.90	1.42±0.60	14.02±4.23	10.08±2.48	1.49±0.62	5.69±1.50
女性(<i>n</i> =85)	62.53±18.76	1.42±0.46	14.48±3.85	9.81±2.36	1.58±0.62	5.91±1.45
总体(<i>n</i> =155)	60.66±17.60	1.42±0.53	14.27±4.02	9.93±2.41	1.54±0.62	5.81±1.47
<i>P</i> 值	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

注: P 值为男性与女性的比较结果

表 2 男性和女性受检者 LVA 和 VVI 技术获取的参数和正常值范围[($\bar{x} \pm s$)/($\bar{x} \pm 2s$)]

性别	LVEDV(ml)	LVEDVI(ml/m ²)	LVESV(ml)	LVESVI(ml/m ²)	LVA-EF(%)	GLS(%)
男性($n=70$)	100.17 $\pm$ 24.65/ (50.87~149.47)	56.56 $\pm$ 12.95/ (30.66~82.46)	39.65 $\pm$ 11.01/ (17.63~61.67)	22.44 $\pm$ 6.14/ (10.16~34.72)	57.96 $\pm$ 4.99/ (47.98~67.94)	20.91 $\pm$ 2.16/ (16.59~25.23)
女性($n=85$)	80.73 $\pm$ 18.67/ (43.39~118.07)	51.62 $\pm$ 10.99/ (29.64~73.60)	30.07 $\pm$ 8.76/ (12.55~47.59)	19.22 $\pm$ 5.35/ (8.52~29.92)	59.27 $\pm$ 5.56/ (48.15~70.39)	21.61 $\pm$ 2.49/ (16.63~26.59)
总体($n=155$)	89.51 $\pm$ 23.59/ (42.33~136.69)	53.85 $\pm$ 12.13/ (29.59~78.11)	34.39 $\pm$ 10.91/ (12.57~56.21)	20.68 $\pm$ 5.92/ (8.84~32.52)	58.68 $\pm$ 5.33/ (48.02~69.34)	21.30 $\pm$ 2.36/ (16.58~26.02)
P 值	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	>0.05	>0.05

注: P 值为男性与女性的比较结果

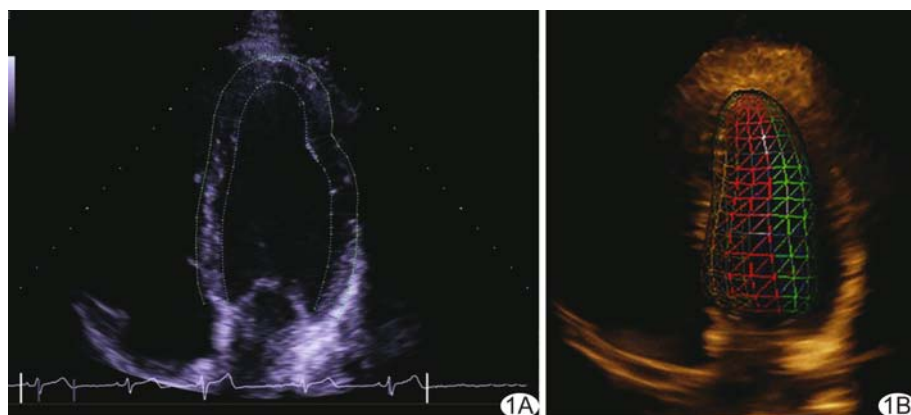


图 1 正常成人人心尖四腔心切面 A. VVI 描记图; B. LVA 描记图

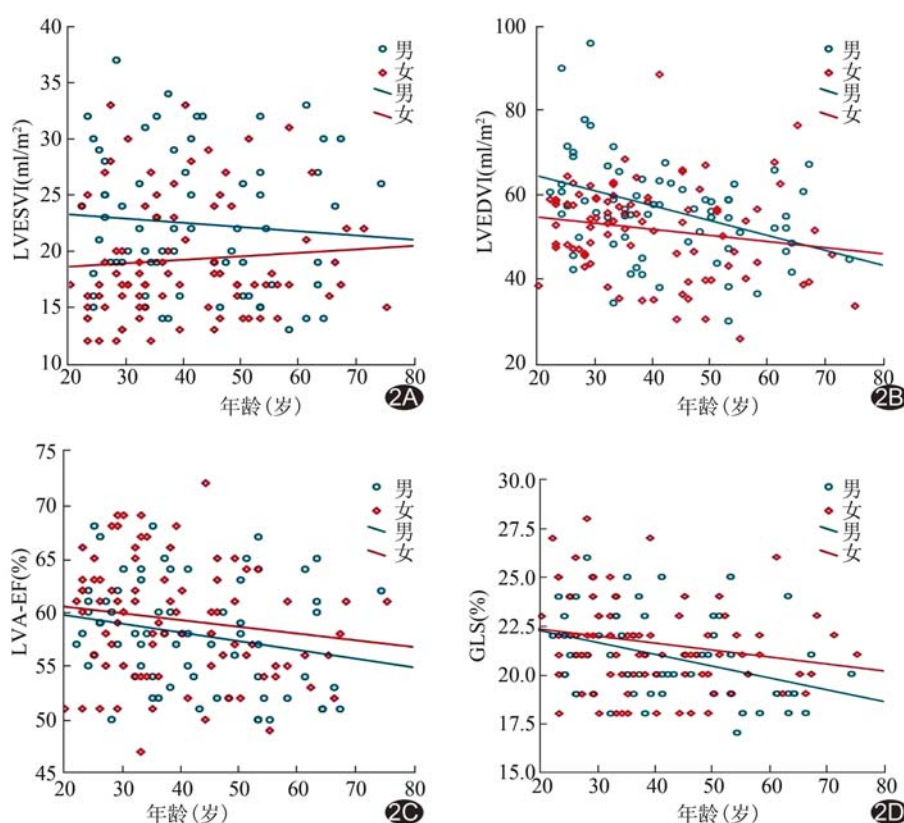


图 2 LVESVI(A)、LVEDVI(B)、LVA-EF(C)、GLS(D)与年龄的散点图

3DE 的文章(多数以 CMR 为“金标准”)进行 Meta 分析发现,3DE 对左心室容积评估的准确率优于二维超声,但 3DE 的测值低于 CMR。分析原因为二维超声对心内膜边界的界定模糊,对心尖部显示不满意;而出现 3DE 测值低于 CMR 主要是由于测量方法的差别,CMR 测量容积包括肌小梁而 3DE 不包括。此外,VVI 基于二维图像,克服了角度依赖性,在斑点追踪技术的基础上引入空间相干、边界追踪等技术提高了

空间分辨率,其不受心脏运动影响,可通过多参数(速度、位移、应变、应变率等)真实反映心肌功能,不仅能够发现隐匿性心肌损伤^[1],而且对于疾病预后转归的指导意义也优于传统方法^[14]。因此,本研究运用上述两种方法初步探究左心室相关参数的正常值,可丰富国人相关参数数据,对提高超声新技术诊断疾病的效能有一定帮助。

研究^[7]表明,左心室收缩功能和容积评估对疾病转归具有重要的预测价值,因此本研究对上述 2 个因素进行研究发现,国人与日本人^[6] LVEDVI 正常值(男:26~74 ml/m²;女:28~64 ml/m²)接近,但稍高于欧洲白人^[7](男:29~67 ml/m²;女:24~58 ml/m²);国人 LVESVI 测值与欧洲人^[15][男:(19±5)ml/m²;女:(16±4)ml/m²]和日本人^[6][男:(19±5)ml/m²;女:(17±4)ml/m²]接近;而 LVA-EF 稍低于欧洲人[(62±5)%]^[7]和日本人[(62±4)%]^[6]。国人 GLS 与欧美人(19.7%)^[4]、日本人(21.3%)^[5]均近似。总体而言,国人和日本人由于人种相同,测值也最接近;但在心脏容积和收缩功能方面国人与欧美人群有一定差异,可能是由于人种差异导致,也可能由于本研究样本量有限且单中心所致。既往研究^[4-7]发现左心室容

积($P<0.05$)、收缩功能($P>0.05$)与年龄呈负相关;且男性左心室容积高于女性($P<0.05$),而收缩功能却相反($P<0.05$)。本研究结果与其基本一致,但本研究左心室容积与年龄无相关性,可能是由于本研究样本量有限所致。此外,本研究通过分析得出 GLS 与 LVA-EF 的相关性高于 Bi-EF 与 LVA-EF 的相关性($P<0.05$),推测 GLS 反应左心室收缩功能的真实性优于 Bi-EF。相关研究^[16-17]也表明,应变成像技术可

发现射血分数正常的隐匿性心肌功能受损,可能由于 GLS 反应左心室各节段的整体功能,而 Bi-EF 仅反应心尖四腔心和两腔心 12 个心肌节段的功能。

本研究的局限性:①由于临床工作限制,仅对组内一致性进行了研究,而未涉及组间一致性;②本研究是单中心研究且样本量有限,因此期待其他医学中心也进行相关研究,扩大样本量,提高 LVA 和 VVI 相关指标的精确性。

综上所述,本研究通过有限样本量初步分析了 LVA 和 VVI 相关指标正常值,其中容积参数受性别影响,应变参数受年龄影响;并且与欧美国家的数据进行简单对比发现具有一定的差异。此外,GLS 较传统超声参数能更好地反映左心室收缩功能。

[参考文献]

- [1] Kraigher-Krainer E, Shah AM, Gupta DK, et al. Impaired systolic function by strain imaging in heart failure with preserved ejection fraction. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 63(5):447-456.
- [2] Bhavne NM, Lang RM. Evaluation of left ventricular structure and function by three-dimensional echocardiography. *Curr Opin Crit Care*, 2013, 19(5):387-396.
- [3] 刘泳, 罗楠, 王治焱. 二维斑点追踪成像技术评价原发性高血压患者左心室内膜下心肌收缩功能. *中国中西医结合影像学杂志*, 2016, 14(5):549-552, 555.
- [4] Yingchoncharoen T, Agarwal S, Popović ZB, et al. Normal ranges of left ventricular strain: A meta-analysis. *J Am Soc Echocardiogr*, 2013, 26(2):185-191.
- [5] Takigiku K, Takeuchi M, Izumi C, et al. Normal range of left ventricular 2-dimensional strain: Japanese Ultrasound Speckle Tracking of the Left Ventricle (JUSTICE) study. *Circ J*, 2012, 76(11):2623-2632.
- [6] Fukuda S, Watanabe H, Daimon M, et al. Normal values of real-time 3-dimensional echocardiographic parameters in a healthy Japanese population. *Circ J*, 2012, 76(5):1177-1181.
- [7] Chahal NS, Lim TK, Jain P, et al. Population-based reference values for 3D echocardiographic LV volumes and ejection fraction. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2012, 5(12):1191-1197.
- [8] Dalen H, Thorstensen A, Aase SA, et al. Segmental and global longitudinal strain and strain rate based on echocardiography of 1266 healthy individuals: The HUNT study in Norway. *Eur J Echocardiogr*, 2010, 11(2):176-183.
- [9] Thorstensen A, Dalen H, Amundsen BH, et al. Reproducibility in echocardiographic assessment of the left ventricular global and regional function, the HUNT study. *Eur J Echocardiogr*, 2010, 11(2):149-156.
- [10] Biaggi P, Carasso S, Garceau P, et al. Comparison of two different speckle tracking software systems: Does the method matter? *Echocardiography*, 2011, 28(5):539-547.
- [11] Lang RM, Badano LP, Mor-Avi 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 Am Soc Echocardiogr*, 2015, 28(1):1-39.
- [12] 吕媛, 易银沙. 关联相关系数的比较. *实用预防医学*, 2001, 8(2):157-158.
- [13] Ruddox V, Mathisen M, Baekkevar M, et al. Is 3D echocardiography superior to 2D echocardiography in general practice? A systematic review of studies published between 2007 and 2012. *Int J Cardiol*, 2013, 168(2):1306-1315.
- [14] Stanton T, Leano R, Marwick TH. Prediction of all-cause mortality from global longitudinal speckle strain: Comparison with ejection fraction and wall motion scoring. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2009, 2(5):356-364.
- [15] Cuspidi C, Facchetti R, Sala C, et al. Normal values of left-ventricular mass: Echocardiographic findings from the PAMELA study. *J Hypertens*, 2012, 30(5):997-1003.
- [16] 冯秀婕, 孙志丹, 孙秀云. 三维斑点追踪技术评价类风湿关节炎患者左心室收缩功能. *中国医学影像技术*, 2016, 32(8):1218-1221.
- [17] 徐威, 姜克新, 任卫东, 等. 三维斑点追踪技术评价 2 型糖尿病患者左心室心肌收缩功能. *中国介入影像与治疗学*, 2015, 12(5):308-311.