

射血分数保留的心力衰竭的影像学研究现状与进展

Research status and progress on the imaging of heart failure with preserved ejection fraction

Li Wei, Wang Xuemei

引用本文:

李维, 王雪梅. 射血分数保留的心力衰竭的影像学研究现状与进展[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2023, 47(11): 711-717.

DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202302016-00357

Li Wei, Wang Xuemei. Research status and progress on the imaging of heart failure with preserved ejection fraction[J]. *International Journal of Radiation Medicine and Nuclear Medicine*, 2023, 47(11): 711-717. DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202302016-00357

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202302016-00357>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

正电子核素心肌代谢显像剂的研究进展

Research progress of positron radionuclide myocardial metabolism imaging agents

国际放射医学核医学杂志. 2021, 45(3): 192-197 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202002041-00021>

放射性核素显像探针在细胞凋亡中的研究进展

Research progress of radionuclide imaging probes in apoptosis

国际放射医学核医学杂志. 2018, 42(6): 559-564, 576 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2018.06.015>

抑郁症相关执行功能障碍的磁共振成像研究进展

Advances in magnetic resonance imaging of depression-related executive dysfunction

国际放射医学核医学杂志. 2021, 45(12): 795-799 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202012010-00117>

影像学在先天性心脏病患儿脑发育评估及预测模型中的应用进展

Application progress of imaging in brain development assessment and prediction model of children with congenital heart disease

国际放射医学核医学杂志. 2021, 45(11): 728-732 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202106001-00096>

磁共振弹性成像技术在肿瘤中的应用及研究进展

Application and research progress of magnetic resonance elastography in cancer

国际放射医学核医学杂志. 2019, 43(2): 171-175 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.01.013>

基于骰骨MRI的糖尿病足影像组学特征

Radiomic features of diabetic foot based on cuboid magnetic resonance imaging

国际放射医学核医学杂志. 2021, 45(12): 759-766 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202011036-00122>

射血分数保留的心力衰竭的影像学研究现状与进展

李维¹ 王雪梅²

¹内蒙古医科大学影像医学与核医学专业, 呼和浩特 010050; ²内蒙古医科大学附属医院核医学科, 呼和浩特 010050

通信作者: 王雪梅, Email: wangxuemei201010@163.com

【摘要】 射血分数保留的心力衰竭(HFpEF)是一组机制复杂的临床综合征, 近年来其发病率及病死率均逐年升高。由于 HFpEF 的早期症状及体征缺乏特异性, 故其诊断具有一定的困难。随着相关影像检查技术的快速发展, 关于 HFpEF 的发病机制和病理生理改变的研究有了新的进展, 这为 HFpEF 的早期诊断及临床管理开辟了新方向。笔者主要对近年来 HFpEF 的影像学研究现状与进展进行综述。

【关键词】 心力衰竭; 超声心动描记术; 磁共振成像; 放射性核素显像

基金项目: 国家自然科学基金(82171969)

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-202302016-00357](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202302016-00357)

Research status and progress on the imaging of heart failure with preserved ejection fraction

Li Wei¹, Wang Xuemei²

¹Major of Imaging Medicine and Nuclear Medicine, Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010050, China; ²Department of Nuclear Medicine, Affiliated Hospital of Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010050, China

Corresponding author: Wang Xuemei, Email: wangxuemei201010@163.com

【Abstract】 Heart failure with preserved ejection fraction (HFpEF) is a complex clinical syndrome with complex mechanisms. The diagnosis of HFpEF is challenging due to the absence of specificity in early signs and symptoms. With the rapid development of related imaging techniques, further progress has been made in the study of the pathogenesis and pathophysiological changes of HFpEF, which opens up a new direction for the early diagnosis and clinical management of HFpEF. The paper reviews the current research status and progress on the imaging of HFpEF in recent years.

【Key words】 Heart failure; Echocardiography; Magnetic resonance imaging; Radionuclide imaging

Fund program: National Natural Science Foundation of China (82171969)

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-202302016-00357](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202302016-00357)

射血分数保留的心力衰竭(heart failure with preserved ejection fraction, HFpEF)是指左室射血分数(left ventricular ejection fractions, LVEF)≥50%的心力衰竭, 近年来, 其发病率及病死率呈逐年上升趋势。HFpEF 发病的风险因素包括高血压、冠心病、糖尿病以及肥胖等, 且女性的发病率高于男性。随着中国人口老龄化程度的加重, 对于 HFpEF 的早期诊断及相应的心功能评估已成为目前心血管研究关注的热点之一。目前, HFpEF 的诊断及评估标准尚未完全统一, 中国心力衰竭诊断和治疗指南 2018^[1]指出, HFpEF

的诊断需基于心力衰竭的症状体征、利钠肽水平升高、超声心动图 LVEF≥50%, 且符合以下至少 1 条: (1)左心室肥厚和(或)左心房扩大; (2)心脏舒张功能异常。2019 年欧洲心脏病学会心力衰竭协会(ESC-HFA)建议将 HFpEF 的诊断分为以下 4 个步骤^[2]: (1)初始评估, 即评估患者有无心力衰竭的症状和体征, 是否存在危险因素和合并症; (2)超声心动图检查和利钠肽水平的检测; (3)功能性测试, 主要通过运动负荷超声心动图检查和血流动力学监测来进行; (4)病因学检查, 即通过特殊的影像检查和实验室检查来明

确病因。

随着对 HFpEF 研究的深入, 影像技术在 HFpEF 中的应用日益受到重视。临床常用的影像检查技术包括超声心动图、心脏磁共振 (cardiac magnetic resonance, CMR)、核素显像, 它们分别针对心血管结构和功能的改变、血流动力学改变、心脏自主神经功能异常及心肌损伤等方面为 HFpEF 的早期诊断和病情监测提供有价值的信息。本文将就 HFpEF 的影像学研究现状与进展进行综述。

1 背景

HFpEF 的发病机制尚未完全明确, 其病理生理改变主要包括心肌肥厚、心肌纤维化以及心肌浸润等, 这些改变共同引起心脏舒张功能障碍、室壁僵硬, 使心肌的顺应性下降、心脏负荷过重, 最终导致左心室充盈异常并继发充盈压的升高^[3]。相关的 I-Preserve 研究结果显示, 大多数 HFpEF 患者存在左心室肥厚或向心性重构、左心室面积增大和舒张功能障碍; 同时, 进一步的多变量分析结果表明, 这些结构和功能变化的存在与 HFpEF 发病率和死亡率的增加独立相关^[4]。因此, 基于心脏结构学和功能学改变的影像评估可为 HFpEF 的研究提供重要信息。

近年来的研究结果显示, 心脏自主神经功能失调及心肌纤维化发生在心脏结构和功能改变之前, 可能是导致心肌细胞坏死、心室重塑及 HFpEF 发生的主要原因^[5]。并且, 相关研究结果提示, 神经内分泌系统异常激活导致心室重构、室性心律失常和心肌细胞凋亡是 HFpEF 发生和预后不良的关键因素^[6]。目前, 对交感神经功能变化和纤维化程度的评估正逐渐成为 HFpEF 相关研究的热点。

2 HFpEF 的影像检查

2.1 超声心动图

超声心动图包括多种成像模式, 可反映心脏功能障碍的指标较多, 并且具有经济实惠、临床普及度高等特点, 可作为评估 HFpEF 患者心脏功能的常规检查。目前, 经胸超声心动图是诊断 HFpEF 最主要的手段, 也是评估心力衰竭患者心功能参数的首选方法, 已被应用于多个 HFpEF 诊断的评分标准中。近年来新发布的 H₂FPEF 评分和 HFA-PEFF 评分同样强调了超声检查的必要性^[7-8]。超声检查主要包括对心脏形态学和舒张功能的评估, 常用指标包括: 左心房容积指数 (left atrium volume index, LAVI)、舒张早期二尖瓣充盈速度 (E) 与组织运动速度 (e') 的比值 (E/e')、左心室室壁厚度、三尖瓣反流速度等。

左心室充盈压升高是舒张功能障碍的主要结局。HFpEF 患者左心室舒张末压升高可引起主动收缩射血能力下降, 使左心房压力增加、容积增大。LAVI 为左心房容积

与体表面积的比值, 是临床评估左心房容量负荷及左心功能的常用指标, 其能相对准确地反映左心室舒张功能不全的程度, 对左心室充盈压升高的反映和心血管事件预后的预测也均有明显优势。目前, LAVI > 34 ml/m² 已广泛应用于 HFpEF 的临床诊断^[9]。

E/e' 是超声心动图多普勒组织成像技术的衍生指标, 其值的升高与平均肺毛细血管楔压的升高密切相关, 可通过反映二尖瓣环运动的变化评估左心室充盈压, 常用于评估患者的心脏舒张功能, 在诊断 HFpEF 时具有较高的特异度^[4, 10]。有研究结果显示, E/e' 与左心室充盈压的侵入性测量结果显著相关, 并且 E/e' 值的升高往往提示患者预后不良。但是, 多普勒组织成像技术仅测量组织运动的绝对速度, 无法区分主动运动和被动运动, 因此在伴有严重二尖瓣病变以及限制型心肌病的患者群体中的参考价值有限^[11]。

三尖瓣反流速度可反映肺动脉压的变化, 是评估 HFpEF 患者心脏舒张功能的重要指标。左心功能障碍可导致右心后负荷增加, 肺动脉压力升高, 进而导致右心扩大、三尖瓣环扩张, 出现三尖瓣反流。此时的三尖瓣反流提示着右心功能的降低, 对预测 HFpEF 的病死率具有重要价值。近年来有研究者通过半定量测量缩流颈宽度等对三尖瓣反流的严重程度进行评估, 结果显示其测量结果与患者因心血管疾病死亡、心肌梗死等混合事件的发生显著相关, 并且其在预后评估中相较传统三尖瓣反流测量方法不易受到右心室重塑和肺动脉压改变的影响, 有望实现对 HFpEF 患者的风险分层^[12]。

近年来, 运动负荷超声心动图受到了越来越多的关注。部分无症状或者有轻度充血症状的 HFpEF 患者只有在运动后才会出现左心室充盈压的升高, 且右心导管检测对此类患者的灵敏度也较差^[13]。运动负荷超声心动图可以辅助诊断静息时血流动力学未见明显异常的可疑 HFpEF 患者^[14]。相关研究结果表明, 这些仅在运动负荷检查中出现血流动力学异常的 HFpEF 患者往往会出现运动能力降低且预后不良^[15]。但需要注意的是, 运动负荷超声心动图的成像质量较差, 部分患者仍需进一步行侵入性血流动力学检测以明确诊断。

此外, 斑点追踪成像技术可以通过追踪心肌的位移情况评估心脏周期中心肌的应变, 评价心脏的收缩和舒张功能, 从而辅助 HFpEF 的诊断。斑点追踪成像技术测得的心肌应变并非是对心肌收缩力的单纯测量, 相关的研究结果提示左室纵向应变的增加同 LVEF 一样, 可反映心脏后负荷的增加^[16]。相关研究结果提示, 心肌应变率在检测亚临床心肌病变方面比单纯的二维超声更为灵敏, 能够更早地检测到心肌的损伤, 有助于区分 HFpEF 的潜在病因^[17]。最近的研究结果显示, 心肌整体纵向应变受损可以预测

HFpEF的表型,进而评估心脏不良事件发生的可能^[18-19]。另有研究表明,将LAVI与心肌应变的相关参数结合用于评估HFpEF的心脏功能,可显著提高患者左心室舒张功能减低及左心室充盈压升高的检出率^[20]。

2.2 CMR

与传统超声心动图相比,CMR图像质量较高,可以无创、全面地评估心脏结构、功能和心肌活性等信息,并且能够定量分析心肌质量及心肌组织特征,做到“一站式”检查。

CMR有良好的组织分辨率,并且不受声学窗口的限制,是心脏结构和功能评估的“金标准”。Vassiliou等^[21]的研究结果提示,HFpEF患者左心房的体积增大通常提示其预后不良,而CMR可通过评价治疗后左心房体积的变化反映HFpEF患者的临床治疗效果。而CMR相对对比血流检测技术可直接测量平面图像的血流,进而得到二尖瓣的流入量和组织运动速度,其结果与超声心动图的一致性良好,可用于评估HFpEF患者的血流动力学改变^[22]。此外,最近的HFpEF-Stress试验将运动CMR与右心导管侵入性检查进行比较,结果显示运动CMR能够高度准确地识别HFpEF。其中,运动应激期间的左心房长轴缩短被认为是HFpEF的独立预测因子^[23]。

近年来,关于CMR特征跟踪技术的研究逐渐增多。此项技术无需扫描额外序列即可追踪心动周期中的心肌变形,通过检测心肌应变和心肌应变率可实现对心肌节段和整体舒缩功能的评估。Rankin等^[24]发现,CMR特征跟踪技术测得的纵向应变是复合终点事件的独立预测因子,提示了CMR特征跟踪技术在评估HFpEF预后中的潜在价值。

以上检查方法可以较好地评估心脏结构、功能等信息,但是其评价结果尚达不到早期发现HFpEF的目的,因而需要更多更先进的手段为HFpEF患者提供早期诊断和治疗的依据,以改善其生活质量,降低心血管事件的发生率和病死率。HFpEF患者在早期即可出现心肌僵硬度的增加,这与疾病早期心肌的纤维化密切相关,是发生心脏舒张功能障碍的基础。

相较于超声心动图,CMR可通过多参数成像评估心肌的纤维化程度,反映心肌僵硬。CMR的广泛应用可能有助于解决HFpEF常见的心肌纤维化病变的诊断问题。

心肌延迟强化(late gadolinium enhancement, LGE)目前被认为是无创性检测心肌纤维化的“金标准”,其基于对心肌质量的评价,可辅助HFpEF的鉴别诊断,并对HFpEF的危险因素心肌淀粉样变进行早期检测。目前,LGE在评价缺血性心肌病或非缺血性心肌病的心肌纤维化方面均已得到了广泛认可^[25]。相关研究表明,LGE技术检出的心肌纤维化可以独立预测HFpEF患者心源性死亡以及失代

偿性心衰入院的风险,因此有助于HFpEF的风险分层^[26]。

T1 mapping技术是一种新兴的CMR定量组织表征技术,可将心肌的纤维化程度量化为细胞外容积分数,从而实现无创对心肌组织的局限性和弥漫性纤维化的定量评价,并有望实现对HFpEF的早期诊断^[27]。在HFpEF患者中,细胞外容积分数的增高可反映心肌的弥漫性纤维化,并与心血管事件发生率及死亡风险的升高相关^[28]。Kanagala等^[29]发现,与体表面积相关的心肌细胞外容积分数指数与心室重构和肾功能不全显著相关,可以预测HFpEF患者的不良结局。

但是,相较于超声心动图,CMR检查的扫描时间较长,时间分辨率和空间分辨率较低,其测量结果更容易受到患者的心跳及活动的影响,部分心律失常患者应慎用。

2.3 核素显像

核素显像可通过追踪放射性示踪剂在体内的分布或代谢情况,并通过SPECT或PET技术实现对心肌病变的评价。

冠状动脉微血管功能障碍可能造成微血管灌注不足,使心功能进一步恶化,促使HFpEF向射血分数降低的心力衰竭(HFrEF)发展。因此,心肌缺血的评估对于HFpEF患者的临床管理具有重要的意义。核素心肌灌注显像是评价心肌供血情况的重要影像技术,其可通过计算得出心肌血流量及心肌血流储备值,应用于心脏血流灌注情况的分析^[30]。Srivaratharajah等^[31]的研究结果显示,美国纽约心脏病学会(NYHA)心功能分级为3~4级的患者的心肌血流储备值明显低于美国纽约心脏病学会(NYHA)心功能分级为1~2级的患者,这表明心肌灌注显像可通过评价微血管灌注实现对HFpEF的早期评估。并且有研究结果显示,在没有明显冠状动脉疾病的HFpEF患者中,冠状动脉血流储备的受损和舒张功能障碍的存在与心脏不良事件发生风险的显著增加有关,这表明冠状动脉微血管的缺血可能在HFpEF的病理生理学中起重要作用^[32]。此外,基于碲锌镉探测器的心脏专用D-SPECT成像设备相较传统SPECT设备对于心肌血流的评估更为快速精确,有望替代PET心肌血流灌注显像进行定量分析。

近年来,心肌淀粉样变已成为HFpEF治疗中的研究热点。心肌淀粉样变是一种限制性和肥厚性心肌病,其病因为蛋白错误折叠,形成淀粉样物质后沉积于心肌间质,最终可导致心室肥厚和心力衰竭。研究表明,许多HFpEF患者可检测到心肌淀粉样变^[33-34]。相比CMR检查,核素显像对心肌淀粉样变的诊断具有良好的灵敏度和特异度,可为淀粉样变的分型提供进一步的诊断信息^[35]。一项基于¹⁸F-氟哌啶PET显像的研究结果证明了核素显像对于探测心肌淀粉样变的潜在价值,这对心肌淀粉样变未来的研究和临床治疗具有重要意义^[36]。

随着核医学显像仪器的快速发展和新型放射性药物的广泛应用, HFpEF 在分子病理生理学和神经激素水平上的改变愈发受到重视。多项研究结果表明, 心脏交感神经系统的激活在心力衰竭的病理生理过程中起着关键性的作用^[5-6]。当发生 HFpEF 时, 心脏交感神经系统过度活跃并可出现心肌交感神经支配的受损, 这种心肌交感神经支配受损已被证明与 HFpEF 患者进行性发展的左心舒张功能降低密切相关^[37]。

心脏交感神经受体显像是利用¹¹C-间羟基麻黄素(¹¹C-hydroxyephedrine, ¹¹C-HED)、¹²³I-间碘苄胍(¹²³I-metaiodobenzylguanidine, ¹²³I-MIBG)等儿茶酚胺类似物标记的显像剂, 参与肾上腺素能神经递质的生物合成与释放过程, 对心脏交感神经的活动进行标记并显像, 从而可以评价心脏交感神经功能, 目前有望应用于 HFpEF 的早期诊断与预后评估。

心脏¹²³I-MIBG SPECT 显像可通过心脏 17 或 20 段分法对显像剂摄取进行评分并计算总缺损得分, 也可通过计算早期或晚期心脏/纵隔放射性计数的比值及¹²³I-MIBG 清除率对心脏交感神经功能进行评估, 并且其结果具有高度可重复性和可行性^[38]。ADMIRE-HF 等相关研究结果表明, 心力衰竭患者晚期心脏/纵隔放射性计数比值的降低和(或)¹²³I-MIBG 清除率的增加可以作为心脏衰竭病情进展和致死性心脏事件发生的独立预测因子^[39-40]。此外, Seo 等^[41]的研究结果表明, 总缺损得分与左心室质量指数显著相关, 缺损得分为高分的患者发生心脏事件的风险显著高于中或低分患者, 并且高分患者的¹²³I-MIBG 清除率也显著高于低分患者。目前, HFpEF 患者¹²³I-MIBG 显像结果异常已被证实与致命性的心律失常相关, 并可为 HFpEF 提供重要的预后信息, 应用于临床 HFpEF 患者的管理^[42-43]。

目前最常用的 PET 心脏交感神经受体显像技术为¹¹C-HED 显像, 其可定量测量放射性计数, 并通过计算显像剂分布容积和滞留指数, 反映交感神经密度, 使心脏交感神经去

神经支配的整体和分段分析成为可能^[43]。de Haan 等^[44]通过比较 LGE 和¹¹C-HED PET 显像, 发现交感神经的局部支配缺损与 HFpEF 患者的心脏收缩功能障碍和纤维化程度有关, 证明了¹¹C-HED PET 检查可为 HFpEF 患者的心肌损害提供相对完整的衡量标准。

随着对心脏交感神经受体显像研究的进一步深入, 肾上腺素类显像剂¹¹C-肾上腺素和¹¹C-去甲肾上腺素被发现同样可以评估心脏的交感神经支配, 并可以显示儿茶酚胺摄取、代谢和囊泡储存的整个过程, 因此, 研究人员预测其能更好地反映交感神经囊泡的储存功能, 对交感神经病变的检测也更加灵敏^[36, 45]。近年来的研究结果表明, 新型的 PET 示踪剂¹⁸F-氟溴苯烷克服了¹¹C 标记显像剂的半衰期较短、临床应用受限等问题, 在缺血性和非缺血性心力衰竭患者中的分布与¹¹C-HED 相当, 有望在今后的研究中提供更全面的信息^[46]。目前, 心脏神经受体显像应用于 HFpEF 的研究仍相对较少, 但这种非侵入性的检查可以准确评估心脏交感神经活性, 并与临床结果密切相关, 证实了交感神经系统的过度活跃是心力衰竭的重要病理生理改变, 有望被进一步应用于 HFpEF 的临床研究。

此外, PET/MRI 技术将 PET 的分子显像与 MRI 的软组织对比良好、多参数显像且分辨率高的优势相结合, 达到优势互补, 已应用于动脉粥样硬化、缺血性心肌病、心肌淀粉样病变等疾病领域^[47]。虽然目前尚缺少 PET/MRI 用于评估 HFpEF 的报道, 但其具有同时评价心脏交感神经功能和心肌纤维化程度的能力, 可以“一站式”完成对 HFpEF 的全面评估, 可能在今后进一步简化 HFpEF 的诊断步骤并推动 HFpEF 的精准诊疗。

与传统影像方法相比, 核素显像可以在心脏结构和血流动力学改变发生前探测到心肌的病理改变, 但目前对于 HFpEF 的研究相对有限, 主要集中在病因学及病理生理学方面。不同影像检查方法在 HFpEF 中的应用的比较见表 1。

表 1 射血分数保留的心力衰竭的不同影像检查方法的比较

Table 1 Comparison of different imaging methods in heart failure with preserved ejection fraction

检查方法	优势	劣势	应用
超声心动图	经济实惠、临床普及度高、适用于紧急情况下的评估	图像质量不稳定、结果受操作者主观因素影响	可作为常规检查, 全面且可重复地评估心脏结构、血流动力学改变及心肌应变和应变率, 并进一步提供在运动或静息状态下的心功能改变信息
心脏磁共振	图像质量较高、可定量分析心肌质量及心肌组织特征	存在禁忌证、成本较高	为心脏解剖学评估的“金标准”, 可对心脏结构及功能进行进一步精准分析; 并可采用心肌延迟强化技术评估心肌纤维化, 采用 T1 和 T2 mapping 技术进一步进行定量分析
核素显像	多种示踪剂显像、功能显像与解剖显像相结合、可探测分子水平的改变	存在禁忌证、存在辐射暴露、成本较高	主要应用于病因学研究, 并可在对高血压性心脏病、糖尿病性心脏病、冠状动脉粥样硬化性心脏病等慢性病共病的评估中实现对 HFpEF 的早期诊断

注: HFpEF 为射血分数保留的心力衰竭

3 小结与展望

综上所述, HFpEF 是一种复杂的临床综合征, 目前关于 HFpEF 的早期诊断和心脏功能评估仍存在挑战和争论。虽然传统的超声心动图和 CMR 可以对左心室收缩和舒张功能进行良好的监测, 但随着影像技术的不断发展, 先进的多模态成像技术的联合应用可做到心肌组织特征评估和功能定量分析, 能够更加全面地评估 HFpEF 患者心脏结构及功能的改变。其中, 心脏神经受体显像技术能够探测并量化心脏自主神经的重要信息, 提供其他心脏检查无法提供的视角, 其应用有望对 HFpEF 的复杂病理生理机制进行更多的研究, 以帮助筛查和检测特定病因, 并进行早期诊断及更好地风险分层, 从而指导临床治疗决策。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 李维负责文献的检索、综述的撰写; 王雪梅负责命题的提出、综述的审阅与修改

参 考 文 献

- [1] 中华医学会心血管病学分会心力衰竭学组, 中国医师协会心力衰竭专业委员会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国心力衰竭诊断和治疗指南 2018[J]. *中华心血管病杂志*, 2018, 46(10): 760-789. DOI: [10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.10.004](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.10.004).
Heart Failure Group of Chinese Society of Cardiology of Chinese Medical Association, Chinese Heart Failure Association of Chinese Medical Doctor Association, Editorial Board of Chinese Journal of Cardiology. Chinese guidelines for the diagnosis and treatment of heart failure 2018[J]. *Chin J Cardiol*, 2018, 46(10): 760-789. DOI: [10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.10.004](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.10.004).
- [2] Seferovic PM, Ponikowski P, Anker SD, et al. Clinical practice update on heart failure 2019: pharmacotherapy, procedures, devices and patient management. An expert consensus meeting report of the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology[J]. *Eur J Heart Fail*, 2019, 21(10): 1169-1186. DOI: [10.1002/ehf.1531](https://doi.org/10.1002/ehf.1531).
- [3] Kjeldsen SE, von Lueder TG, Smiseth OA, et al. Medical therapies for heart failure with preserved ejection fraction[J]. *Hypertension*, 2020, 75(1): 23-32. DOI: [10.1161/HYPERTENSIONAHA.119.14057](https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.119.14057).
- [4] Zile MR, Gottdiener JS, Hetzel SJ, et al. Prevalence and significance of alterations in cardiac structure and function in patients with heart failure and a preserved ejection fraction[J]. *Circulation*, 2011, 124(23): 2491-2501. DOI: [10.1161/CIRCULATIONAHA.110.011031](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.011031).
- [5] Travin MI. Cardiac neuronal imaging at the edge of clinical application[J]. *Cardiol Clin*, 2009, 27(2): 311-327. DOI: [10.1016/j.ccl.2008.12.007](https://doi.org/10.1016/j.ccl.2008.12.007).
- [6] Schwartz PJ, De Ferrari GM. Sympathetic-parasympathetic interaction in health and disease: abnormalities and relevance in heart failure[J]. *Heart Fail Rev*, 2011, 16(2): 101-107. DOI: [10.1007/s10741-010-9179-1](https://doi.org/10.1007/s10741-010-9179-1).
- [7] Reddy YNV, Carter RE, Obokata M, et al. A simple, evidence-based approach to help guide diagnosis of heart failure with preserved ejection fraction[J]. *Circulation*, 2018, 138(9): 861-870. DOI: [10.1161/CIRCULATIONAHA.118.034646](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.118.034646).
- [8] Pieske B, Tschöpe C, de Boer RA, et al. How to diagnose heart failure with preserved ejection fraction: the HFA-PEFF diagnostic algorithm: a consensus recommendation from the Heart Failure Association (HFA) of the European Society of Cardiology (ESC)[J]. *Eur J Heart Fail*, 2020, 22(3): 391-412. DOI: [10.1002/ehf.1741](https://doi.org/10.1002/ehf.1741).
- [9] Almeida P, Rodrigues J, Lourenço P, et al. Left atrial volume index is critical for the diagnosis of heart failure with preserved ejection fraction[J]. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)*, 2018, 19(6): 304-309. DOI: [10.2459/JCM.0000000000000651](https://doi.org/10.2459/JCM.0000000000000651).
- [10] Singh A, Carvalho Singulane C, Miyoshi T, et al. Normal values of left atrial size and function and the impact of age: results of the world alliance societies of echocardiography study[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2022, 35(2): 154-164.e3. DOI: [10.1016/j.echo.2021.08.008](https://doi.org/10.1016/j.echo.2021.08.008).
- [11] Ho CY, Solomon SD. A clinician's guide to tissue Doppler imaging[J]. *Circulation*, 2006, 113(10): e396-e398. DOI: [10.1161/CIRCULATIONAHA.105.579268](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.105.579268).
- [12] Harada T, Obokata M, Omote K, et al. Independent and incremental prognostic value of semiquantitative measures of tricuspid regurgitation severity in heart failure with preserved ejection fraction[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2021, 22(12): 1443-1451. DOI: [10.1093/ehjci/jeaa264](https://doi.org/10.1093/ehjci/jeaa264).
- [13] Obokata M, Kane GC, Reddy YNV, et al. Role of diastolic stress testing in the evaluation for heart failure with preserved ejection fraction: a simultaneous invasive-echocardiographic study[J]. *Circulation*, 2017, 135(9): 825-838. DOI: [10.1161/CIRCULATIONAHA.116.024822](https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.024822).
- [14] Belyavskiy E, Morris DA, Url-Michitsch M, et al. Diastolic stress test echocardiography in patients with suspected heart failure with preserved ejection fraction: a pilot study[J/OL]. *ESC Heart Fail*, 2019, 6(1): 146-153[2023-02-13]. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ehf2.12375>. DOI: [10.1002/ehf2.12375](https://doi.org/10.1002/ehf2.12375).
- [15] Donal E, Lund LH, Oger E, et al. Value of exercise echocardiography in heart failure with preserved ejection fraction: a substudy from the KaRen study[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2016, 17(1): 106-113. DOI: [10.1093/ehjci/jev144](https://doi.org/10.1093/ehjci/jev144).
- [16] Aalen J, Storsten P, Remme EW, et al. Afterload hypersensitivity in patients with left bundle branch block[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2019, 12(6): 967-977. DOI: [10.1016/j.jcmg.2017.11.025](https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2017.11.025).
- [17] Lee JH, Park JH. Role of echocardiography in clinical

- hypertension[J/OL]. *Clin Hypertens*, 2015, 21: 9[2023-02-13]. <https://clinicalhypertension.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40885-015-0015-8>. DOI: 10.1186/s40885-015-0015-8.
- [18] Park JJ, Mebazaa A, Hwang IC, et al. Phenotyping heart failure according to the longitudinal ejection fraction change: myocardial strain, predictors, and outcomes[J/OL]. *J Am Heart Assoc*, 2020, 9(12): e015009[2023-02-13]. <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/JAHA.119.015009>. DOI: 10.1161/JAHA.119.015009.
- [19] Gozdzik A, Marwick TH, Przewlocka-Kosmala M, et al. Comparison of left ventricular longitudinal systolic function parameters in the prediction of adverse outcome in heart failure with preserved ejection fraction[J/OL]. *ESC Heart Fail*, 2021, 8(2): 1531–1540[2023-02-13]. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ehf2.13247>. DOI: 10.1002/ehf2.13247.
- [20] Morris DA, Belyavskiy E, Aravind-Kumar R, et al. Potential usefulness and clinical relevance of adding left atrial strain to left atrial volume index in the detection of left ventricular diastolic dysfunction[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2018, 11(10): 1405–1415. DOI: 10.1016/j.jcmg.2017.07.029.
- [21] Vassiliou VS, Patel HC, Rosen SD, et al. Left atrial dilation in patients with heart failure and preserved ejection fraction: insights from cardiovascular magnetic resonance[J]. *Int J Cardiol*, 2016, 210: 158–160. DOI: 10.1016/j.ijcard.2016.02.101.
- [22] Buss SJ, Krautz B, Schnackenburg B, et al. Classification of diastolic function with phase-contrast cardiac magnetic resonance imaging: validation with echocardiography and age-related reference values[J]. *Clin Res Cardiol*, 2014, 103(6): 441–450. DOI: 10.1007/s00392-014-0669-3.
- [23] Backhaus SJ, Lange T, George EF, et al. Exercise stress real-time cardiac magnetic resonance imaging for noninvasive characterization of heart failure with preserved ejection fraction: the HFpEF-stress trial[J]. *Circulation*, 2021, 143(15): 1484–1498. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.120.051542.
- [24] Rankin AJ, Zhu LK, Mangion K, et al. Global longitudinal strain by feature-tracking cardiovascular magnetic resonance imaging predicts mortality in patients with end-stage kidney disease[J]. *Clin Kidney J*, 2021, 14(10): 2187–2196. DOI: 10.1093/ckj/sfab020.
- [25] Pieske B, Tschöpe C, de Boer RA, et al. How to diagnose heart failure with preserved ejection fraction: the HFA-PEFF diagnostic algorithm: a consensus recommendation from the Heart Failure Association (HFA) of the European Society of Cardiology (ESC)[J]. *Eur Heart J*, 2019, 40(40): 3297–3317. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz641.
- [26] Kato S, Saito N, Kirigaya H, et al. Prognostic significance of quantitative assessment of focal myocardial fibrosis in patients with heart failure with preserved ejection fraction[J]. *Int J Cardiol*, 2015, 191: 314–319. DOI: 10.1016/j.ijcard.2015.05.048.
- [27] Mordi IR, Singh S, Rudd A, et al. Comprehensive echocardiographic and cardiac magnetic resonance evaluation differentiates among heart failure with preserved ejection fraction patients, hypertensive patients, and healthy control subjects[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2018, 11(4): 577–585. DOI: 10.1016/j.jcmg.2017.05.022.
- [28] Roy C, Slimani A, de Meester C, et al. Associations and prognostic significance of diffuse myocardial fibrosis by cardiovascular magnetic resonance in heart failure with preserved ejection fraction[J]. *J Cardiovasc Magn Reson*, 2018, 20(1): 55. DOI: 10.1186/s12968-018-0477-4.
- [29] Kanagala P, Cheng ASH, Singh A, et al. Relationship between focal and diffuse fibrosis assessed by CMR and clinical outcomes in heart failure with preserved ejection fraction[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2019, 12(11 Pt 2): 2291–2301. DOI: 10.1016/j.jcmg.2018.11.031.
- [30] deKemp RA, Renaud JM, Klein R, et al. Radionuclide tracers for myocardial perfusion imaging and blood flow quantification[J]. *Cardiol Clin*, 2016, 34(1): 37–46. DOI: 10.1016/j.ccl.2015.08.001.
- [31] Srivaratharajah K, Coutinho T, deKemp R, et al. Reduced myocardial flow in heart failure patients with preserved ejection fraction[J]. *Circ Heart Fail*, 2016, 9(7): e002562. DOI: 10.1161/CIRCHEARTFAILURE.115.002562.
- [32] Taqueti VR, Solomon SD, Shah AM, et al. Coronary microvascular dysfunction and future risk of heart failure with preserved ejection fraction[J]. *Eur Heart J*, 2018, 39(10): 840–849. DOI: 10.1093/eurheartj/ehx721.
- [33] Bennani Smires Y, Victor G, Ribes D, et al. Pilot study for left ventricular imaging phenotype of patients over 65 years old with heart failure and preserved ejection fraction: the high prevalence of amyloid cardiomyopathy[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2016, 32(9): 1403–1413. DOI: 10.1007/s10554-016-0915-z.
- [34] Hahn VS, Yanek LR, Vaishnav J, et al. Endomyocardial biopsy characterization of heart failure with preserved ejection fraction and prevalence of cardiac amyloidosis[J]. *JACC Heart Fail*, 2020, 8(9): 712–724. DOI: 10.1016/j.jchf.2020.04.007.
- [35] Brownrigg J, Lorenzini M, Lumley M, et al. Diagnostic performance of imaging investigations in detecting and differentiating cardiac amyloidosis: a systematic review and meta-analysis[J/OL]. *ESC Heart Fail*, 2019, 6(5): 1041–1051 [2023-02-13]. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ehf2.12511>. DOI: 10.1002/ehf2.12511.
- [36] Cuddy SAM, Bravo PE, Falk RH, et al. Improved quantification of cardiac amyloid burden in systemic light chain amyloidosis: redefining early disease?[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2020, 13(6): 1325–1336. DOI: 10.1016/j.jcmg.2020.02.025.
- [37] Aikawa T, Naya M, Obara M, et al. Impaired myocardial sympathetic innervation is associated with diastolic dysfunction in heart failure with preserved ejection fraction: ¹¹C-hydroxyephedrine PET study[J]. *J Nucl Med*, 2017, 58(5):

- 784–790. DOI: [10.2967/jnumed.116.178558](https://doi.org/10.2967/jnumed.116.178558).
- [38] Bateman TM, Ananthasubramaniam K, Berman DS, et al. Reliability of the ^{123}I -MIBG heart/mediastinum ratio: results of a multicenter test-retest reproducibility study[J]. *J Nucl Cardiol*, 2019, 26(5): 1555–1565. DOI: [10.1007/s12350-017-1183-6](https://doi.org/10.1007/s12350-017-1183-6).
- [39] Jacobson AF, Senior R, Cerqueira MD, et al. Myocardial iodine-123 *meta*-iodobenzylguanidine imaging and cardiac events in heart failure: results of the prospective ADMIRE-HF (AdreView Myocardial Imaging for Risk Evaluation in Heart Failure) study[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2010, 55(20): 2212–2221. DOI: [10.1016/j.jacc.2010.01.014](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.01.014).
- [40] Kiuchi MG, Nolde JM, Villacorta H, et al. New approaches in the management of sudden cardiac death in patients with heart failure—targeting the sympathetic nervous system[J/OL]. *Int J Mol Sci*, 2019, 20(10): 2430[2023-02-13]. <https://www.mdpi.com/1422-0067/20/10/2430>. DOI: [10.3390/ijms20102430](https://doi.org/10.3390/ijms20102430).
- [41] Seo M, Yamada T, Tamaki S, et al. Prognostic significance of cardiac ^{123}I -MIBG SPECT imaging in heart failure patients with preserved ejection fraction[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2022, 15(4): 655–668. DOI: [10.1016/j.jcmg.2021.08.003](https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2021.08.003).
- [42] Hashimoto H, Nakanishi R, Mizumura S, et al. Prognostic values of ^{123}I -MIBG myocardial scintigraphy and heart rate variability in patients with heart failure with preserved ejection fraction[J]. *J Nucl Cardiol*, 2020, 27(3): 833–842. DOI: [10.1007/s12350-018-01494-x](https://doi.org/10.1007/s12350-018-01494-x).
- [43] Thackeray JT, Bengel FM. Assessment of cardiac autonomic neuronal function using PET imaging[J]. *J Nucl Cardiol*, 2013, 20(1): 150–165. DOI: [10.1007/s12350-012-9644-4](https://doi.org/10.1007/s12350-012-9644-4).
- [44] de Haan S, Rijnierse MT, Harms HJ, et al. Myocardial denervation coincides with scar heterogeneity in ischemic cardiomyopathy: a PET and CMR study[J]. *J Nucl Cardiol*, 2016, 23(6): 1480–1488. DOI: [10.1007/s12350-015-0316-z](https://doi.org/10.1007/s12350-015-0316-z).
- [45] Lautamaki R, Sasano T, Higuchi T, et al. Multiparametric molecular imaging provides mechanistic insights into sympathetic innervation impairment in the viable infarct border zone[J]. *J Nucl Med*, 2015, 56(3): 457–463. DOI: [10.2967/jnumed.114.149971](https://doi.org/10.2967/jnumed.114.149971).
- [46] Zelt JGE, Britt D, Mair BA, et al. Regional distribution of fluorine-18-fluorobenguane and carbon-11-hydroxyephedrine for cardiac PET imaging of sympathetic innervation[J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2021, 14(7): 1425–1436. DOI: [10.1016/j.jcmg.2020.09.026](https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2020.09.026).
- [47] Cardoso R, Leucker TM. Applications of PET-MR imaging in cardiovascular disorders[J]. *PET Clin*, 2020, 15(4): 509–520. DOI: [10.1016/j.cpet.2020.06.007](https://doi.org/10.1016/j.cpet.2020.06.007).

(收稿日期: 2023-02-14)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

2023 年本刊可直接使用缩写形式的常用词汇

ATP(adenosine-triphosphate), 三磷酸腺苷
 AUC(area under curve), 曲线下面积
 CI(confidence interval), 置信区间
 CT(computed tomography), 计算机断层摄影术
 CV(coefficient of variation), 变异系数
 DNA(deoxyribonucleic acid), 脱氧核糖核酸
 DTC(differentiated thyroid cancer), 分化型甲状腺癌
 DTPA(diethylene-triaminepentaacetic acid), 二亚乙基三胺五乙酸
 DWI(diffusion weighted imaging), 弥散加权成像
 FDG(fluorodeoxyglucose), 氟脱氧葡萄糖
 MDP(methylenediphosphonate), 亚甲基二膦酸盐
 MIBI(methoxyisobutylisonitrile), 甲氧基异丁基异腈
 MRI(magnetic resonance imaging), 磁共振成像
 MTT(3-(4, 5-dimethylthiazol-2-yl)-2, 5-diphenyltetrazolium bromide), 3-(4, 5-二甲基噻唑-2)-2, 5-二苯基四氮唑溴盐
 PBS(phosphate-buffered solution), 磷酸盐缓冲液
 PCR(polymerase chain reaction), 聚合酶链反应
 PET(positron emission tomography), 正电子发射断层显像术
 RBC(red blood cell), 红细胞
 RNA(ribonucleic acid), 核糖核酸
 ROC(receiver operating characteristic), 受试者工作特征

ROI(region of interest), 感兴趣区
 SER(sensitization enhancement ratio), 放射增敏比
 SPECT(single photon emission computed tomography), 单光子发射计算机断层摄影术
 SUV(standardized uptake value), 标准化摄取值
 SUV_{max}(maximum standardized uptake value), 最大标准化摄取值
 SUV_{mean}(mean standardized uptake value), 平均标准化摄取值
 SUV_{min}(minimum standardized uptake value), 最小标准化摄取值
 T1WI(T1 weighted image), T1加权成像
 T2WI(T2 weighted image), T2加权成像
 T₃(triiodothyronine), 三碘甲状腺原氨酸
 T₄(thyroxine), 甲状腺素
 TNF(tumor necrosis factor), 肿瘤坏死因子
 TNM(tumor, node, metastasis), 肿瘤、淋巴结、转移
 T/NT(the ratio of target to non-target), 靶/非靶比值
 TSH(thyroid-stimulating hormone), 促甲状腺激素
 WBC(white blood cell), 白细胞
 WHO(world health organization), 世界卫生组织

本刊编辑部