

# 超声心动图评估右心室功能的临床应用价值

陈丽娜<sup>1</sup> 练春燕<sup>2</sup> 刘慧<sup>1</sup>

(1. 哈尔滨医科大学附属第一医院心脏超声室, 黑龙江 哈尔滨 150001; 2. 成都市第七人民医院心内科, 四川 成都 610200)

**【摘要】**随着临床诊疗水平的提高,学者们越来越意识到右心室功能在临床实践中的重要性,对右心室功能的评估也逐渐成为研究的热点。此外,越来越多的研究证据表明右心室功能障碍是多种常见临床疾病发病率和死亡率增加的重要标志。现就右心室结构、超声心动图评估右心室功能的方法以及临床常见疾病的右心室超声心动图特征进行总结。

**【关键词】**右心室结构;超声心动图;临床疾病

**【DOI】**10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2020.03.002

## Clinical Application Value of Echocardiography in Evaluating Right Ventricular Function

CHEN Lina<sup>1</sup>, LIAN Chunyan<sup>2</sup>, LIU Hui<sup>1</sup>

(1. Department of Cardiac Ultrasound, The First Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin 150001, Heilongjiang, China; 2. Department of Cardiology, Chengdu Seventh People's Hospital, Chengdu 610200, Sichuan, China)

**【Abstract】**With the improvement of clinical diagnosis and treatment, people are more aware of the importance of right ventricular function in clinical practice, and the evaluation of right ventricular function has gradually become a hot topic for scholars. In addition, more and more research evidence suggests that right ventricular dysfunction is an important marker of increased morbidity and mortality in many common clinical conditions. This article summarizes the structure of right ventricle, the methods of evaluating right ventricular function by echocardiography and the characteristics of right ventricular echocardiography in common clinical diseases.

**【Key words】**Right ventricular structure; Echocardiography; Clinical disease

长期以来研究者比较热衷于对左心室(left ventricle, LV)功能的研究,而往往忽略右心室(right ventricle, RV)功能在疾病中的临床意义。与LV不同, RV具有独特的结构特征(解剖位置局限),这导致对其功能评估存在一定的困难。常用的RV功能评估方法有超声心动图、磁共振成像、放射性核素显像和右心导管血流动力学检查等,其中超声心动图是检测RV功能最常用的手段,能快速评估RV的大小和功能,具有便捷、准确、安全和无创等优点。

### 1 RV解剖结构

RV位于胸骨后方,右心房的前下方,几何形态较为复杂,可分为三个不同的解剖组成部分, RV流入道(三尖瓣、腱索和乳头肌)、肌小梁和支撑肺动脉瓣的RV流出道<sup>[1]</sup>;RV壁较薄,心肌厚度2~3 mm,重量为

LV的1/6。与LV心肌不同, RV心肌分为两层:外层为环形心肌,内层为纵向心肌。LV和RV间的肌纤维相延续,共用室间隔,又同处于有限的心包腔内,并通过体、肺循环系统相通,构成了双心室间相互影响作用的解剖和生理基础<sup>[2]</sup>。

### 2 超声心动图评估RV功能的方法

#### 2.1 超声心动图评估RV功能的常规方法

人们主要采用心尖四腔心切面、以RV为主的四腔心切面、左侧胸骨旁长轴短轴切面、左侧胸骨旁RV流入道和剑突下切面来综合评价RV的大小、收缩和舒张功能以及RV收缩压。

三尖瓣环收缩期位移(tricuspid annular plane systolic excursion, TAPSE)是在RV为主的四腔心切面通过M型超声测量RV侧壁三尖瓣环长轴运动距离,

当 TAPSE < 17 mm 时高度提示 RV 收缩功能障碍; RV 心肌做功指数又称 RV Tei 指数, 它是反映 RV 整体功能的指标, 可采用组织多普勒或脉冲多普勒测量, 测定同一心动周期 RV 侧壁三尖瓣环的等容收缩时间、等容舒张时间和射血时间, 不受心率、RV 几何结构和前后负荷的影响, 但其在右心房压力升高的情况下不可靠, 当 Tei 指数 > 0.43 (脉冲多普勒) 及 Tei 指数 > 0.54 (组织多普勒) 均提示 RV 功能不全; 三尖瓣环侧壁组织多普勒收缩峰值速度 ( $S'$ ), 可通过组织多普勒应用于侧壁三尖瓣环来测量,  $S' < 9.5$  cm/s 提示 RV 收缩功能不全。RV 的二维面积变化分数 (fractional area change, FAC) < 35%、三维超声显像评价 RV 射血分数 (right ventricular ejection fraction, RVEF) < 45% 时同样表明 RV 收缩功能障碍。近年来提出的一个实用、简单且无创的 RV-肺动脉耦合指标: TAPSE 与肺动脉收缩压 (pulmonary artery systolic pressures, PASP) 之比也是评估 RV 功能的指标<sup>[3]</sup>。

## 2.2 超声心动图新技术评估 RV 功能

目前评估 RV 功能的超声新技术主要包括: 实时三维超声心动图和斑点追踪技术。前者通过经胸实时三维超声心动图采用的全容积矩阵探头, 其具有锥体容积的扫描能力, 图像包含的范围大, 能显示探测目标的全貌, 形象逼真, 与强大的计算机处理系统结合, 将各项指标完整、良好地显示出来, 通过对数据计算分析, 从而对 RV 功能进行评估。斑点追踪技术通过追踪感兴趣区内不同像素的心肌组织的运动轨迹, 计算整个感兴趣区内各节段心肌的变形程度, 即舒张末期与收缩末期之间心肌长度的相对变化, 用收缩末期和舒张末期的心肌长度之差与舒张末期心肌长度的比值表示。由于收缩末期心肌长度小于舒张末期心肌长度, 故整体应变值为负数, 当 RV 游离壁整体纵向应变 > -20% (即绝对值 < 20%) 时, 常提示 RV 功能存在异常, 可用于评估许多临床情况下的 RV 功能障碍, 包括肺栓塞、肺动脉高压和心力衰竭 (心衰) 等<sup>[4]</sup>, 测值无角度依赖性, 且具有良好的重复性, 能为诊断提供有力依据。

## 3 心血管疾病中评估 RV 功能的临床意义

### 3.1 心肌梗死与 RV 功能

在临床工作中, 单独 RV 心肌梗死并不多见, 而前壁 ST 段抬高型心肌梗死中, 人们更关注 LV 结构功能的变化, RV 的功能障碍经常被忽视。Keskin 等<sup>[5]</sup>对 350 例既往无冠状动脉疾病的前壁 ST 段抬高型心肌梗死患者进行前瞻性研究, 发现合并 RV 功能障碍 (FAC < 35%) 组的患者与不合并 RV 功能障碍组患者相比, 院内死亡率显著升高 (26.7% vs 1.6%,  $P < 0.001$ )。同

时 RV 功能障碍也是心源性休克、复发性心肌梗死以及前壁 ST 段抬高型心肌梗死长期住院和死亡率的独立预测因子。

在 LV 射血分数保留或轻度受损的下壁 ST 段抬高型心肌梗死患者中, RV 功能参数与 5 年随访期间预后存在相关性, 出院前 RV  $S'$  速度 < 13 cm/s 提示该人群的长期预后较差<sup>[6]</sup>。下壁心肌梗死存在 RV 功能障碍的患者其院内发病率和死亡率增加, Kanar 等<sup>[7]</sup>在 81 例急性下壁心肌梗死患者中发现 RV 整体应变绝对值  $\leq 14\%$  可预测该人群的早期死亡率, 敏感性为 88.9%, 特异性为 62.5%, 提出 RV 整体应变可用于预测急性下壁心肌梗死患者的早期死亡率。

由于大多数人群下壁和 RV 主要靠右冠状动脉供血, 因此下壁心肌梗死常合并 RV 心肌梗死。Gecmen 等<sup>[8]</sup>对 77 例急性下壁心肌梗死患者使用斑点追踪技术和常规超声心动图方法评估 RV 功能, 并研究上述超声心动图参数与近端右冠状动脉病变预测之间的相关性。发现 RV 纵向应变绝对值 < 14.75% 预测近端右冠状动脉闭塞, 敏感性为 83%, 特异性为 61% ( $AUC = 0.81, P < 0.001$ ), 证实 RV 游离壁应变降低是急性下壁心肌梗死患者右冠状动脉近端病变的预测参数。

### 3.2 心衰与 RV 功能

心衰是各种心脏病发展到严重和终末阶段的一类临床综合征, 以 LV 心衰常见。在射血分数保留性心衰患者中 TAPSE/PASP 比值作为 RV-肺动脉耦合的无创指标, 为射血分数保留性心衰患者复发再住院的强预测因子, TAPSE/PASP 比值 < 0.36 mm/mm Hg (1 mm Hg = 0.133 3 kPa) 是 LV 射血分数降低性或射血分数保留性心衰患者死亡率的独立预测因子<sup>[9]</sup>。在射血分数降低性心衰患者中, RVEF、TAPSE、FAC 和 RV 整体应变是总体和心源性死亡的显著单变量预测因子, 且 RV 整体应变预测射血分数降低性心衰的总体和心血管疾病死亡率比 RVEF、TAPSE 或 FAC 更敏感。可用 RV 整体应变来识别风险较高的射血分数降低性心衰患者<sup>[10]</sup>。

LV 辅助装置用于治疗终末期心衰, 治疗结果取决于 RV 功能、临界值的 FAC、TAPSE 和四腔心切面 RV 的大小以及 RV/LV 比率, LV 辅助装置植入后患者 LV 功能恢复时间将会延长<sup>[11]</sup>。总之, 心衰患者 RV 功能的评价是临床医生一项必不可少的参考指标, 关注心衰患者 RV 功能变化, 能有效地评估患者的治疗效果和预后。

### 3.3 心肌病与 RV 功能

临床上常见的心肌病主要包括: 肥厚型心肌病、

心肌淀粉样变性、扩张型心肌病和致心律失常型 RV 心肌病等。超声心动图在肥厚型心肌病的诊断、分型、筛查和随访中起着重要作用<sup>[12]</sup>。Hiemstra 等<sup>[13]</sup>对 267 例肥厚型心肌病患者用超声心动图进行 RV 功能的分析,发现通过斑点追踪技术测定 RV 纵向应变绝对值 <19% 能及时地发现 RV 功能障碍,且 RV 整体应变绝对值 <20% 与不良结果相关。心肌淀粉样变性通常预后不良, RV 纵向应变在所有心肌淀粉样变性患者中均受损, RV 心尖段比值( RV 心尖段收缩期长轴峰值应变与 RV 基底段与中间段收缩期长轴峰值应变之和的比值)增高作为系统性轻链型心肌淀粉样变性患者的特异性发现, RV 心尖段比值 >0.8 可能是斑点追踪超声心动图分析区分淀粉样变性亚型的一个参数<sup>[14]</sup>。Merlo 等<sup>[15]</sup>对 512 例扩张型心肌病患者进行研究,发现治疗后 RV 功能得到改善的患者中存在 LV 重塑。在窦性心律的扩张型心肌病患者中, RV 纵向应变绝对值 ≤16.5% 相比于 RV 纵向应变绝对值 >16.5% 的患者预后更差<sup>[16]</sup>。

尽管超声心动图指标用于识别致心律失常型 RV 心肌病的有用性尚未确定, Picles 等<sup>[17]</sup>在 120 例致心律失常型心肌病青少年患者中研究发现,病例组的 RV 舒张末期直径较大, LV 射血分数、TAPSE、RV S' 速度以及舒张期三尖瓣环组织多普勒成像指数与正常对照组相似,但 RV 纵向应变显著降低,由此提出应变的测量可提高青少年致心律失常型 RV 心肌病超声心动图的诊断敏感性。

#### 4 呼吸系统疾病中评估 RV 功能的临床意义

##### 4.1 慢性阻塞性肺疾病与 RV 功能

慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)患者中反复发作的气道炎症导致气道阻力逐渐增大,肺内血管重塑加重,且 COPD 患者长期缺氧使体内红细胞继发性增多、血液黏稠度增加,可导致肺动脉高压、RV 肥大和心肌功能损害。COPD 患者的 RV 收缩功能比正常人低,而同时伴有肺动脉高压的患者其收缩功能则进一步减低, Kanar 等<sup>[18]</sup>评估 46 例 COPD 患者的 RV 功能障碍发现,二维斑点追踪技术比常规经胸超声心动图更加敏感,对于患有严重 COPD 的大多数受试者, RV 游离壁应变绝对值 <23% 可提高 COPD 患者肺动脉高压筛查的阳性率<sup>[19]</sup>。

##### 4.2 哮喘与 RV 功能

哮喘是一种以慢性气道炎症为特征的疾病,慢性炎症释放的炎症介质导致肺血管结构改变,导致肺动脉高压和 RV 功能障碍。肺动脉僵硬度是一个相对新的无创超声心动图指数,在原发性支气管肺疾病中,低氧诱导的变化可能通过触发肺血管结构的重塑而

导致肺动脉僵硬度增加, Baysal 等<sup>[20]</sup>对 99 例新诊断成人哮喘患者进行研究并发现,其肺动脉僵硬度值( $25.2 \pm 4.5$ )高于健康对照组的肺动脉僵硬度值( $22.4 \pm 4.1$ ),而肺动脉僵硬度值与亚临床 RV 功能障碍之间存在显著的弱相关性。Ozde 等<sup>[21]</sup>对 68 例哮喘患儿研究发现哮喘患者 RV 舒张功能显著降低[三尖瓣环侧壁舒张早期峰值速度与三尖瓣环侧壁舒张末期峰值速度的比值:  $(1.29 \pm 0.68)$  vs  $(1.74 \pm 0.89)$ ,  $P=0.001$ ], RV Tei 指数显著高于健康对照组 [ $(0.28 \pm 0.06)$  vs  $(0.24 \pm 0.07)$ ,  $P=0.003$ ]。

##### 4.3 肺栓塞与 RV 功能

在急性肺栓塞患者的临床参数中增加超声心动图对 RV 功能的评估可提高急性肺栓塞患者 30 d 死亡率的预测。Dahhan 等<sup>[22]</sup>对 69 例急性肺栓塞患者进行研究,发现 RV 整体应变、RV 纵向应变和 RV Tei 指数与死亡率独立相关。但在单变量分析中, RV 功能的其他评估,包括 TAPSE、FAC 和 RV 大小及功能的主观评估与死亡率无关。

#### 5 结缔组织病中评估 RV 功能的临床意义

结缔组织病主要包括混合性结缔组织病、原发性干燥综合征、系统性红斑狼疮和硬化症等。炎症和免疫机制失调在结缔组织病引起的肺动脉高压的发生和发展中起重要作用,而肺动脉高压可对 RV 功能产生影响,研究表明结缔组织病引起的肺动脉高压具有独特的特征<sup>[23]</sup>,且结缔组织病引起的早期肺动脉高压可能在一些患者中可治愈。

系统性红斑狼疮患者死亡的主要原因之一是肺动脉高压。Efe 等<sup>[24]</sup>在 30 例系统性红斑狼疮患者的研究中发现其平均 RV Tei 指数( $0.48 \pm 0.07$ )较高,平均 TAPSE [ $(23.4 \pm 3.7)$  mm] 较小,平均肺动脉高压 [ $(23.0 \pm 3.3)$  mm Hg] 高于健康对照组。硬皮病相关的肺动脉高压预后结果往往较差,可能是由于压力-体积环分析所示 RV 对负荷的适应性较差。Gerede 等<sup>[25]</sup>对 31 例硬皮病患者研究并发现硬皮病患者的 RV Tei 指数显著增加,且在硬皮病患者临床症状出现之前 RV 舒张和收缩功能已出现异常。

#### 6 其他疾病中 RV 功能评估的临床意义

临床中瓣膜病的发病率较高,对瓣膜病的 RV 功能进行评估有重要意义。Geçmen 等<sup>[26]</sup>对 90 例缺血性二尖瓣关闭不全患者用三维超声心动图分析其 RV 功能指标,发现缺血性二尖瓣关闭不全增加 RV 功能不全的风险。在主动脉瓣二叶瓣患者中,瓣膜病发展前 RV 应变率已受到影响。Kim 等<sup>[27]</sup>提出对股骨骨折患者, RV 整体应变绝对值 <14.85% (敏感性 75.0%; 特异性 62.9%) 可帮助预测肺部并发症。甲

状腺功能亢进患者中,35%~65% 都会发生肺动脉高压,肺动脉高压中 RV 收缩功能受损,治疗后肺动脉高压 $[(34.0 \pm 8.6) \sim (21.7 \pm 4.5) \text{ mm Hg}]$ 降低;游离甲状腺素(T4)正常化后 RV Tei 指数较前降低,FAC 得到改善<sup>[28]</sup>。

## 7 小结和展望

超声心动图成像技术和数据处理的不断进步,在定性和定量方面评估 RV 功能的诊断水平不断提高,相信在不久的将来,RV 功能的研究将会取得更大发展,在临床常见疾病中提供更有价值的参考指标。

## 参考文献

- [1] Sanz J, Sánchez-Quintana D, Bossone E, et al. Anatomy, function, and dysfunction of the right ventricle: JACC state-of-the-art review[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 73(12): 1463-1482.
- [2] 张梅青,李越,王秋霜. 左心衰竭患者右心功能评估的研究现状[J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2018, 20(3): 317-319.
- [3] Gorter TM, van Veldhuisen DJ, Voors AA, et al. Right ventricular-vascular coupling in heart failure with preserved ejection fraction and pre- vs. post-capillary pulmonary hypertension[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2018, 19(4): 425-432.
- [4] Longobardo L, Suma V, Jain R, et al. Role of two-dimensional speckle-tracking echocardiography strain in the assessment of right ventricular systolic function and comparison with conventional parameters[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2017, 30(10): 937-946. e6.
- [5] Keskin M, Uzun AO, Hayroğlu M, et al. The association of right ventricular dysfunction with in-hospital and 1-year outcomes in anterior myocardial infarction[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2019, 35(1): 77-85.
- [6] Smarz K, Zaborska B, Jaxa-Chamiec T, et al. Right ventricular systolic function as a marker of prognosis after ST-elevation inferior myocardial infarction 5-year follow-up[J]. *Int J Cardiol*, 2016, 221: 549-553.
- [7] Kanar BG, Tigen MK, Sunbul M, et al. The impact of right ventricular function assessed by 2-dimensional speckle tracking echocardiography on early mortality in patients with inferior myocardial infarction[J]. *Clin Cardiol*, 2018, 41(3): 413-418.
- [8] Gecmen C, Candan O, Kahyaoglu M, et al. Echocardiographic assessment of right ventricle free wall strain for prediction of right coronary artery proximal lesion in patients with inferior myocardial infarction[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2018, 34(7): 1109-1116.
- [9] Ghio S, Guazzi M, Scardovi AB, et al. Different correlates but similar prognostic implications for right ventricular dysfunction in heart failure patients with reduced or preserved ejection fraction[J]. *Eur J Heart Fail*, 2017, 19(7): 873-879.
- [10] Houard L, Benaets MB, de Meester de Ravenstein C, et al. Additional prognostic value of 2D right ventricular speckle-tracking strain for prediction of survival in heart failure and reduced ejection fraction: a comparative study with cardiac magnetic resonance[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2019 Feb. pii: S1936-878X(19)30052-X.
- [11] Nadziakiewicz P, Niklewski T, Szygufa-Jurkiewicz B, et al. Left ventricular assist device implantation in patients with optimal and borderline echocardiographic assessment of right ventricle function[J]. *Transplant Proc*, 2018, 50(7): 2080-2084.
- [12] 冯坤,刘春霞,熊峰,等. 超声心动图在肥厚型心肌病诊治中的应用进展[J]. *心血管病学进展*, 2016, 37(4): 409-412.
- [13] Hiemstra YL, Debonnaire P, Bootsma M, et al. Prevalence and prognostic implications of right ventricular dysfunction in patients with hypertrophic cardiomyopathy[J]. *Am J Cardiol*, 2019, 124(4): 604-612.
- [14] Moñivas PV, Durante-Lopez A, Sanabria MT, et al. Role of right ventricular strain measured by two-dimensional echocardiography in the diagnosis of cardiac amyloidosis[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2019, 32(7): 845-853. e1.
- [15] Merlo M, Gobbo M, Stolfo D, et al. The prognostic impact of the evolution of RV function in idiopathic DCM[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2016, 9(9): 1034-1042.
- [16] Seo J, Jung IH, Park JH, et al. The prognostic value of 2D strain in assessment of the right ventricle in patients with dilated cardiomyopathy[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2019, 20(9): 1043-1050.
- [17] Picles GE, Grosse-Wortmann L, Hader M, et al. Association of echocardiographic parameters of right ventricular remodeling and myocardial performance with modified task force criteria in adolescents with arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy[J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2019, 12(4): e007693.
- [18] Kanar BG, Ozmen I, Yildirim EO, et al. Right ventricular functional improvement after pulmonary rehabilitation program in patients with COPD determined by speckle tracking echocardiography[J]. *Arq Bras Cardiol*, 2018, 111(3): 375-381.
- [19] Rice JL, Stream AR, Fox DL, et al. Speckle tracking echocardiography to evaluate for pulmonary hypertension in chronic obstructive pulmonary disease[J]. *COPD*, 2016, 13(5): 595-600.
- [20] Baysal SS, Has M. Evaluation of pulmonary artery stiffness in newly diagnosed adult patients with asthma[J]. *Echocardiography*, 2019, 36(5): 870-876.
- [21] Ozde C, Dogru M, Ozde S, et al. Subclinical right ventricular dysfunction in intermittent and persistent mildly asthmatic children on tissue Doppler echocardiography and serum NT-proBNP: observational study[J]. *Pediatr Int*, 2018, 60(11): 1024-1032.
- [22] Dahhan T, Siddiqui I, Tapson VF, et al. Clinical and echocardiographic predictors of mortality in acute pulmonary embolism[J]. *Cardiovasc Ultrasound*, 2016, 14(1): 44.
- [23] Kato M, Atsumi T. Pulmonary arterial hypertension associated with connective tissue diseases: a review focusing on distinctive clinical aspects[J]. *Eur J Clin Invest*, 2018, 48(2). DOI: 10.1111/eci.12876.
- [24] Efe TH, Doğan M, Özişer C, et al. Pulmonary arterial hemodynamic assessment by a novel index in systemic lupus erythematosus patients: pulmonary pulse transit time[J]. *Anatol J Cardiol*, 2017, 18(3): 223-228.
- [25] Gereide DM, Turhan S, Hural R, et al. Evaluation of global function of the heart in scleroderma patients[J]. *Echocardiography*, 2015, 32(6): 912-919.
- [26] Geçmen Ç, Babür GG, Hatipoğlu S, et al. Pulmonary artery and right ventricle function in patients with bicuspid aortic valve[J]. *Türk Kardiyol Dern Ars*, 2017, 45(3): 244-253.
- [27] Kim HJ, Park HB, Suh Y, et al. Right ventricular strain as predictor of pulmonary complications in patients with femur fracture[J]. *Cardiovasc J Afr*, 2017, 28(5): 309-314.
- [28] Gazzana ML, Souza JJ, Okoshi MP, et al. Prospective echocardiographic evaluation of the right ventricle and pulmonary arterial pressure in hyperthyroid patients[J]. *Heart Lung Circ*, 2019, 28(8): 1190-1196.

收稿日期: 2019-09-09