doi:10.11659/jjssx.02E025034

·综 述·

超声二维斑点追踪技术评估未成年人左心房功能的进展

伍春兰[1,2],计晓娟[1] (1.重庆医科大学附属儿童医院超声医学科/国家儿童健康与疾病临床医学研究中心/儿童发育疾病研究教育部重点实验室/结构性出生缺陷与器官修复重建重庆市重点实验室,重庆 400014;2.重庆市急救医疗中心超声科,重庆 400014)

[摘 要] 随着超声心动图技术的发展,左心房功能评估在未成年人心血管风险预测中的重要性日益突出。传统二维及多普勒超声虽可评估左心房容积和舒张功能,但其准确性有限。近年来,新兴超声二维斑点追踪技术(2D-STE)使左心房功能三相(储存、管道、泵)评估成为可能,且其敏感性更高,适用于心肌病、肥胖、化疗等高风险未成年人群。本文综述2D-STE在未成年人左心房功能评估中的进展,探讨其在临床早期诊断与预后判断中的潜力与挑战,以期为临床提供参考。

[关键词] 二维斑点追踪技术;超声新技术;左心房;心功能;未成年人

[中图分类号] R540.4+5 [文献标志码] A [收稿日期] 2025-02-08

Progress of two-dimensional speckle tracking echocardiography in evaluating left atrial function in minors

WU Chun-lan[1,2], JI Xiao-juan[1] (1. Department of Ultrasound, Children's Hospital of Chongqing Medical University/National Clinical Research Center for Child Health and Disorders/Ministry of Education Key Laboratory of Child Development and Disorders/Chongqing Key Laboratory of Structural Birth Defect and Reconstruction, Chongqing 400014, China; 2. Department of Ultrasound, Chongqing Emergency Medical Center, Chongqing 400014, China)

Abstract: With the development of echocardiographic technology, the evaluation of left atrial function has become increasingly crucial in predicting cardiovascular risks in minors. The conventional two-dimensional and Doppler ultrasound can assess the left atrial volume and diastolic function, while have limited accuracies. In recent years, the emerging ultrasound two-dimensional speckle tracking echocardiography (2D-STE) has made it possible to evaluate the three phases of left atrial function (reservoir, conduit, booster pump), which is more sensitive and suitable for high-risk minors with cardiomyopathy, obesity, or undergoing chemotherapy. This article reviews the progress of 2D-STE in evaluating left atrial function in minors, and discusses its potential and challenges in early clinical diagnosis and prognosis assessment, with the aim of providing a reference for clinical practice.

Keywords: two-dimensional speckle tracking echocardiography; new ultrasound technology; left atrial; cardiac function; minors

左心房在维持正常心脏功能中发挥着重要作用,临床上常用容积和时相功能评估左心房功能,容积可体现左心房的大小,时相功能可体现左心房在左心室充盈中起到的储存、管道、泵功能。超声心动图是评估左心房功能、反映左心室舒张功能、预测成人心血管疾病(如心力衰竭、房颤、中风)发生的重要技术[1-3]。但目前研究多集中在成人,对未成年人左心房功能损害进行系统评估具有重要的临床研究意义和价值。新兴超声二维斑点追踪技术(two-dimensional speckle tracking echocardiography,2D-STE)可反映左心房壁整体和节段运动,以检测左心房的储存、管道和泵功能,对评估左心房功能障碍具有较高的敏感性[4-5]。本文就2D-STE在未成年人左心房功能评估的相关研究进展作简要综述,以期为临床提供参考。

1 超声心动图成像技术评估左心房功能

超声心动图成像技术包括二维超声心动图(two-dimensional echocardiography,2DE)、多普勒血流频谱超声(Doppler ultrasound,DU)、组织多普勒超声(tissue Doppler imaging,TDI)及超声2D-STE等,这些成像技术评估左心房功能的主要指标包括左心房容积(left atrial volume,LAV)、左心房容积指数(left atrial volume index,LAVI)、左心房储存应变(left atrial strain during reservoir phase,LASr)、左心房管道应变(left atrial strain during conduit phase,LAScd)、左心房收缩应变(left atrial strain during contraction phase,LASct)、左心房僵硬度指数(left atrial stiffness index,LASI)。不同超声成像技术评价左心房功能各有优势,见表1。

[基金项目] 重庆市卫生健康委员会卫生适宜技术推广项目(2021jstg007)

[通信作者] 计晓娟,E-mail:jixiaojuan2003@163.com

表1 超声成像技术评估左心房功能及其临床意义

超声成像技术	主要指标	临床意义	优/缺点
2DE	LAV	反映左心室充盈压	优点:可重复性好,测量结果与心脏磁共振成像具有高度一致性和良好相关性 缺点:由于几何假设,容易低估LAV[6]
	LAVI	反映左心室舒张功能	
DU	二尖瓣E峰流速	反映左心房管道功能,健康未成年人E峰流速随年龄的增长而增加[7]	优点:可重复性好 缺点:具有角度依赖,易受年龄、心率影响,在心律不齐患者中应用受限
	二尖瓣A峰流速	反映左心房泵功能,健康未成年人A峰流速随年龄的增长而下降[7]	
	二尖瓣E/A	反映左心室舒张功能,健康未成年人E/A随年龄的增长而增加[7]	
TDI	二尖瓣e′	反映左心房管道功能	优点:实时便捷、时间分辨率高 缺点:具有角度依赖,局部取样局限,易受心率、噪声及伪影干扰
	二尖瓣E/e′	反映左心室舒张功能,健康未成年人E/e′随年龄的增长而显著降低[8]	
2D-STE	LASr	反映左心房储存功能,与年龄呈非线性负相关[9]	优点:2D-STE不受角度依赖,能准确评估左心房心肌运动状态,对左心房功能障碍评估具有较高敏感性 缺点:易受左心室功能和负荷[10]、心率、心脏节律、体表面积、种族等因素影响[13]
	LAScd	反映左心房管道功能,与年龄呈非线性正相关,在青春期达到成人值[9]	
	LASct	反映左心房泵功能,与年龄呈非线性正相关,在青春期达到成人值[10]	
	LASI	反映左心室舒张功能,与左心房纤维化程度的相关性比左心房应变强[11],其与未成年人左心房增大呈正相关,是评估未成年人左心室充盈的间接指标[12]	

2 不同疾病引起未成年人左心房功能障碍的超声评估

2.1 高血压

Binka等[14]研究显示,347例11~18岁高血压未成年人的收缩压升高与LAVI呈独立线性相关,白天或夜间动态收缩压指数每增加0.1,则LAVI分别增加9.9 mL/m^2、6.8 mL/m^2,但是血压升高与左心房超声2D-STE超声应变测量指标LASr、LAScd、LASct均无明显的相关性,Kaplinski等[15]的研究结果与之一致。笔者认为,高血压患者左心室充盈压升高、顺应性降低,使左心房压力升高,进而引起LAV变化,长时间积累才导致左心室舒张功能障碍及左心房重构。未成年高血压患者因暴露时间较短、心肌弹性储备良好,左心房功能多处于代偿期,这一特征可能降低应变指标对早期心肌损害的诊断敏感性。但国内尚缺乏大规模研究报道。

2.2 肥胖

未成年人肥胖呈持续上升趋势,41%~80%的未成年人肥胖可延续至成年,导致成人时期发生心血管疾病的风险增加[16]。Steele等[17]采用2D-STE评估114名肥胖青年(中位年龄23.3岁)的左心房功能,发现在LAV发生变化之前已出现LASr、LAScd、LASct降低,表明2D-STE可早期发现肥胖人群左心房功能异常。Paysal等[18]的研究显示,使用2D-STE评估肥胖青少年(中位年龄13.2岁)女性时,LASr、LAScd、LASct与正常对照组相比无显著差异,但LAV、LASI均增加。笔者认为,这可能是肥胖患者较年轻,肥胖暴露的时间较短且均为女性,有雌激素保护功能,从而未导致明显的左心房功能受损。2D-STE评估肥胖未成年人左心房功能的应用价值还有待进一步验证。

2.3 心肌病

扩张型心肌病(dilated cardiomyopathy,DCM)、肥厚型心肌病(hypertrophic cardiomyopathy,HCM)、限制型心肌病(restrictive cardiomyopathy,RCM)患者易出现心肌细胞缺血、缺氧及代谢障碍,导致左心房心肌受损和纤维化,使左心房壁顺应性降低、僵硬度增加,左心室充盈受限,从而引起左心室舒张功能障碍。心肌病患儿左心室舒张功能评价的常用超声指标有LAVI、E/A、E/e′等,但这些指标的敏感性和特异性较低。一项针对175例心肌病患儿的研究指出,按照成人左心室舒张功能障碍诊断标准(基于LAVI、E/A、E/e′等参数),仅14%肥厚型心肌病患儿显示左心室松弛性减退,DCM、RCM患儿均未检出左心室舒张功能异常,提示按照成人标准诊断未成年人左心室舒张功能障碍存在高漏诊风险[19]。因此,临床迫切需要超声新技术、新指标进行综合评估。

左心房应变参数可用于未成年人心功能评估。Sabatino等[20]采用2D-STE判断心肌病患儿左心室舒张功能障碍,以LASr≥40.4%为截断值,可以鉴别心肌病患儿。在HCM、DCM、RCM患儿中,随着左心室舒张功能障碍的加重,LASr显著下降,说明LASr对心肌病患儿左心室舒张功能障碍具有良好的诊断效能(曲线下面积=0.949,P<0.001)。国外研究显示,出现不良结局的心肌病患儿LASr明显较低,而LAScd、LASI较高,预测不良预后发生的最佳截断值分别为:LASr<20%、LAScd≥−12%和LASI≥0.26[21],说明左心房应变参数及LASI可用于预测心肌病患儿不良预后(如心力衰竭、心律失常)。

2.4 化疗后心肌毒性损害

2D-STE可对未成年人化疗药物引起的左心房功能障碍进行风险评估。Loar等[22]对45例接受蒽环类药物化疗1年以上的癌症患儿进行观察发现,患儿LASr、LAScd显著下降,而LASct无明显改变,且化疗药物累计量≥250 mg/m^{2}时,LASr更低。以上研究表明,

LASr、LAScd评估左心房功能障碍的敏感性高，而LASct的临床应用价值有待进一步探讨。

2.5 先天性心脏病

使用2D-STE评估先天性主动脉瓣狭窄(aortic stenosis，AS)患儿发现，LASct增大及左心房收缩功能增强，这与左心室容量和压力负荷过重，导致左心房收缩力增加有关[23]。而成人AS患者通常出现左心房收缩功能下降，这与长期持续的压力负荷，导致左心房扩张，心房壁变薄、纤维化，引起左心房功能失代偿有关[24]。一项研究对43例房间隔缺损患儿手术前后左心房功能进行评估发现，经皮微创封堵术后患儿LASr、LAScd、LASct均显著降低，且LASr、LAScd随着封堵器尺寸增加而显著降低，而外科手术组患儿术后上述参数未见显著变化。这说明封堵器过大可能影响左心房功能，2D-STE有望成为房间隔缺损患儿术后左心房功能监测的可靠方法，可为临床治疗策略的选择提供关键信息[25]。

3 总结与展望

未成年患者的左心房功能评估对于临床治疗策略的选择起关键作用，无创超声心动图技术为临床提供了安全、有效、可行的左心房功能定量分析方法。超声新技术2D-STE有利于未成年人左心房功能障碍的早发现、早干预。但未成年人左心房功能评价易受年龄、负荷条件、心腔几何构型、房室瓣功能、心率和节律的影响，且目前缺乏未成年人左心房功能的超声评价指南，有待进一步通过临床多中心、大数据循证医学研究完善。

[参考文献]

[1] Thomas L, Marwick TH, Popescu BA, et al. Left atrial structure and function, and left ventricular diastolic dysfunction: JACC state-of-the-art review[J]. J Am Coll Cardiol, 2019, 73(15): 1961-1977. doi: 10.1016/j.jacc.2019.01.059.

[2] Andersen DM, Sengeløv M, Olsen FJ, et al. Measures of left atrial function predict incident heart failure in a low-risk general population: the Copenhagen City Heart Study[J]. Eur J Heart Fail, 2022, 24(3): 483-493. doi: 10.1002/ejhf.2406.

[3] 李小庆，胡建波，唐 红，等. 双极射频消融术对心房颤动患者左心房结构和功能的影响[J]. 局解手术学杂志，2016，25(2)：108-112. doi：10.11659/jjssx.08E015129.

[4] Begic Z, Djukic M, Begic E, et al. Left atrial strain analysis in the realm of pediatric cardiology: advantages and implications[J]. Technol Health Care, 2024, 32(3): 1255-1272. doi: 10.3233/THC-231087.

[5] 陈 博. 二维斑点追踪成像技术对冠状动脉不同程度狭窄的价值[J]. 影像技术，2024，36(4)：30-34. doi：10.3969/j.issn.1001-0270.2024.04.06.

[6] Madueme PC, Mazur W, Hor KN, et al. Comparison of area-length method by echocardiography versus full-volume quantification by cardiac magnetic resonance imaging for the assessment of left atrial volumes in children, adolescents, and young adults[J]. Pediatr Cardiol, 2013, 35(4): 645-651. doi: 10.1007/s00246-013-0833-y.

[7] Cantinotti M, Marchese P, Scalese M, et al. Normal values and patterns of normality and physiological variability of mitral and tricuspid inflow pulsed Doppler in healthy children[J]. Healthcare, 2022, 10(2): 355. doi: 10.3390/healthcare10020355.

[8] Eidem BW, McMahon CJ, Cohen RR, et al. Impact of cardiac growth on Doppler tissue imaging velocities: a study in healthy children[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2004, 17(3): 212-221. doi: 10.1016/j.echo.2003.12.005.

[9] Kutty S, Padiyath A, Li L, et al. Functional maturation of left and right atrial systolic and diastolic performance in infants, children, and adolescents[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2013, 26(4): 398-409. doi: 10.1016/j.echo.2012.12.016.

[10] Donal E, Galli E, Schnell F. Left atrial strain: a must or a plus for routine clinical practice?[J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2017, 10(10): e007023. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.117.007023.

[11] Pilichowska-Paszkiet E, Baran J, Sygitowicz G, et al. Noninvasive assessment of left atrial fibrosis. Correlation between echocardiography, biomarkers, and electroanatomical mapping[J]. Echocardiography, 2018, 35(9): 1326-1334. doi: 10.1111/echo.14043.

[12] Hope KD, Wang Y, Banerjee MM, et al. Left atrial mechanics in children: insights from new applications of strain imaging[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2019, 35(1): 57-65. doi: 10.1007/s10554-018-1429-7.

[13] Davarpasand T, Jalali A, Mohseni-Badalabadi R, et al. Normal ranges of left atrial phasic strains and strain rates by 2D speckle-tracking echocardiography in pediatrics: a systematic review and meta-analysis[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 25888. doi: 10.1038/s41598-024-76411-z.

[14] Binka E, Urbina EM, Manlhiot C, et al. Association of childhood blood pressure with left atrial size and function: study of high blood pressure in pediatrics-adult hypertension in youth(SHIP AHOY)[J]. J Pediatr, 2023, 255: 190-197. e1. doi: 10.1016/j.jpeds.2022.11.031.

[15] Kaplinski M, Griffis H, Wang Y, et al. Left atrial size and strain in hypertensive children compared to age-, sex-, and race/ethnicity-matched controls[J]. Pediatr Cardiol, 2024. doi: 10.1007/s00246-024-03719-y.

[16] 中华医学会儿科学分会内分泌遗传代谢学组，中华医学会儿科学分会儿童保健学组，中华医学会儿科学分会临床营养学组，等. 中国儿童肥胖诊断评估与管理专家共识[J]. 中华儿科杂志，2022，60(6)：507-515. doi：10.3760/cma.j.cn112140-20220112-00043.

[17] Steele JM, Urbina EM, Mazur WM, et al. Left atrial strain and diastolic function abnormalities in obese and type 2 diabetic adolescents and young adults[J]. Cardiovasc Diabetol, 2020, 19(1): 163. doi: 10.1186/s12933-020-01139-9.

[18] Paysal J, Merlin E, Rochette E, et al. Left atrial remodeling in adolescents with obesity evaluated by speckle-tracking echocardiography[J]. Int J Obes (Lond), 2024, 48(1): 111-117. doi: 10.1038/s41366-023-01397-z.

[19] Dragulescu A, Mertens L, Friedberg MK. Interpretation of left ventricular diastolic dysfunction in children with cardiomyopathy by echocardiography[J]. Circ Cardiovasc Imaging, 2013, 6(2): 254-261. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.112.000175.

[20] Sabatino J, Di Salvo G, Prota C, et al. Left atrial strain to identify diastolic dysfunction in children with cardiomyopathies[J]. J Clin Med, 2019, 8(8): 1243. doi: 10.3390/jcm8081243.