

心脏磁共振左房应变分析的应用进展

薛迪, 吴江, 李璇, 梁秀琴, 杨馨尧

【摘要】 左房在维持正常心脏功能中发挥着不可或缺的作用。左房容积和功能已经成为重要的影像指标,其预后价值在多种心脏疾病中得到证实。近年来,心肌应变分析的部分参数已优于射血分数,尤其是能够定量分析整体心脏和局部心肌的运动功能,进而对疾病进行早期诊断和预后评估。本文就心脏磁共振特征追踪技术的左房应变评估及其应用进展进行综述。

【关键词】 心脏; 磁共振成像; 特征追踪技术; 心房功能, 左; 应变

【中图分类号】 R322.11; R445.2; R331.31 **【文献标识码】** A

【文章编号】 1000-0313(2023)06-0798-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2023.06.023

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



随着社会经济的发展,人口老龄化日益加重,心血管疾病发病率逐渐增高,成为导致死亡的首要原因。据估计截至到 2020 年,心血管病现患人数约 3.3 亿,其中冠心病 3.4%,心力衰竭 2.7%,房颤 1.5%^[1]。与此同时,这也促使心脏疾病的临床研究和技术层出不穷。心脏磁共振(cardiac magnetic resonance, CMR)是公认的准确、无创和可重复评估心脏质量和功能的金标准,与超声相比,磁共振有软组织分辨率高、无成像窗口限制、后处理简易等优势^[2]。近几年,心肌应变分析对多种疾病的预后有独立预测作用,逐渐被用于临床工作。目前应用于磁共振成像的心肌应变技术有组织标记技术(tissue tagging, TT)、特征追踪技术(feature tracking, FT)、心脏形变应力分析(deformable registration algorithms, DRA)技术、速度向量成像、回声刺激位移编码和应变编码技术^[3]等。

左房在维持正常心脏功能方面起着重要作用,左房容积和功能已被用作重要的影像指标,其预后价值在多种心脏疾病中得到证实^[4],故它作为心脏的影像指标引起了临床较大的关注。左房应变是一项相对较新的技术,它可以跟踪左房时相功能,及早发现亚临床心功能障碍并指导预后^[5]。目前用来评估左房应变最常见的是 FT,其它技术鲜有文献报道。笔者就心脏磁共振特征追踪技术(CMR-FT)的左房应变评估及其应用进展做一综述。

左房时相功能

在一个完整的心动周期中左房功能由 3 个时相构成。①储备期:在左室收缩和等容舒张过程中,由于左房充盈压降低,作为“储血池”接受来自肺静脉的血流,导致左房充盈;②导管期:发生在左室舒张早期,反映了左房的被动排空,受左房至左室压力梯度的控制。③收缩期:发生在左室舒张晚期,反映了左房的主动排空,决定其排血量的是前负荷(即左房收缩开始时的容积,左房主动收缩的排血量随其前负荷增加而增加)、后负荷(即左室舒张末期压力)和心肌收缩力(即心肌收缩强度和速度的内在特性)^[6]。总之,这 3 个时相负责将持续的肺静脉回流转变为间歇的左心室充盈(图 1)。

许多疾病中患者出现明显的心肌形态结构改变之前,左房功能已经开始损害。如左室舒张功能障碍,其特点是左室收缩功能正常而充盈压升高,使房室压力梯度受损,从而出现左房导管功能障碍,左房通过提高收缩功能来补偿,这可在高血压和阵发性房颤的早期阶段看到^[7]。随着左室舒张功能的下降,左室充盈减少,使左房收缩功能相对增加,导管功能降低。当左室充盈压显著增加并达到左房储备负荷的极限时,左房将主要起导管作用即左房不再主动收缩,主要通过房室的压力梯度被动排空。

CMR-FT 及应变基本概念

应变也称应力或应变力,指在外力和非均匀温度场等因素作用下物体相对变形的能力。心肌应变是指在一定时间内心肌节段从原始长度(L_0 ,通常指舒张末期)拉伸至最大长度(L ,通常指收缩末期)的变形程度,并以百分数表示^[8]。计算方法:应变(strain, S) =

作者单位: 030001 太原,山西医科大学医学影像学院(薛迪); 030024 太原,山西省心血管病医院磁共振室(吴江、李璇、梁秀琴、杨馨尧)

作者简介: 薛迪(1996—),男,山西运城临猗县人,硕士研究生,住院医师,主要从事心血管疾病影像诊断及研究工作。

通讯作者: 吴江, E-mail: wujiang1024@sina.com

基金项目: 山西省卫生健康委科研课题“磁共振心肌应变分析在少见心肌病的应用研究(2020038)”

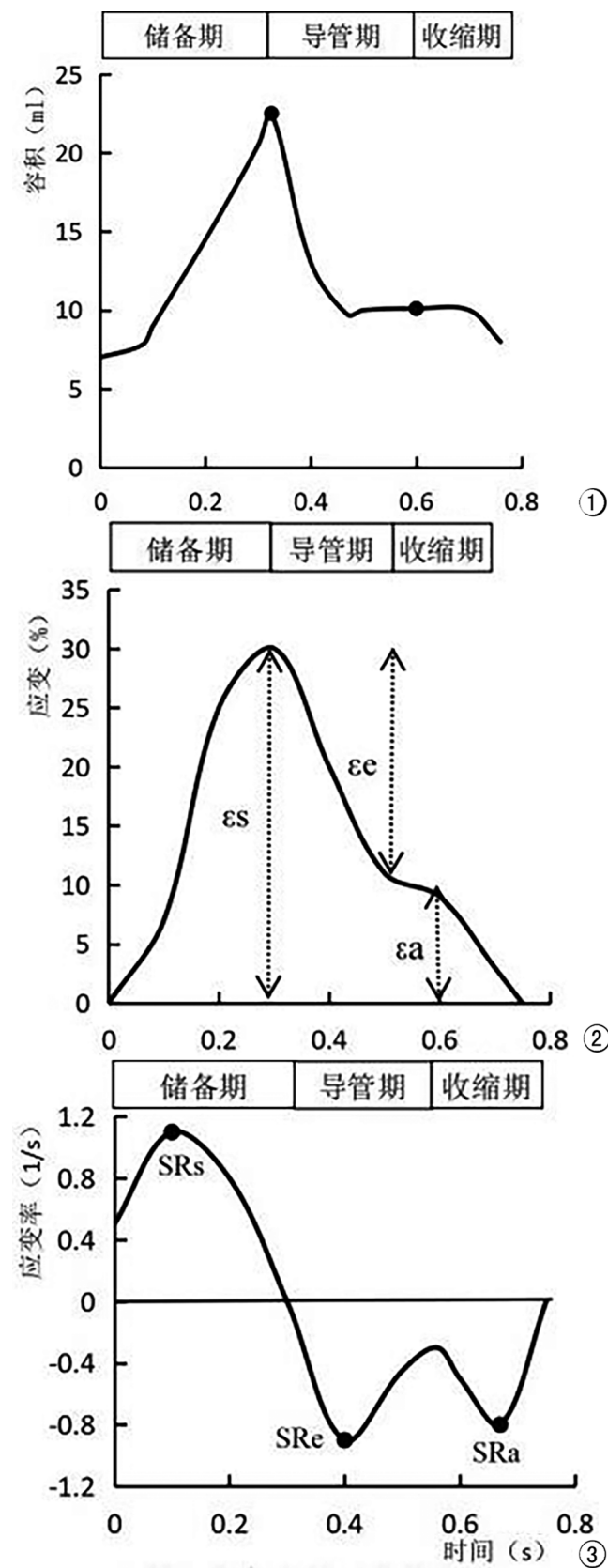


图1 时间-容积关系曲线。 图2 时间-应变关系曲线; ϵ_s :总应变; ϵ_e :被动应变; ϵ_a :主动应变。

图3 时间-应变率关系曲线; SR_s :峰值正向应变率; SRe :早期峰值负向应变率; SRA :晚期峰值负向应变率。

($L-L_0$)/ L_0 ,应变率(strain rate,SR)为应变的时间倒数(单位是1/s),S为正值表示心肌伸长或增厚,S为负值表示心肌缩短或变薄。目前左房心肌应变的测量参数主要有总应变(ϵ_s ,对应心房储备期)、被动应变(ϵ_e ,对应心房导管期)和主动应变(ϵ_a ,对应心房收缩期),其中,总应变为被动与主动应变之和(图2)。此外,还评估了3个对应的SR参数:峰值正向应变率(SR_s)、早期峰值负向应变率(SRe)和晚期峰值负向应变率(SRA)^[9](图3)。

CMR-FT技术是使用心脏相控阵接收线圈和稳态自由进动序列(steady state free precession,SSFP),在回顾性心电门控获得CMR电影图像的基础上手动描绘心房内外膜边界表面,并应用自动追踪算法勾画整个心动周期的心房运动,最后利用后处理软件对心肌应变进行分析^[10]。Mina等^[11]在无显心血管疾病的70名患者中将二维斑点追踪超声心动图(speckle-tracking transthoracic echocardiography,STE)与CMR-FT获得的左房应变测量值进行比较,发现二者的测量值之间存在轻度相关性,CMR-FT测量的应变值比STE更高。Johannes等^[12]研究发现CMR-FT测量的左房三时相的应变和应变率在观察者内和观察者间具有高度可重复性,并且与左房容积指数之间存在良好的相关性。但Aseel等^[13]研究表明用CMR-FT评估左房应变和应变率的可重复性在不同疾病状态下为中等到较差,而左房容积和排空率在CMR上的重复性较好。后两个研究可重复性差异的产生可能与后处理使用的软件不同有关。故在广泛的临床应用之前,需要进行多中心多厂家机器和多种后处理软件进行分析比较,找出可重复性和一致性最好的方法。

左房应变的临床应用进展

1. 冠状动脉粥样硬化性心脏病

冠心病(coronary atherosclerotic disease,CHD)是指冠状动脉发生粥样硬化引起管腔狭窄或闭塞,导致心肌缺血缺氧或坏死而引起的心脏病,也称缺血性心脏病,短暂的缺血缺氧引起心绞痛,而持续的缺血可引起心肌梗死,临床上主要通过心电图、心肌损伤血清标记物、冠脉CTA和冠脉造影进行诊断。左室心肌梗死早期,心肌硬度增加,收缩和舒张功能发生障碍(diastolic dysfunction,DD),使左室舒张末期压力升高,即左房后负荷增加,从而影响左房各时相功能。Jiwon等^[14]对257名心肌梗死患者进行了CMR和超声检查,结果发现与无DD患者相比,轻度DD患者的 ϵ_s 降低了近2倍,两者存在显著差异,左房应变会随DD的加重逐步降低,且对检测早期舒张功能改变更有价值;此外,作者用左房应变对心肌梗死后发生房颤

的风险进行了分层,而传统标准的 DD 则没有,说明左房应变可对心肌梗死后的房颤进行风险评估。Leng 等^[15]在 321 名 ST 段抬高型心肌梗死(ST-segment elevation myocardial infarction, STEMI)患者的大型多中心队列中测量左房应变参数,发现左房 ϵ_s 与左室射血分数(left ventricle ejection fraction, LVEF)、左室整体纵向应变和梗死面积中度相关, ϵ_e 与 LVEF、左室整体纵向应变和梗死面积相关,而 ϵ_a 仅与 LVEF 相关,说明左房应变可预测 STEMI 的预后;作者还发现与传统的参数(如左房大小和左室整体纵向应变等)相比,左房应变对 STEMI 有更高的预后价值。

2. 肥厚性心肌病

肥厚型心肌病(hypertrophic cardiomyopathy, HCM)是最常见的遗传性心脏病,由肌节蛋白编码基因突变引起,其特点是室间隔非对称性肥厚,是青少年运动后猝死的主要原因之一,晚期的病理生理特征是左室肥大、舒张功能障碍和左室充盈压增加^[16]。HCM 患者通常会有左房体积改变,并逐渐发展为房颤。Betty 等^[17]使用 CMR 来评估左房应变与标准左房参数和基线特征在预测 HCM 新发房颤中的作用,发现有新发房颤的患者的各时相应应变值均比未有新发房颤患者小,证明除年龄外,左房 ϵ_s 和 ϵ_a 能够预测 HCM 中新发房颤的风险。Yang 等^[18]对 33 名非梗阻性 HCM 患者和 28 名健康对照者的整体和局部左房应变进行评估,发现与健康对照组相比,非梗阻性 HCM 患者的左房 ϵ_s 和 ϵ_e 降低,而 ϵ_a 正常;还发现非梗阻性 HCM 患者的左房下壁的 ϵ_s 、 ϵ_e 、SRe,间隔顶的 SRs、SRe,和前顶壁的 SRa 均下降,证明在左房扩张、左室收缩功能下降之前,左房的整体和局部功能已经受损,尤其是储备和导管功能,表明 CMR-FT 技术的应变评估有助于早期识别 HCM 的左房功能障碍。

3. 扩张性心肌病

扩张型心肌病(dilated cardiomyopathy, DCM)是指左心室或双室扩张伴收缩障碍,但没有冠状动脉疾病或与左室损伤有关的异常负荷。DCM 起病缓慢,病死率较高,多见于 30~60 岁人群,发病原因尚未明确,多数学者认为与病毒感染、自身免疫、细胞免疫和遗传学有关,临床上主要表现为心力衰竭、心律失常、血栓形成等。Li 等^[19]应用 CMR 快速长轴应变方法对 358 名特发性 DCM 患者的预后进行评估,发现达到主要临床终点(全因死亡率和心脏移植)的患者的左房 3 时相应应变和应变率均下降,而达到次要临床终点(主要终点、心力衰竭再入院和心源性猝死的组合)的患者的左房 ϵ_s 和 ϵ_e 下降;此外还发现左房 ϵ_s 和 ϵ_e 与基线模型(包括年龄、性别、纽约心脏协会分级、左室射血分数和晚期钆增强等)相比,在预测主要和次要临床终点方面

提供了更大的预后价值,表明左房应变参数(尤其是 ϵ_s 和 ϵ_e)可成为特发性 DCM 患者不良临床结局的独立预测因子。Bianca 等^[20]对 212 名非缺血性 DCM 患者和 106 名健康对照者进行 CMR 检查来评估左房功能,发现非缺血性 DCM 组的左房 3 时相应应变均降低,且左房 ϵ_s 对复合结局(心源性猝死、室性快速性心律失常和心力衰竭)有更高的预测价值。

4. 心力衰竭

心力衰竭(heart failure, HF)是各种心脏疾病导致心室充盈和(或)射血功能受损,心排血量不能满足机体组织代谢需要,以肺循环和(或)体循环淤血,器官、组织血液灌注不足为临床表现的一组综合征,主要表现为呼吸困难、体力活动受限和体液潴留。对于心衰的程度一直使用 LVEF 来描述,LVEF<40%者称为射血分数降低性心衰(HF with reduced EF, HFrEF),即通常的收缩性心衰;LVEF>40%者称为射血分数保留性心衰(HF with preserved EF, HFpEF)。HFpEF 的主要病理生理变化是左室舒张功能障碍(left ventricular diastolic dysfunction, LVDD)^[21],而左房在舒张中起着重要作用,Liza 等^[22]研究发现在 LVDD 的早期已经出现左房功能障碍,表明左房应变可能在早期诊断 LVDD 和 HFpEF 及其分级和监测疗效方面提供更多价值。Turkan 等^[23]研究发现左房 ϵ_a 的测量在评估 HFpEF 患者的左室充盈压是可行且可重复的,并证明左房应变可作为 LVDD 分级中左室充盈压的单一参数,对 HFpEF 的早期诊断可能是一个更有效的参数。Andrea 等^[24]对 626 名 HFrEF 患者进行研究发现 ϵ_s 降低的患者具有更多的临床症状、不稳定的肺血流动力学和更差的临床结局,作者建议临床通过 ϵ_s 评估左房重构,加强对 HFrEF 患者的预后监测。

5. 房颤

房颤(atrial fibrillation, AF)是最常见的房性心律失常,系规则有序的心房电活动丧失,代之以快速无序的颤动波,是严重的心房电活动紊乱。AF 常继发于各种器质性心脏病,通常与胶原堆积、脂肪浸润和淀粉样蛋白沉积等有关。心室率紊乱、心功能受损和心房附壁血栓形成是房颤患者的主要病理生理特点,临床上主要通过心电图进行诊断。研究^[25]表明对于心房功能的评估,应变值的改变早于心房大小。因此,左房应变有望成为检测亚临床心房功能障碍的潜在方法。Ewelina 等^[26]对 170 名有 HFpEF 临床病史的患者进行左房应变的多中心研究,发现左房 ϵ_s 和 ϵ_a 提供了 HFpEF 中独立于临床的新发房颤的预测信息,其中所提出的基于左房特征(包括左房 ϵ_s 和 ϵ_a)以及左房容积指数的预测算法可有效地对 HFpEF 患者发生房

颤的风险进行分层。因此,将 ϵ_s 和 ϵ_a 纳入诊断检查可能会改善 AF 的预后。Luuk 等^[27]对 105 名 AF 患者和 19 名健康对照者进行 CMR 成像并评估左房应变及功能,发现与健康对照组相比,AF 患者的左房 ϵ_s 、 ϵ_e 和 ϵ_a 显著降低,可能与左房的体积增大有关;与左房纤维化程度低的患者相比,左房纤维化程度高的患者的 ϵ_s 和 ϵ_e 降低,而 ϵ_a 没有明显差异,可能是由于左房间质纤维化使左房结构重塑,影响了心房顺应性,从而改变了左房储备功能和导管功能,说明左房应变有望预测房颤患者左房纤维化程度。

6. 糖尿病心肌病

糖尿病心肌病(diabetic cardiomyopathy)是指糖尿病患者中在没有冠状动脉疾病、高血压或瓣膜病变等情况下存在异常的结构和功能障碍。目前认为糖尿病心肌病的病理生理机制包括氧化应激、炎症、代谢以及能量产生改变等。舒张功能障碍是继发于微血管病变的最常见的心脏表现,而左房结构和时相功能在其早期就会发生改变,因此左房功能的测量显得尤为重要。Marijana 等^[28]发现糖尿病患者的左房 ϵ_s 和 ϵ_a 显著低于健康对照组,且降低程度与糖尿病的严重程度和持续时间显著相关,表明左房应变为糖尿病的早期诊断提供参考价值,此外,对并发症心血管事件的风险分层有很好的预测意义。

7. 心肌炎

心肌炎(myocarditis)指由各种原因引起的心肌炎性损伤所导致的心脏功能受损,包括收缩、舒张功能减低和心律失常等,最常见的病因是病毒感染。其临床表现差异较大,多数表现为活动后轻微的胸闷心悸不适,严重者会出现急性左心衰甚至猝死。目前临床诊断主要依靠心电图、超声心动图、CMR、血液检查及心肌活检等^[29]。而 Anastasia 等^[30]在一个小型队列研究中发现左房 SR 的特异度和灵敏度在所有诊断急性心肌炎的参数中是较高的,并且与 Lake-Louise 标准(急性心肌炎的诊断标准)结合后,能够提高其诊断性能。

8. 少见心肌病

心脏淀粉样变性(cardiac amyloidosis, CA)是细胞间质内淀粉样蛋白沉积引起的浸润性心肌病,其原因包括免疫球蛋白轻链淀粉样变性、遗传性转甲状腺素蛋白淀粉样变性和野生型转甲状腺素蛋白淀粉样变性。CA 病理生理特征为左室壁增厚、容积减小、心输出量下降,随后出现左房扩大等^[31]。临床上较少见,晚期通常无明显症状,预后极差。Kotaro 等^[32]发现在 3 种病因导致的 CA 中,左房 3 时相功能均受损,其中野生型转甲状腺素蛋白淀粉样变性参数最差,说明左房应变分析对 CA 的不同病因有鉴别价值。

致密化不全心肌病(noncompaction cardiomyopathy, NCCM)是一种少见的遗传性心肌病,是由于胚胎发生时肌小梁受压停止生长,使心室壁呈现两层,内层不致密而外层致密且菲薄,肌小梁凹陷较深,与心室腔相通。临床上主要表现为左心功能不全、心律失常等。Attila 等^[33]研究发现与正常对照组比较, NCCM 患者的左房容量增加,排空分数减少,峰值应变降低,表明 NCCM 患者的左房储备功能已经受损。

致心律失常性右室心肌病(arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy, ARVC)是一种遗传性心肌病,主要由于编码桥粒蛋白的基因突变,使心肌细胞逐渐被纤维脂肪组织替代,从而导致室性心律失常和心脏性猝死。Tarek 等^[34]用 CMR 对 66 名无房性心律失常(atrial arrhythmias, AA)或严重心力衰竭病史的 ARVC 患者和 24 名健康对照者的双心房功能进行评估,结果发现与对照组相比, ARVC 患者的左右心房的 ϵ_s 和 ϵ_a 下降,并且降低的 ϵ_s 和 ϵ_a 与随访期间 AA 的风险增加有关,而心房结构和功能是 AA 的重要预测因子,故早期发现 ARVC 患者的心房重构可能为预测 AA 的发病率和死亡率提供价值。

局限性

CMR-FT 技术的左房应变分析仍有以下局限:第一,由于左房的解剖学特征,如薄壁、左房附件和肺静脉的存在,使得追踪左房心内外膜边界具有挑战性。第二,以上所有实验的应变值测量及其在临床中的应用价值都是基于特定的后处理软件,目前仍没有一个通用的后处理软件来分析左房应变,各种参数的正常参考范围还没有明确的共识^[35]。近期 Faraz 等^[36]通过一项多模态研究发现左房应变的测量在不同的供应商之间有轻度到极好的一致性,但所有供应商之间存在系统差异,并且存在比例偏差和可重复性问题,在临床应用中仍需注意临界值、正常参考范围和不同方法的比较。

小结与展望

综上所述,CMR-FT 技术的左房应变分析在临床应用中有很大优势,不仅能发现多种心脏病的早期改变,而且对疾病的预后和危险分层有独立预测价值。其中,不同应变参数在不同疾病中价值不同,左房 ϵ_s 对冠心病的早期诊断、预后和风险分层均有价值;左房 ϵ_s 和 ϵ_e 对 HCM 的早期诊断有价值;左房 ϵ_s 和 ϵ_e 对 DCM 患者的预后价值较高;左房的 3 时相应变参数对心衰患者的早期诊断意义重大,尤其是 HFpEF 患者;左房 ϵ_s 和 ϵ_a 对房颤、糖尿病心肌病和 ARVC 的早期诊断和预后均有很大意义;左房应变率对心肌炎的诊

断特异性较高。此外,CMR-FT 技术有操作简单方便、图像软组织分辨率高、观察者内和观察者间的重复性高等优势。近些年,作为人工智能的一个分支,深度学习技术在各行业中的应用爆发式增长,它通过大量深层非线性网络来获取数据的原始特征,实现机器的自主学习,从而执行更加复杂的任务。由于其算法强、层次深、运算量大、表达能力强等特点,在大数据的影像医学中应用尤甚^[37]。Edward 等^[38]研究发现利用深度学习与 CMR 组织标记技术全自动评估左心室的径向和周向应变,其结果与人工分析类似,说明深度学习技术与心肌应变分析的结合是今后发展的一大方向。随着大量深入的科学研究,左房应变分析的实用性会不断提高,并逐步应用于临床。

参考文献:

- [1] 《中国心血管健康与疾病报告》编写组.《中国心血管健康与疾病报告 2020》要点解读[J].中国心血管杂志,2021,26(3):209-218.
- [2] 石美晶,费宇杰,陶静雯,等.心脏磁共振在左心房评价中的临床应用与研究进展[J].放射学实践,2021,36(1):128-132.
- [3] Achenbach S, Friedrich MG, Nagel E, et al. CV imaging: what was new in 2012[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2013, 6(6): 714-34.
- [4] Hoit BD. Left atrial size and function: role in prognosis[J]. J Am Coll Cardiol, 2014, 63(6): 493-505.
- [5] Cameli M, Sciacaluga C, Mandoli GE, et al. The role of the left atrial function in the surgical management of aortic and mitral valve disease[J]. Echocardiography, 2019, 36(8): 1559-1565.
- [6] Yamaguchi M, Arakawa M, Tanaka T, et al. Study on left atrial contractile performance——participation of Frank-Starling mechanism[J]. Jpn Circ J, 1987, 51(9): 1001-1009.
- [7] Jarasunas J, Aidietis A, Aidietiene S. Left atrial strain—an early marker of left ventricular diastolic dysfunction in patients with hypertension and paroxysmal atrial fibrillation[J]. Cardiovasc Ultrasound, 2018, 16(1): 29.
- [8] Ishizu T, Seo Y, Atsumi A, et al. Global and regional right ventricular function assessed by novel three-dimensional speckle-tracking echocardiography[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2017, 30(12): 1203-1213.
- [9] Gan GCH, Ferkh A, Boyd A, et al. Left atrial function: evaluation by strain analysis[J]. Cardiovasc Diagn Ther, 2018, 8(1): 29-46.
- [10] Xu J, Yang W, Zhao S, et al. State-of-the-art myocardial strain by CMR feature tracking: clinical applications and future perspectives[J]. Eur Radiol, 2022, 32(8): 5424-5435.
- [11] Benjamin MM, Munir MS, Shah P, et al. Comparison of left atrial strain by feature-tracking cardiac magnetic resonance with speckle-tracking transthoracic echocardiography[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2022, 38(7): 1383-1389.
- [12] Kowallick JT, Kutty S, Edelmann F, et al. Quantification of left atrial strain and strain rate using cardiovascular magnetic resonance myocardial feature tracking: a feasibility study[J]. J Cardiovasc Magn Reson, 2014, 16(1): 60.
- [13] Alfuhied A, Marrow BA, Elfawal S, et al. Reproducibility of left atrial function using cardiac magnetic resonance imaging[J]. Eur Radiol, 2021, 31(5): 2788-2797.
- [14] Kim J, Yum B, Palumbo MC, et al. Left atrial strain impairment precedes geometric remodeling as a marker of post-myocardial infarction diastolic dysfunction[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2020, 13(10): 2099-2113.
- [15] Leng S, Ge H, He J, et al. Long-term prognostic value of cardiac MRI left atrial strain in ST-segment elevation myocardial infarction[J]. Radiology, 2020, 296(2): 299-309.
- [16] Lorenzini M, Anastasiou Z, O'Mahony C, et al. Mortality among referral patients with hypertrophic cardiomyopathy vs the general European population[J]. JAMA Cardiol, 2020, 5(1): 73-80.
- [17] Raman B, Smillie RW, Mahmod M, et al. Incremental value of left atrial booster and reservoir strain in predicting atrial fibrillation in patients with hypertrophic cardiomyopathy: a cardiovascular magnetic resonance study[J]. J Cardiovasc Magn Reson, 2021, 23(1): 109.
- [18] Yang Y, Yin G, Jiang Y, et al. Quantification of left atrial function in patients with non-obstructive hypertrophic cardiomyopathy by cardiovascular magnetic resonance feature tracking imaging: a feasibility and reproducibility study[J]. J Cardiovasc Magn Reson, 2020, 22(1): 1.
- [19] Li Y, Xu Y, Tang S, et al. Left atrial function predicts outcome in dilated cardiomyopathy: fast long-axis strain analysis derived from MRI[J]. Radiology, 2022, 302(1): 72-81.
- [20] Cojan-Minzat BO, Zlibut A, Muresan ID, et al. Left atrial geometry and phasic function determined by cardiac magnetic resonance are independent predictors for outcome in non-ischaemic dilated cardiomyopathy[J]. Biomedicine, 2021, 9(11): 1653.
- [21] Zile MR, Brutsaert DL. New concepts in diastolic dysfunction and diastolic heart failure: Part I: diagnosis, prognosis, and measurements of diastolic function[J]. Circulation, 2002, 105(11): 1387-1393.
- [22] 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.
- [23] Tan TS, Akbulut IM, Demirtola AI, et al. LA reservoir strain: a sensitive parameter for estimating LV filling pressure in patients with preserved EF[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2021, 37(9): 2707-2716.
- [24] Rossi A, Carluccio E, Cameli M, et al. Left atrial structural and mechanical remodelling in heart failure with reduced ejection fraction[J]. ESC Heart Fail, 2021, 8(6): 4751-4759.
- [25] Morris DA, Takeuchi M, Krisper M, et al. Normal values and clinical relevance of left atrial myocardial function analysed by speckle-tracking echocardiography: multicentre study[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2015, 16(4): 364-372.
- [26] Jasie-Szpak E, Marwick TH, Donal E, et al. Prediction of AF in heart failure with preserved ejection fraction: incremental value of left atrial strain[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2021, 14(1): 131-144.
- [27] Hopman LHGA, Mulder MJ, van der Laan AM, et al. Impaired left atrial reservoir and conduit strain in patients with atrial fibrillation and extensive left atrial fibrosis[J]. J Cardiovasc Magn Reson, 2021, 23(1): 131.
- [28] Tadic M, Cuspidi C. Left atrial function in diabetes: does it help?

[J].Acta Diabetol,2021,58(2):131-137.

[29] 中华医学会心血管病学分会精准医学学组,中华心血管病杂志编辑委员会,成人暴发性心肌炎工作组.成人暴发性心肌炎诊断与治疗中国专家共识[J].中华心血管病杂志,2017,45(9):742-752.

[30] Dick A,Schmidt B,Michels G,et al.Left and right atrial feature tracking in acute myocarditis:A feasibility study[J].Eur J Radiol,2017,89(1):72-80.

[31] Martinez-Naharro A,Hawkins PN,Fontana M.Cardiac amyloidosis[J].Clin Med (Lond),2018,18(Suppl 2):s30-s35.

[32] Nochioka K,Quarta CC,Claggett B,et al.Left atrial structure and function in cardiac amyloidosis[J].Eur Heart J Cardiovasc Imaging,2017,18(10):1128-1137.

[33] Nemes A,Piros GÁ,Domsik P,et al.Left atrial volumetric and strain analysis by three-dimensional speckle-tracking echocardiography in noncompaction cardiomyopathy: results from the MAGYAR-path study[J].Hellenic J Cardiol,2016,57(1):23-29.

[34] Zghaib T,Bourfiss M,van der Heijden JF,et al.Atrial dysfunction in arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy[J].Circ Cardiovasc Imaging,2018,11(9):e007344.

[35] Alfuhied A,Kanagala P,McCann GP,et al.Multi-modality assessment and role of left atrial function as an imaging biomarker in cardiovascular disease[J].Int J Cardiovasc Imaging,2021,37(11):3355-3369.

[36] Pathan F,Zainal Abidin HA,Vo QH,et al.Left atrial strain:a multi-modality,multi-vendor comparison study[J].Eur Heart J Cardiovasc Imaging,2021,22(1):102-110.

[37] Mazurowski MA,Buda M,Saha A,et al.Deep learning in radiology:an overview of the concepts and a survey of the state of the art with focus on MRI[J].J Magn Reson Imaging. 2019,49(4):939-954.

[38] Ferdian E,Suinesiaputra A,Fung K,et al.Fully automated myocardial strain estimation from cardiovascular MRI-tagged images using a deep learning framework in the UK biobank[J].Radiol Cardiothorac Imaging,2020,2(1):e190032.

(收稿日期:2022-04-01 修回日期:2022-09-12)

《放射学实践》杂志入选

中国医学科学院医学科学卓越期刊目录(2021 版)

近日,华中科技大学同济医学院附属同济医院《放射学实践》杂志入选中国医学科学院医学科学卓越期刊目录,是该目录中文杂志放射影像领域仅有的两本杂志之一。《放射学实践》杂志入选中国科协发布 10 大领域《我国高质量科技期刊分级目录》业内认可的较高水平期刊。

《放射学实践》创刊于 1986 年。创刊时杂志主要内容是将德国著名医学影像学杂志《Roentgen-praxis》原文翻译成中文,向中国广大放射学工作者介绍德国最新的医学影像学信息,是我国改革开放后最早的国际合作译文期刊。1996 年开始刊登国内专家学者的文章,以论著为主,涉及医学影像学的方方面面。以时代性、权威性、群众性作为刊物的定位品格,博采众长、兼收并蓄,受到广大放射学工作者的喜爱。现为 2020 年版北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目"学术期刊评价及文献计量学研究"研究成果——《中国核心期刊要目总览》。本刊为中国科学引文数据库(CSCD)核心库来源期刊、《中文核心期刊要目总览》收录期刊、中国科技核心期刊、中国高质量科技期刊分级目录临床医学领域医学影像学期刊,并在中国学术期刊分区中位列 Q1 区。