

左室收缩功能评估的超声新方法：心肌做功^{*}

唐红¹ 谭静²

(1. 四川大学华西医院心内科, 四川 成都 610041; 2. 贵州省人民医院心内科, 贵州 贵阳 550002)

【摘要】 心肌做功是一种无创评估左室收缩功能的超声新方法, 其通过整合左室整体长轴应变和无创左室收缩压来评估心肌收缩功能。心肌做功能在心血管疾病的早期阶段评估左室整体和局部收缩功能, 随访患者病情进展情况以及预后。为了让超声医师更好地理解和应用这一超声新方法, 本文就心肌做功的概念、参数、正常参考值及临床应用做一评述。

【关键词】 心肌做功; 左室收缩功能; 超声心动图; 评述

【中图分类号】 R540.4⁺5 **【文献标志码】** A **DOI:**10.3969/j.issn.1672-3511.2024.04.001

The myocardial work—a new evaluating method of left ventricular systolic function

TANG Hong¹, TAN Jing²

(1. Department of Cardiology, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China;

2. Department of Cardiology, Guizhou Provincial People's Hospital, Guiyang 550002, China)

【Abstract】 Myocardial work (MW) is a new ultrasonic method to evaluate left ventricular systolic function by the integration of the whole left ventricular long axis strain and noninvasive left ventricular systolic blood pressure. MW can evaluate the left ventricular global and regional systolic function in the early stage of cardiovascular disease, follow up the progression and the prognosis of disease. This documentation aims to make echocardiographer better understand the concept, parameters, normal reference values and clinical application of MW are summarized as follows.

【Key words】 Myocardial work; Left ventricular systolic function; Echocardiography; Review

基金项目: 贵州省人民医院青年科研基金项目(GZSYQN[2018]02)

执行编委简介: 唐红, 医学硕士, 研究生导师, 主任医师, 四川大学华西医院心内科科主任, 四川省学术和技术带头人, 四川省卫生计生领军人才, 长期从事心血管超声临床、教学和科研工作。主要研究方向: 实时三维超声心动图在心血管疾病诊治中的应用。中国超声医学工程学会副会长, 超声心动图专业委员会第6、7届副主任委员、第8届专家委员会指导专家, 超声分子影像学专业委员会第1、2届常委; 中华医学会超声医学分会第6至8届委员; 中国医师协会儿科医师分会儿科影像学专业委员会常委, 超声医师分会第1至4届委员、超声心动图专业委员会第1、2届常委, 心血管内科医师分会超声心动图专业委员会委员; 海峡两岸医学卫生交流协会超声医学专家委员会常委; 中国医药教育协会超声医学专业委员会常委; 中国医疗保健国际交流促进会超声医学分会委员; 中国民族卫生协会超声医学分会常委; 中国医学影像技术研究会超声分会第4至6届委员; 国家卫健委能力建设和继续教育超声医学专家委员会第1、2届委员; 北京健康促进会肿瘤心脏病学专业委员会委员; 四川省医师协会第3届理事, 超声医师分会第3届会长; 四川医学会超声专业委员会第7届主任委员; 四川省超声医学工程学会第2、3届会长。《中国超声医学杂志》副主编, 《西南医科大学学报》常务编委。主编《先天性心脏病围手术期图谱》《经食管实时三维超声心动图图谱》《实用超声心动图学》; 主译《胎儿心脏超声解剖》《妇产科超声图谱》《围手术期三维经食管超声心动图图谱》《床旁超声心动图病例实践》《Braunwald心脏病学超声心动图精要》; 参编专著20余本。以第一作者及通信作者发表文章200余篇。E-mail: hxyyth@qq.com

引用本文: 唐红, 谭静. 左室收缩功能评估的超声新方法: 心肌做功[J]. 西部医学, 2024, 36(4): 469-472. DOI: 10.3969/j.issn.1672-3511.2024.04.001

左室收缩功能的评估一直是临床心脏病学实践中的一项关键任务, 尽管左室射血分数(Left ventricular ejection fraction, LVEF)仍然是评价左室整体收缩功能最广泛应用的参数, 其主要评估左心室容积在心动周期中发生的最大变化率, 不能具体反映心肌收缩状态, 在评估左室亚临床功能障碍和局部心肌功能障碍方面存在一定的局限性。2004年, Reinsner等^[1]以及Leitman等^[2]先后开发出了基于斑点追踪技术测量心肌应变的自动分析软件, 即二维斑点追踪超声心动图(Two-dimensional speckle tracking echocardiography, 2D-STE), 并验证了其评估心肌功能的敏感性和准确性。2D-STE得出的左室应变使临床医师能够更准确地评估左室整体和局部功能, 其参数左室整体长轴应变(Global longitudinal strain, GLS)具有很好的可重复性和稳定性, 已被美国超声心动图学会和欧洲心血管影像协会推荐为评估左室收缩功能的

常规测量工具。然而, GLS 的主要局限性之一是负荷依赖性, 后负荷的增加可使 GLS 值减低, 从而影响心肌收缩功能评估的准确性。左室心肌做功评估的金标准是通过心室压力和容积的关系来评估, 心室压力和容积之间的关系可被视为一个闭合的左室压力-容积环 (Left ventricular pressure-volume loop, LV-PVL), 可定量评估心脏的每搏功和收缩力, 与心肌耗氧量相关。LV-PVL 是在心导管有创的方式下测量的, 未在临床得到广泛应用。2012 年, Russell 等^[3]证实了无创的左室压力-应变环 (Left ventricular pressure-strain loop, LV-PSL) 和有创的 LV-PVL 之间具有良好的相关性, 相关系数达 0.99, 提出了“无创心肌做功”的基本概念。应用肱动脉血压无创地替代左室压力且在 2D-STE 应变分析的基础上, 采用 LV-PSL 建立了无创评估心肌做功的新方法^[4-5]。

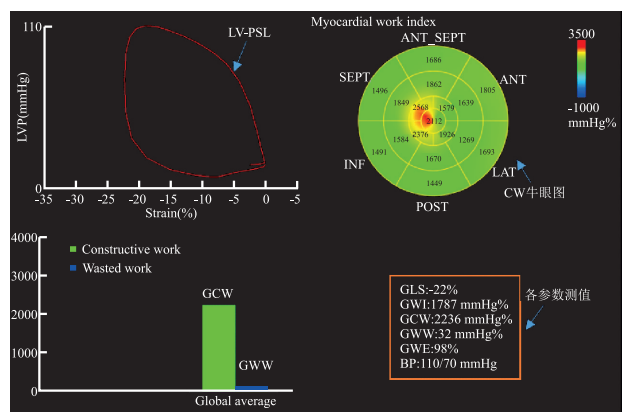


图 1 正常人的左室心肌有用功牛眼图及参数

Figure 1 Bull's eye map and parameters of normal left ventricular myocardium

注: 左上角显示了压力-应变环, 右上角显示左室各节段有用功牛眼图, 左下角为整体有用功和无用功的条形图, 右下角为各参数的测值。

2 心肌做功的正常参考值范围

2.1 已有的文献报道 Manganaro 等^[6]报道了欧洲心血管影像协会(EACVI)认可的由 22 个欧洲实验室和 1 个美国实验室组成的超声心动图正常参考值 (NORRE) 给出的测值范围, 共纳入了 226 名健康志愿者, 其结果为 GWI 正常参考值 $[1\ 896 \pm 308 (1\ 292 \sim 2\ 505)]$ mmHg%, GCW 正常参考值 $[2\ 232 \pm 331 (1\ 582 \sim 2\ 881)]$ mmHg%, GWW 正常参考值 $78.5 (53 \sim 122.2)$ mmHg%, GWE 正常参考值 $96 (94 \sim 97)\%$ 。Galli 等^[7]纳入了 115 名健康志愿者, 获得正常参考值 GWI $[1\ 926 \pm 247 (1\ 534 \sim 2\ 356)]$ mmHg%, GCW $[2\ 224 \pm 229 (1\ 894 \sim 2\ 647)]$ mmHg%, GWW $90 (61 \sim 123)$ mmHg% 和 GWE $96 (94 \sim 97)\%$ 。

2.2 我们的初步研究 我们于 2020 年 10 月—2022

1 心肌做功的概念和参数

心肌做功是一种评估左室收缩功能的超声新方法, 其通过整合左室整体长轴应变和无创左室收缩压来评估心肌收缩功能。心肌做功参数包括整体做功指数 (Global work index, GWI), 指从二尖瓣关闭到二尖瓣开放这段时间内左室压力-应变环下的面积, 代表心肌总的做功; 整体有用功 (Global constructive work, GCW), 指收缩期心肌缩短所做的功加上等容舒张期心肌伸长所做的功; 整体无用功 (Global wasted work, GWW), 指收缩期心肌伸长所做的功加上等容舒张期心肌缩短所做的功; 整体做功效率 (Global work efficiency, GWE) 系 $GCW / (GCW + GWW)$, 代表心肌做功的能力和效率 (图 1、2)。心肌做功能在心血管疾病的早期阶段评估左室整体和局部收缩功能, 随访患者病情进展情况以及评估预后。

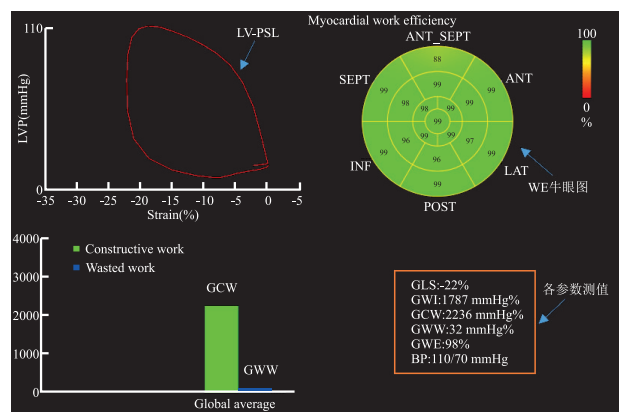


图 2 正常人的左室心肌做功效率牛眼图及参数

Figure 2 Bull's eye map and parameters of normal left ventricular myocardium work efficiency

注: 左上角显示了压力-应变环, 右上角显示左室各节段做功效率牛眼图, 左下角为整体有用功和无用功的条形图, 右下角为各参数的测值。

年 3 月共纳入贵州省人民医院体检的健康志愿者 120 例, 年龄 20~79 岁, 按每 10 岁的年龄层纳入男、女各 10 例, 获得的心肌做功参数测值: GWI $[1\ 642 \pm 227 (1\ 088 \sim 2\ 299)]$ mmHg%, GCW $[2\ 008 \pm 243 (1\ 480 \sim 2\ 754)]$ mmHg%, GWW $[93.6 \pm 32.5 (37 \sim 207)]$ mmHg%, GWE $[94.6 \pm 1.7 (90 \sim 98)]\%$ 。60 岁以下的健康志愿者, GWW 测值为 $[82 \pm 24 (37 \sim 156)]$ mmHg%, GWE 测值为 $[95.2 \pm 1.3 (92 \sim 98)]\%$; 60 岁以上者, GWW 测值为 $[116 \pm 30 (73 \sim 207)]$ mmHg%, GWE 测值为 $[93.4 \pm 1.7 (90 \sim 97)]\%$ 。男女间 MW 参数的测值比较差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 1、2。我们获得的 GWW 和 GWE 测值与国外报道一致, GWI 和 GCW 测值均略低于国外报道。

表 1 不同年龄段健康志愿者的 GLS 及心肌做功参数测定($\bar{x} \pm s$)

Table 1 GLS and myocardial work parameters were measured in healthy volunteers of different ages

组别	n	年龄(岁)	GLS(mmHg%)	GWI(mmHg%)	GCW(mmHg%)	GWW(mmHg%)	GWE(%)
1 组	20	20~29	-20.1±2.00	1 609±201	2 016±177	77.5±19.0	95.6±1.05
2 组	20	30~39	-20.9±1.67	1 619±191	2 000±227	79.5±22.3	95.5±1.48
3 组	20	40~49	-20.1±2.10	1 574±231	1 920±229	80.0±24.5	95.2±1.27
4 组	20	50~59	-19.6±2.50	1 638±247	1 967±239	94.2±27.9	94.7±1.42
5 组	20	60~69	-20.0±2.40	1 696±271	2 082±332	110.8±36.7 ^①	93.9±1.59 ^①
6 组	20	70~79	-19.5±1.44	1 714±207	2 060±236	119.7±36.5 ^②	92.9±1.76 ^②
F			0.368	1.109	1.207	7.885	10.894
P			0.870	0.359	0.310	<0.001	<0.001

注:与 1、2、3 组,① $P<0.05$;与 1、2、3、4 组比较,② $P<0.05$ 。

表 2 不同性别的健康志愿者的左室心肌做功参数测定($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Measurements of left ventricular myocardial work parameters in healthy volunteers of different genders

组别	性别	n	GWI (mmHg%)	GCW (mmHg%)	GWW (mmHg%)	GWE(%)
1 组	男	60	1 637±221	2 012±264	96.7±35.8	94.5±1.71
2 组	女	60	1 646±235	2 003±223	90.5±28.9	94.7±1.62
F			0.047	0.038	1.068	0.192
P			0.829	0.846	0.303	0.662

3 心肌做功的临床应用

心肌做功在评估左室亚临床功能障碍和局部功能障碍方面具有较大的优势。研究发现,即使患者的左室射血分数处于正常范围,但心肌做功参数 GWI、GCW 和 GWE 也有所减低,GWW 增高^[8-9];GWI、GCW 和 GWE 与 LVEF 呈正相关,GWW 与 LVEF 呈负相关^[9]。GWW 的增高与左室心肌收缩的同步性有关,心肌收缩越不同步,所做的无用功越多。Russell 等^[10]认为心肌做功还与心肌的耗氧量和心肌代谢相关。心肌做功在冠心病、心肌病、高血压、肺心病、心瓣膜病以及胎儿心脏功能评估中均有临床应用。

3.1 冠心病 在早期冠心病的诊断中,GWI 的敏感性为 92%,GWW 的特异性为 97%。GWE 是冠状动脉重度狭窄独立影响因素^[11]($OR=0.266, P<0.05$),与其他三个参数相比,GWE 预测冠状动脉重度狭窄的曲线下面积最大(0.920),灵敏度为 92.24%,特异度为 73.77%^[12]。冠状动脉支架植入术后 1 天,GWI、GCW 和 GWE 就有所改善,表现为心肌的血流灌注、耗氧代谢增加,心室的机械收缩功能逐渐恢复。在术后 3 个月,GWI、GCW、GWE 显著改善,而 GWW 无明显变化,GWW 未恢复在一定程度上反映了心肌的不可逆损伤^[13]。GCW 对左室收缩功能的恢复具有独立预测价值,优于 LVEF 及 GLS^[13-14]。

3.2 心肌病 扩张型心肌病患者的 GWI、GCW 和 GWE 均较正常人明显降低,GWW 增高^[5];GWW 增高和 GWE 降低与左室运动不同步有关,室间隔的心

肌做功效率是扩心病患者运动能力的最佳预测指标^[15]。对于肥厚型心肌病患者,同样表现为 GWI、GCW 和 GWE 降低,GWW 增高;GCW 可预测心肌纤维化^[16]。淀粉样心肌病变患者的左室整体及各节段(基底、中间、心尖)心肌做功减低,节段性的 WI、CW 及 WE 减低呈“心尖保留”特点,即心尖部心肌做功参数减低的程度低于基底段和中间段^[17]。

3.3 高血压 心肌做功技术能够克服负荷依赖性,准确判断高血压患者早期左室收缩功能的异常。收缩压 140~160 mmHg 和/或舒张压 90~100 mmHg 的高血压患者,其 GWW 增加,GWI、GCW 和 GWE 无显著性变化;而收缩压 ≥ 160 mmHg 和/或舒张压 ≥ 100 mmHg 的患者,其 GWI、GCW 和 GWW 均增加,差异均有统计学意义;GWE 无显著性变化。多项研究证明高血压患者的 GWE 与正常人比较无明显差异^[5,18-19],其原因可能是 GWE 间接来自于 GCW 和 GWW 的比率,而 GCW 和 GWW 几乎同比例增加,因此 GWE 保持不变。此外,Mansour 等^[18]研究了收缩压 >180 mmHg 的高血压患者,发现 GWI、GCW 和 GWW 值还会随着运动和收缩压升高而增高,GWW (截断值 96.5 mmHg%)可能是此类高血压患者预后不佳的指标。

3.4 主动脉瓣狭窄 主动脉瓣狭窄(Aortic valve stenosis, AS)患者的左室收缩压力的评估采用主动脉瓣平均跨瓣压差加上肱动脉压力^[20-21]。重度 AS 患者因为左室收缩压显著高于健康对照组,因此其 GWI 和 GCW 无明显改变,而 GWW 增高,GWE 降低。经皮导管主动脉瓣置换术术后 3 月,GWI、GCW 和 GWE 均得到提高;GWW 减低,但 GWW 并未完全恢复。GWI 和 GCW 是重度 AS 患者行手术治疗后心力衰竭症状改善的独立相关参数,也是评价术后心功能恢复的较好随访指标^[22]。

3.5 肺源性心脏病 肺源性心脏病患者的左室心肌做功改变目前未见文献报道。我们在 2019 年 9 月—2021 年 3 月纳入贵州省人民医院住院的 60 例慢

性阻塞性肺病(Chronic obstructive pulmonary disease, COPD)患者进行了初步研究,发现肺动脉收缩压力 ≥ 50 mmHg 的 COPD 患者,其 GWI、GCW 和 GWE 减低, GWW 增加, COPD 患者的左室心肌做功也有一定程度的受损。

3.6 其他 心肌做功也可以早期评估其他疾病导致的左室收缩功能的改变,如慢性肾病、类风湿关节炎、妊娠期高血糖、乳腺癌蒺环类药物化疗后、乙型肝炎肝硬化、代谢综合征等。

4 结论与展望

心肌做功是一种无创评估左室收缩功能的超声新方法,不受心脏后负荷的影响,可以早期发现患者的左室收缩功能受损,评估左室节段收缩功能。目前各大医院已将心肌做功逐步应用于各种心血管疾病导致的左室收缩功能早期受损的研究,但在左室壁节段功能受损方面的研究尚少,尤其缺乏随访一些特定疾病导致的左室壁节段功能受损的动态变化研究,今后应在有条件的医院开展此方面的研究,以期在临床在心血管疾病的早期阶段评估左室整体和局部收缩功能,随访患者病情进展情况以及评估预后提供更多客观依据。

【参考文献】

- [1] REISNER S A, LYSYANSKY P, AGMON Y, *et al.* Global longitudinal strain: a novel index of left ventricular systolic function [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2004, 17(6): 630-633.
- [2] LEITMAN M, LYSYANSKY P, SIDENKO S, *et al.* Two-dimensional strain-a novel software for real-time quantitative echocardiographic assessment of myocardial function [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2004, 17(10): 1021-1029.
- [3] RUSSELL K, ERIKSEN M, AABERGE L, *et al.* A novel clinical method for quantification of regional left ventricular pressure-strain loop area: a non-invasive index of myocardial work [J]. *European heart journal*, 2012, 33(6): 724-733.
- [4] GALLI E, LECLERCQ C, FOURNET M, *et al.* Value of Myocardial Work Estimation in the Prediction of Response to Cardiac Resynchronization Therapy [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2018, 31(2): 220-230.
- [5] CHAN J, EDWARDS N F A, KHANDHERIA B K, *et al.* A new approach to assess myocardial work by non-invasive left ventricular pressure-strain relations in hypertension and dilated cardiomyopathy [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2019, 20(1): 31-39.
- [6] MANGANARO R, MARCHETTA S, DULGHERU R, *et al.* Echocardiographic reference ranges for normal non-invasive myocardial work indices: results from the EACVI NORRE study [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2019, 20(5): 582-590.
- [7] GALLI E, JOHN-MATTHWES B, ROUSSEAU C, *et al.* Echocardiographic reference ranges for myocardial work in healthy subjects: A preliminary study [J]. *Echocardiography*, 2019, 36(10): 1814-1824.
- [8] 丁俊,孙红光,鞠萍,等.应用无创压力应变环评估原发性高血压患者左室心肌做功的临床价值[J]. *中华健康管理学杂志*, 2023, 17(11): 821-827.
- [9] 肖武平,张小杉,王雅哲,等.左心室压力-应变环评价类风湿性关节炎患者左室功能[J]. *中华超声影像学杂志*, 2022, 31(2): 108-114.
- [10] RUSSELL K, ERIKSEN M, AABERGE L, *et al.* Assessment of wasted myocardial work: a novel method to quantify energy loss due to uncoordinated left ventricular contractions [J]. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2013, 305(7): H996-1003.
- [11] WANG R R, TIAN T, LI S Q, *et al.* Assessment of Left Ventricular Global Myocardial Work in Patients With Different Degrees of Coronary Artery Stenosis by Pressure-Strain Loops Analysis [J]. *Ultrasound Med Bio*, 2021, 47(1): 33-42.
- [12] 毛森,赵鲁平,赵晓莉,等.应用左室压力-应变环评价不同程度冠状动脉狭窄患者心肌做功的定量研究 [J]. *中国医师杂志*, 2022, 24(10): 1515-1520.
- [13] 秦芸芸,李一丹,吴小鹏,等.无创心肌做功定量评估冠状动脉介入治疗术后患者早期左心室功能改变的临床研究 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2022, 31(7): 585-590.
- [14] LUSTOSA R P, FORTUNI F, VAN DER BIJL P, *et al.* Changes in Global Left Ventricular Myocardial Work Indices and Stunning Detection 3 Months After ST-Segment Elevation Myocardial Infarction [J]. *Am J Cardiol*, 2021, 157: 15-21.
- [15] SCHRUB F S F, DONAL E, GALLI E. Myocardial work is a predictor of exercise tolerance in patients with dilated cardiomyopathy and left ventricular dyssynchrony [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2020 36(1): 45-53.
- [16] GALLI E, VITEL E, SCHNELL F, *et al.* Myocardial constructive work is impaired in hypertrophic cardiomyopathy and predicts left ventricular fibrosis [J]. *Echocardiography*, 2019, 36(1): 74-82.
- [17] 丁雪晏,李一丹,魏丽群,等.左心室压力-应变环评价心脏淀粉样变性患者心肌做功 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2021, 30(7): 604-608.
- [18] MANSOUR M J A W, MANSOUR L, NEHME A, *et al.* myocardial work for assessment of myocardial adaptation to increased afterload in patients with high blood pressure at peak exercise [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2020, 36(9): 1647-1656.
- [19] EL MAHDIUI M, VAN DER BIJL P, ABOU R, *et al.* Global Left Ventricular Myocardial Work Efficiency in Healthy Individuals and Patients with Cardiovascular Disease [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2019, 32(9): 1120-1127.
- [20] JAIN R, BAJWA T, ROEMER S, *et al.* Myocardial work assessment in severe aortic stenosis undergoing transcatheter aortic valve replacement [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2021, 22(6): 715-721.
- [21] FORTUNI F, BUTCHER S C, VAN DER KLEY F, *et al.* Left Ventricular Myocardial Work in Patients with Severe Aortic Stenosis [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2021, 34(3): 257-266.
- [22] 郑韶欣,高静伟,林永青,等.经导管主动脉瓣置换术对重度主动脉瓣狭窄患者心肌做功的影响 [J]. *中华生物医学工程杂志*, 2022, 28(3): 317-22.

(收稿日期:2023-12-07;修回日期:2024-02-27;编辑:黎仕娟)