

• 技术与方法 •      doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2021.09.030

网络首发 [https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20210105.1120.004.html\(2021-01-05\)](https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20210105.1120.004.html(2021-01-05))

# 全身成像三维量化评价左心室收缩功能的可行性研究<sup>\*</sup>

唐海霞,景香香,林  凌,钟文津,刘丽莉

(海南省人民医院/海南医学院附属海南医院超声科,海口 570311)

**[摘要]** **目的** 探讨全身成像三维量化(GI3DQ)评价左心室收缩功能的可行性。**方法** 选取 45 例患者,采用二维 Simpson's 法(以下简称 2D 法)测量左心室舒张末期容积(EDV)和收缩末期容积(ESV),每搏输出量(SV),得出左心室射血分数(LVEF);用实时三维超声心动图(RT-3DE)采集心尖四腔心全容积图像,导入 QLABadv,测量 EDV 和 ESV,得出 LVEF;将实时三维心尖四腔心全容积图像导入 GI3DQ 三维图像工作站脱机测量 EDV 和 ESV,得出 LVEF。**结果** GI3DQ 与 2D 法评价左心室功能参数测值,EDV、ESV、SV、LVEF 比较差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),二者评价 LVEF 相关性较好( $r=0.870$ ),两种方法进行一致性分析差异无统计学意义( $P>0.05$ );GI3DQ 与 RT-3DE 评价左心室功能参数测值,EDV、SV 比较差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),但二者 ESV、LVEF 比较差异有统计学意义( $P<0.05$ ),二者评价 LVEF 值相关性较好( $r=0.920$ ),两种方法进行一致性分析差异无统计学意义( $P>0.05$ )。**结论** GI3DQ 可对左心室收缩功能进行准确的定量评估,为临床评价左心室收缩功能提供了更加准确、简便的方法。

**[关键词]** 全身成像三维量化;超声心动描计术;收缩功能;心室,左

**[中图法分类号]** R445.1      **[文献标识码]** A      **[文章编号]** 1671-8348(2021)09-1577-04

## Study on feasibility of general imaging 3-dimensional quantification in assessing left ventricular systolic function<sup>\*</sup>

TANG Haixia, JING Xiangxiang, LIN Ling, ZHONG Wenjin, LIU Lili

(Department of Ultrasound, Hainan Provincial People's Hospital/Affiliated Hainan Hospital of  
Hainan Medical University, Haikou, Hainan 570311, China)

**[Abstract]** **Objective** To evaluate the feasibility of general imaging 3-dimensional quantification (GI3DQ) in assessing the left ventricular systolic function. **Methods** Forty-five patients were selected. The left ventricular end diastolic volume (EDV), end systolic volume (ESV) and stroke volume (SV) were measured by adopting the dimensional Simpson's method (2D method), and the left ventricular ejection fraction (LVEF) was obtained; the full volume image of apical four chamber heart was collected by using the real-time three-dimensional echocardiography (RT-3DE), by importing QLABadv, EDV and ESV were measured to obtain LVEF; the full volume image of three-dimensional apical four chamber heart was imported into the GI3DQ three-dimensional imaging work station for offline measuring EDV and ESV, and LVEF was obtained. **Results** The measured values of parameters EDV, ESV, SV and LVEF for evaluating the left ventricular function had no statistically significant difference between the GI3DQ and 2D method ( $P>0.05$ ), the correlation of both in evaluating LVEF was good ( $r=0.870$ ), the difference in the consistency analysis had no statistical difference between the two methods ( $P>0.05$ ); in evaluating the measured values of left ventricular function parameters by GI3DQ and RT-3DE, EDV and SV had no statistically significant difference ( $P<0.05$ ), but ESV and EF had statistically significant difference between them ( $P<0.05$ ). The both for evaluating the LVFE value had good correlation ( $r=0.920$ ), and the difference in the consistency analysis had no statistical significant between the two methods ( $P>0.05$ ). **Conclusion** GI3DQ can accurately and quantitatively evaluate the left ventricular systolic function, which provides a more accurate and simple method for clinical evaluation of left ventricular systolic function.

**[Key words]** general imaging 3-dimensional quantification; echocardiography; systolic function, ventricle, left

<sup>\*</sup> 基金项目:海南省卫生计生普通科研项目(18A200023)。 作者简介:唐海霞(1978—),副主任医师,硕士,主要从事心脏血管超声研究。

心脏在血液循环系统中具有重要的地位,其作用是将所存储的血液泵出,满足人体新陈代谢所需,左心室收缩即是泵出心排血量的过程,因而,在评价心泵功能时主要将心排血量作为核心参数。左心室的心肌收缩力代表其收缩功能,左心室压力-容积关系能够有效体现左心室的心肌收缩力。当收缩功能正常时,能够将满足全身代谢所需的心输出量泵出,反之则心排血量减低。因此,准确评价收缩功能是否受损及严重程度,对于临床诊疗和预后至关重要。本研究采用全身成像三维量化(GI3DQ)对左心室收缩功能进行评价,并与二维双平面 Simpson's 法(以下简称 2D 法)和实时三维超声心动图(RT-3DE)比较,探讨 GI3DQ 评价左心室收缩功能的可行性和准确性。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取本院 2018 年 1 月至 2019 年 12 月 45 例患者,无严重心律失常,肺部气体干扰少,检查图像清晰,分辨率好,可清楚勾勒出左心室的心内膜和心外膜;心脏各个切面均清晰完整显示。男 29 例,女 16 例,年龄 31~71 岁,平均(52.38±11.56)岁。其中左心室收缩功能正常者 37 例,减低者 8 例。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 仪器

采用 Philips iE33 超声诊断仪,配有二维相控阵探头 S5-1(频率 2~4 MHz),实时三维矩阵探头 X5-1(频率 1~3 MHz),三维彩色多普勒血流成像系统,

QLAB9.0 及 GI3DQ 图像处理工作站。

#### 1.2.2 2D 法心功能数据采集

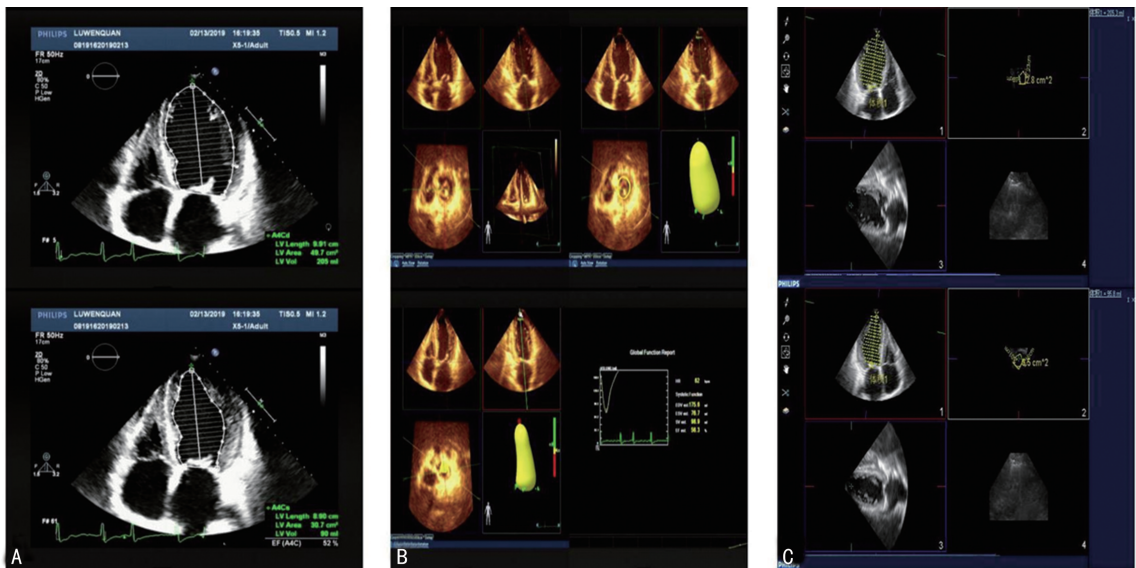
患者常规取左侧卧位,取心尖四腔心和左心室两腔心切面,在标准的心尖四腔心切面上,于左心室舒张末期,沿左心室内膜勾画得到心室腔形态,确定后,再于左心室收缩末期,沿左心室内膜勾画出心室形态。在标准的左心室两腔心切面上执行相同的数据采集工作,设备将通过自动计算得出左心室舒张末期容积(EDV)、收缩末期容积(ESV)、每搏输出量(SV)及左心室射血分数(LVEF),见图 1 A。

#### 1.2.3 RT-3DE 数据采集

在实时三维成像模式下,设置探头频率为 1.7~3.5 MHz,将探头置于心尖处,得到心尖四腔心标准切面,待设备显示以探头发射中心为轴心的 3 个正交 60°二维切面后,调节探头方向,获得最理想的心尖两腔与长轴切面,并对灰度及反差进行相应的调节,进而得到清晰的心内膜缘显示,取 4 个心动周期,将图像导入 QLABadv,勾画出收缩、舒张末期的左心室心内膜,设备可自行分析得出左心室数据,见图 1B。

#### 1.2.4 GI3DQ 心功能数据采集

将上述实时三维采集图像导出,使用 Philips QLAB 9.0 软件 GI3DQ 插件载入导出的数据,分别于左心室舒张末期和收缩末期连接二尖瓣闭合点至心尖部后,软件自动切割为 15 层,每层切片平面手动勾画心室内膜轮廓,软件自动计算出 EDV 和 ESV,从而计算得出 SV,  $LVEF = SV / EDV \times 100\%$ ,见图 1C。



A:2D 法;B:RT-3DE;C:GI3DQ。

图 1 3 种方法评估左心室收缩功能

### 1.3 统计学处理

数据采用 SPSS18.0 统计软件进行分析。计量资料均用  $\bar{x} \pm s$  表示;两组间的数据采用配对  $t$  检验进行分析;两种方法评估数据的相关性采用 Pearson's 相关分析法;两种方法之间的一致性采用 Bland-Alt-

man 分析法。主要检测指标均进行正态性检验,对于偏态分布的计量资料,经对数转换后达到近似正态分布,再进行检验,以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 2D 法与 GI3DQ 两种方法评估心功能参数比较

两种方法测得心功能指标情况见表 1, 两组 EDV、ESV、SV、EF 比较差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。两种方法测得 LVEF 相关性较好( $r=0.870$ ), 见表 2、图 2。Bland-Altman 一致性分析: 两种方法评价 LVEF 平均差 $=-1.11\%$ , 95%一致性界限( $-13.11\%\sim9.89\%$ ), 差异无统计学意义( $P>0.05$ ), 见图 3。

2.2 RT-3DE 与 GI3DQ 两种方法评估心功能参数比较

两种方法测得心功能指标情况见表 3, 两组 EDV、SV 比较差异均无统计学意义( $P>0.05$ ), 两组 ESV、EF 比较差异有统计学意义( $P<0.05$ )。两种方法测得 LVEF 相关性较好( $r=0.920$ ), 见表 4、图 2。Bland-Altman 一致性分析: 两种方法评价 LVEF 平均差 $=+1.67\%$ , 95%一致性界限( $-6.42\%\sim9.76\%$ ), 差异无统计学意义( $P>0.05$ )。GI3DQ 与 2D 法及 RT-3DE 评价 LVEF 比较, 仅有 2%(1/45)的点在 95%一致性界线以外, GI3DQ 与 2D 法相比, 差值的绝对值最大为 12%, GI3DQ 与 RT-3DE 相比, 差值的绝对值最大为 8.09%, 见图 3。

表 1 2D 与 GI3DQ 左心功能参数测量值比较( $\bar{x}\pm s, n=45$ )

| 方法       | EDV(mL)      | ESV(mL)     | SV(mL)      | LVEF(%)     |
|----------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| 2D 法     | 121.24±59.01 | 59.20±39.61 | 62.04±30.04 | 54.31±12.19 |
| GI3DQ    | 124.81±81.11 | 65.94±58.93 | 59.94±25.83 | 55.42±10.56 |
| <i>t</i> | -0.633       | -1.924      | 0.674       | -1.215      |
| <i>P</i> | 0.530        | 0.061       | 0.504       | 0.231       |

表 2 2D 与 GI3DQ 左心功能参数相关性分析

| 参数       | EDV   | ESV   | SV    | LVEF  |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| <i>r</i> | 0.900 | 0.960 | 0.730 | 0.870 |
| <i>P</i> | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

表 3 RT-3DE 与 GI3DQ 左心功能参数测量值比较( $\bar{x}\pm s, n=45$ )

| 方法       | EDV(mL)      | ESV(mL)     | SV(mL)      | LVEF(%)     |
|----------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| RT-3DE   | 119.29±6.43  | 58.25±52.95 | 61.04±24.07 | 57.09±10.55 |
| GI3DQ    | 124.81±81.11 | 65.94±58.93 | 59.94±25.83 | 55.42±10.56 |
| <i>t</i> | 1.318        | 2.569       | -0.350      | -2.710      |
| <i>P</i> | 0.194        | 0.014       | 0.728       | 0.010       |

表 4 RT-3DE 与 GI3DQ 左心功能参数相关性分析

| 参数       | EDV   | ESV   | SV    | LVEF  |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| <i>r</i> | 0.960 | 0.940 | 0.650 | 0.920 |
| <i>P</i> | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

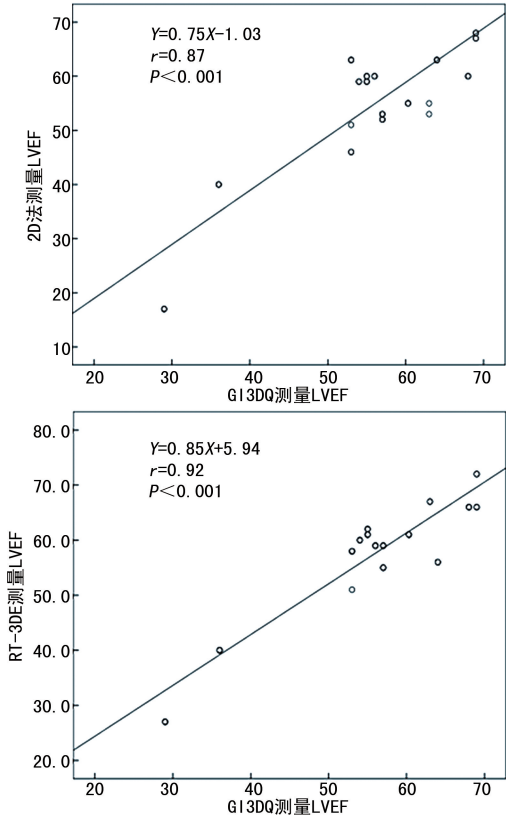


图 2 不同方法评价 LVEF 的相关性分析散点图

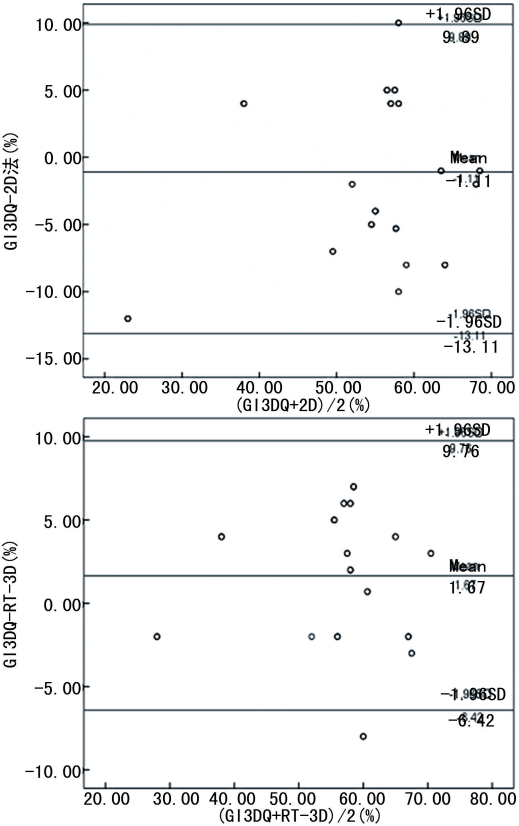


图 3 不同方法评价 LVEF 的 Bland-Altman 散点图

3 讨论

随着心脏疾病的治疗越来越精准, 准确评估心脏功能变得越来越重要, 超声心动图技术的发展使心功能的评价更加简便、精确<sup>[1-2]</sup>。左心室收缩功能的评价

价是影响心脏疾病诊疗和预后的一个重要因素<sup>[3-4]</sup>, LVEF 的测量是评价心室收缩功能的关键指标,现阶段进行定量研究 LVEF 的影像学中,超声心动图是最为经典也是最常用的<sup>[5-6]</sup>,因其简便、快捷、无创、费用低、无辐射等优点,对左心功能的评价有着重要的临床意义。然而超声心动图不同评价方法有着各自的优点和局限性,如何精确评估已成为目前研究的重点。

GI3DQ 是在实时三维超声心动图基础上发展起来的新兴技术。国内目前在心脏方面的研究报道中主要用于评价瓣膜反流,是唯一能直接测量瓣膜反流容积的新方法<sup>[7-9]</sup>,能在对反流容积进行三维重建的基础上将其分割成数个层面进行叠加分析,兼顾了反流容积的不规则性,更加真实准确。本研究利用其叠加分析的原理,将其应用于左心室收缩功能的评价中,能准确测量出左心室的容积,定量分析左心室的收缩功能,且与 2D 法和 RT-3DE 法有良好的相关性。因而进行心功能评价时,GI3DQ 技术可作为超声心动图领域内的一项新技术。

本研究发现,GI3DQ 与 2D 法及 RT-3DE 技术的组间和组内相关性和可重复性均较好。从技术层面上分析,2D 法对左心室收缩功能的测量被认为具有较高的准确性<sup>[10]</sup>。2D 法的评估建立在对心室腔几何形态的假设上,对于存在室壁节段性运动异常,尤其是室壁瘤的情况,其测量结果可能会出现较大误差<sup>[11]</sup>。本研究中 2D 法测得的 EDV、ESV 均小于 GI3DQ 的测量值,但差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),可能是由于单一截面的 2D 法心腔不能完全展示心室的整体结构所致;RT-3DE 由于不受超声观察平面的限制,可以完整显示心腔内结构,因此不受心腔几何形态的限制,同时缩小了不同操作者间的测量误差。多项研究表明,RT-3DE 评价左心室容积和 LVEF 的准确性与 CT 和磁共振成像(MRI)有良好的相关性和一致性<sup>[12-14]</sup>;但在实际操作中发现采集图像时对患者的呼吸、心率有一定要求,患者如不能很好地配合呼吸,则测量误差就会较大,并且由于该技术的局限性,部分患者心内膜看起来比较模糊,易出现室壁残缺,影响对其观察和心内膜的描记<sup>[15]</sup>,这也许就是 RT-3DE 与 GI3DQ 测量参数比较中,ESV、EF 比较差异有统计学意义的原因;GI3DQ 依赖于 RT-3DE 对图像的采集,分析过程中与 2D 法原理相似,综合了 2D 法与 RT-3DE 测量的特点,只需要一个完整的心动周期,本研究多次重复测量发现呼吸的配合对结果影响不大,但受心律的影响较大,如心律不齐的患者,每个心动周期的容积都会有变化,因此,测量值差异较大。在本研究中 GI3DQ 测量心功能与 2D 法及 RT-3DE 比较,相关性较好,LVEF 的  $r$  值分别为 0.870 和 0.920,且比 2D 法及 RT-3DE 测量方法更具优势。Bland-Altman 一致性分析显示,GI3DQ 与 2D 法及 RT-3DE 评价 LVEF 比较,仅有 2%(1/45)的点在

95%一致性界线以外,GI3DQ 与 2D 法相比,差值的绝对值最大为 12%,GI3DQ 与 RT-3DE 相比,差值的绝对值最大为 8.09%。因此,可以认为两种方法测量的结果具有较好的一致性,GI3DQ 在临床上可以替代 2D 法及 RT-3DE 测量左心室收缩功能。

准确评价心脏功能有助于指导临床治疗和预后判断,但目前尚缺乏准确而简便易行的心脏功能客观评价方法,尤其在冠心病中。GI3DQ 是一项很有前景的检查评价技术,有待于进一步去实践和验证。

## 参考文献

- [1] QU H P, DONG P S, SONG Y J, et al. Assessment of left ventricular systolic synchrony and cardiac function in patients with ischemic heart disease by echocardiography[J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2018, 22(8): 2380-2384.
- [2] SECKERDIECK M, HOLLER P, SMETS P, et al. Simpson's method of discs in Salukis and Whippets: Echocardiographic reference intervals for end-diastolic and end-systolic left ventricular volumes[J]. J Cardiology, 2015, 17(4): 271-281.
- [3] KLAEBOE L G, EDVARSEN T. Echocardiographic assessment of left ventricular systolic function[J]. J Echocardiogr, 2019, 17(1): 10-16.
- [4] LUIS S A, CHAN J, PELLIKKA P A. Echocardiographic assessment of left ventricular systolic function: an overview of contemporary techniques, including speckle-tracking echocardiography [J]. Mayo Clin Proc, 2019, 94(1): 125-138.
- [5] TOPILSKY Y, MICHELENA H I, MESSIKA-ZEITOUN D, et al. Doppler-echocardiographic assessment of tricuspid regurgitation[J]. Prog Cardiovasc Dis, 2018, 61(5/6): 397-403.
- [6] 刘延玲,熊鉴然. 临床超声心动图学[M]. 3 版. 北京:科学出版社,2020:44-46.
- [7] 朱延波,张秀红,耿婕,等. 全身成像三维量化定量评估主动脉瓣反流体积的价值分析[J]. 中华医学杂志, 2015, 95(15): 1149-1152.
- [8] 王吴刚,林琼文,吴伟春,等. 全身成像三维量化评价二尖瓣反流与实时三维超声心动图的对比研究[J]. 临床超声医学杂志, 2013, 15(11): 741-743.
- [9] WANG W G, LIN Q W, WU W C, et al. Quantification of mitral regurgitation by general imaging Three-Dimensional quantification: feasibility and accuracy[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2014, 27(3): 268-276.

(下转第 1585 页)

- [3] CHANG K W,LEE T C,YEH W I,et al. Polymorphism in heme oxygenase-1 (HO-1) promoter is related to the risk of oral squamous cell carcinoma occurring on male areca chewers [J]. Br J Cancer,2004,91(8):1551-1555.
- [4] RYTER S W,CHOI A M. Heme oxygenase-1/Carbon monoxide:from metabolism to molecular therapy [J]. Am J Respir Cell Mol Biol,2009,41(3):251-260.
- [5] LIN Q,WEIS S,YANG G,et al. Heme oxygenase-1 protein localizes to the nucleus and activates transcription factors important in oxidative stress [J]. J Biol Chem,2007,282(28):20621-20633.
- [6] OTTERBEIN L E,BACH F H,ALAM J,et al. Carbon monoxide has anti-inflammatory effects involving the mitogen-activated protein kinase pathway[J]. Nat Med,2000,6(4):422-428.
- [7] SINGH N,AHMAD Z,BAID N,et al. Host heme oxygenase-1:Friend or foe in tackling pathogens? [J]. IUBMB Life,2018,70(9):869-880.
- [8] WAZA A A,HAMID Z,ALI S,et al. A review on heme oxygenase-1 induction:is it a necessary evil[J]. Inflamm Res,2018,67(7):579-588.
- [9] 周长春,刘芝华,齐军. AP-1 和肿瘤的关系研究进展[J]. 世界华人消化杂志,2006,14(1):1-5.
- [10] TROP-STEINBERG S,AZAR Y. AP-1 expression and its clinical relevance in immune disorders and cancer[J]. AM J MED SCI,2017,353(5):474-483.
- [11] 马小华,游晓星,吴移谋. HO-1 在免疫调节中的作用及其相关信号转导通路研究进展[J]. 中南医学科学杂志,2011,39(6):705-709.
- [12] LI Q,GUO Y,OU Q,et al. Gene transfer of inducible nitric oxide synthase affords cardioprotection by upregulating heme oxygenase-1 via a nuclear factor- $\kappa$ B-dependent pathway [J]. Circulation,2009,120(13):1222-1230.
- [13] PAINE A,EIZ-VESPER B,BLASCZYK R,et al. Signaling to heme oxygenase-1 and its anti-inflammatory therapeutic potential [J]. Biochem Pharmacol,2010,80(12):1895-1903.
- [14] PHELAN D,WINTER G M,ROGERS W J,et al. Activation of the Ah receptor signal transduction pathway by bilirubin and biliverdin[J]. Arch Biochem Biophys,1998,357(1):155-163.
- [15] ZELENAY S,CHORA A,SOARES M P,et al. Heme oxygenase-1 is not required for mouse regulatory T cell development and function[J]. Int Immunol,2006,19(1):11-18.
- [16] MOORE D,LE T,FAN G. DNA Methylation and Its Basic Function [J]. Neuropsychopharmacology,2013,38(1):23-38.
- [17] LIANG G N,WEISENBERGER D J. DNA methylation aberrancies as a guide for surveillance and treatment of human cancers[J]. Epigenetics,2017,12(6):416-432.

(收稿日期:2020-07-28 修回日期:2020-12-29)

(上接第 1580 页)

- [10] DUTTA T. The left ventricular ejection fraction: new insights into an old parameter[J]. Hosp Pract (1995),2019,47(5):221-230.
- [11] 陈文宇,吴光龙,洪静文. 实时三维超声心动图在行经皮冠状动脉介入治疗的左心室室壁瘤患者心功能评估中的应用价值[J]. 临床合理用药,2019,12(4C):12-16.
- [12] TURTON E W,ENDER J. 3D role of echocardiography in cardiac surgery: strengths and limitations [J]. Cur Anesthesiology Reports,2017,7(3):291-298.
- [13] LANG R M,BIERIG M,DEVEREUX R B,et al. Recommendations for chamber quantification;a report from the american society of echocardiography's guidelines and standards committee and the chamber quantification writing group [J]. J Am Soc Echocardiogr,2005,18(12):1440-1463.
- [14] INCIARDI R,GALDERISI M,NISTRI S,et al. Echocardiographic advances in hypertrophic cardiomyopathy:three dimensional and strain imaging echocardiography[J]. Echocardiography,2018,35(5):716-726.
- [15] ORVALHO J S. Real-time three-dimensional echocardiography:from diagnosis to intervention[J]. Pediatr Cardiol,2017,47(5):1005-1019.

(收稿日期:2020-07-07 修回日期:2021-01-03)