

· 专家述评 ·



李 潜，教授，主任医师，郑州大学硕士研究生导师，郑州大学附属肿瘤医院超声医学科与超声介入病区主任。河南省学术技术带头人，河南省卫生健康中青年学科带头人，“5451”留学归国人员，河南省医师协会超声医师分会会长，河南省医学会超声医学分会副主任委员，中国医师协会超声医师分会浅表器官专业委员会副主任委员，中华医学会超声医学分会青年委员，中国抗癌协会肿瘤超声治疗专业委员会常务委员，河南省抗癌协会肿瘤影像专业委员会副主任委员，河南省超声医学工程学会介入专业委员会副主任委员，河南省中西医结合学会医学影像专业委员会副主任委员。从事超声诊断与介入治疗、超声造影和人工智能辅助肿瘤诊疗研究工作。近年来以第一作者与通信作者发表论文50余篇，主持省厅级课题5项，获得河南省科技成果奖和新技术引进奖5项。

肿瘤治疗相关心血管毒性多模态评估

刘春丽，李 潜

郑州大学附属肿瘤医院（河南省肿瘤医院）超声医学科，河南 郑州 450003

[摘要] 在当今医学领域中，肿瘤发病率日益上升，而肿瘤治疗相关心血管毒性（cancer therapy-related cardiovascular toxicity, CTR-CVT）成为一个不容忽视的关键议题，其对患者预后影响重大。随着肿瘤治疗手段的日益多样化与复杂化，诸如化疗、放疗、靶向治疗以及免疫治疗等，在为患者带来抗肿瘤希望的同时，也埋下了心血管毒性的隐患，影响治疗成效与患者的生存质量。鉴于此，对CTR-CVT进行准确且全面的评估显得尤为重要。本文从临床、心电图、影像、生物标志物等多维度评估心血管毒性，旨在为临床提供精准、实用的评估策略，以平衡肿瘤治疗效果与心脏安全性，改善患者生存质量和优化长期结局，提高患者生活质量。

[关键词] 肿瘤治疗；心血管毒性；多模态；评估

中图分类号：R541.9；R445.1 文献标志码：A

DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2025.01.002

基金项目：河南省科技公关项目
(242102310248)

利益冲突：无。

伦理批件：不需要。

知情同意：不需要。

引用本文：刘春丽，李 潜. 肿瘤治疗相关心血管毒性多模态评估 [J]. 肿瘤影像学, 2025, 34(1): 11-17.

Funding: Science and Technology Project Research of Henan Province (242102310248).

Conflicts of interest: no.

Ethical approval: not required.

Informed consent: not required.

Cite this article: LIU C L, LI Q. Multimodal assessment of cancer therapy-related cardiovascular toxicity [J]. Oncoradiology, 2025, 34(1): 11-17.

Multimodal assessment of cancer therapy-related cardiovascular toxicity LIU Chunli, LI Qian (Department of Ultrasound Medicine, The Affiliated Cancer Hospital of Zhengzhou University & Henan Cancer Hospital, Zhengzhou 450003, Henan Province, China)

Correspondence to: LI Qian E-mail: 754427296@qq.com

[Abstract] In the contemporary medical field, the incidence of cancer is on the rise, and cancer therapy - related cardiovascular toxicity (CTR-CVT) has become a crucial issue that cannot be overlooked, having a significant impact on the prognosis of patients. With the increasing diversification and sophistication of cancer treatment methods, including chemotherapy, radiotherapy, targeted therapy, and immunotherapy, while these offer hope for anti-tumor treatment to patients, they also carry the potential risk of cardiovascular toxicity, affecting treatment effectiveness and patients' quality of life. Therefore, it is of particular importance to

accurately and comprehensively assess CTR-CVT. This article evaluated cardiovascular toxicity from multiple dimensions such as clinical manifestations, electrocardiogram, imaging, and biomarkers, aiming to provide precise and practical assessment strategies for clinical practice. These strategies are intended to balance the efficacy of cancer treatment and cardiac safety, improve patients' quality of life, optimize long-term outcomes, and enhance patients' living standards.

[**Key words**] Cancer treatment; Cardiovascular toxicity; Multimodality; Assessment

国际癌症研究机构 (International Agency for Research on Cancer, IARC) 最新统计数据^[1]显示, 癌症新发患者数接近2 000万^[1], 而中国癌症新增近500万^[2], 随着人口老龄化逐渐加剧, 包括恶性肿瘤在内的主要慢性疾病负担均呈现上升趋势, 同时, 随着肿瘤诊疗技术的进步, 生活质量的改善, 患者生存期延长, 心血管疾病成为肿瘤患者长期生存后的主要死因, 是恶性肿瘤患者死亡的第二大原因, 仅次于癌症进展^[3]。而有效地评估肿瘤治疗相关心血管毒性 (cancer therapy-related cardiovascular toxicity, CTR-CVT) 对于肿瘤治疗方案的调整十分关键, 且能够预测患者的心血管事件风险, 以及帮助疾病诊断和鉴别诊断。因此, 从临床、心电图、影像、生物标志物等多模态评估CTR-CVT, 能为临床医师合理选择治疗方案提供依据。

1 CTR-CVT

CTR-CVT指的是在肿瘤化疗、放疗及靶向治疗、免疫检查点抑制剂 (immunotherapy with checkpoint inhibitor, ICI) 等治疗过程中, 出现的心血管毒性, 这种毒性可能导致心脏功能下降、心律失常、心肌病等一系列心血管问题。2016年欧洲心脏病学会 (European Society of Cardiology, ESC) 归纳CTR-CVT为以下几类: 肿瘤治疗相关心功能不全 (cancer therapy related cardiac dysfunction, CTRCD)、冠状动脉疾病、瓣膜性心脏病、心律失常、高血压、血栓栓塞性疾病、周围动脉疾病、肺动脉高压及心包疾病等^[4]。2020年中国临床肿瘤学会 (Chinese Society of Clinical Oncology, CSCO) 指南工作委员会^[5]提出心脏毒性监测方法与管理; 同年中国相关领域专家编写《抗肿瘤治疗心血管损害超声心动图检查专家共识》^[6], 将左心室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF)

降低 $\geq 10\%$ 且低于53%, 或伴心衰症状LVEF下降 $\geq 5\%$ 且低于53%, 定义为癌症治疗相关心功能障碍。2022年ESC^[7]对各类CTR-CVT进行界定: LVEF绝对值下降 $\geq 10\%$ 且LVEF $< 50\%$; 心电图QTc间期 > 500 ms; 脑利尿钠肽 (brain natriuretic peptide, BNP) / N末端脑利尿钠肽前体 (NT-proBNP) 和肌钙蛋白 (cardiac troponin, cTn) T / cTnI值高于肿瘤治疗前的基线测量值一定水平; 血压诊断阈值 $\geq 130 / 80$ mmHg。在此基础上, 建议对所有新确诊肿瘤患者在抗肿瘤治疗前、中、后应进行全面评估, 定期进行临床评估与体格检查以早期发现CTR-CVT症状与体征, 心电图可用来发现心律失常事件, 生物标志物如脑利尿钠肽和心肌肌钙蛋白可用来筛查CTRCD, 影像学手段尤其是超声心动图和心脏磁共振成像有助于早期诊断CTRCD。紧跟着在2023年, CSCO专家更新肿瘤诊疗指南, 强调对肿瘤治疗心血管毒性需要全生命周期监测, 因此早期全面有效进行CTR-CVT评估, 可以及时启动相应的心脏干预策略, 对预防后续严重的心血管损害等具有重要意义。

2 多模态评估方法

2.1 危险因素评估

2.1.1 临床症状与体征评估

详细询问患者是否存在心悸、气促、胸闷、水肿等心脏相关症状, 检查有无颈静脉怒张、肺部啰音、心脏杂音、肝脾肿大、下肢水肿等体征。但患者早期心脏毒性可能无症状或体征轻微、隐匿, 易被忽视, 且这些表现缺乏特异性, 需结合其他检查手段综合判断。

2.1.2 患者相关因素

患者的一些因素如年龄、性别、既往病史等对心血管毒性有相关影响。研究^[4]表明, 年龄与蒽环类药物心脏毒性风险相关, 年龄60岁以上的患者被认为具有较高的心脏毒性风险。

Diaz等^[8]的研究表明,性别与蒽环类药物心脏毒性风险之间关联的数据混杂。虽然有证据表明女童癌症幸存者的心脏毒性风险增加,但在成年患者中尚未一致证明心脏毒性风险的性别特异性差异。传统心血管危险因素的存在,包括高血压、糖尿病和肥胖,以及已确定的冠状动脉疾病和外周血管疾病,会增加心脏毒性的风险^[9]。Cuomo等^[10]的研究表明,在没有准确基线心血管评估的情况下开始肿瘤治疗方案的患者,由于抗肿瘤治疗而发生心脏并发症的风险非常高。处理肿瘤合并心血管疾病复杂患者时,首先应该先解决其心血管风险因素、优化其治疗方案。对已经接受肿瘤治疗的患者,医师要考虑到心血管的合并症,确保为每例患者提供最佳医疗选择。

2.2 心电图评估

心电图是临床CTR-CVT最为简单、经济、无创、快速的检测手段,可以反映心脏受损程度及发展过程。而动态心电图,对心律失常等诊断具有重要价值,能比常规心电图更早、更高效发现心脏毒性。研究^[11]表明,动态心电图能够早期评估预测应用ICI引起的相关心脏毒性。这些早期变化为临床治疗和预防提供了依据;并能评估儿童急性淋巴细胞白血病(acute lymphoblastic leukemia, ALL)患者在基线时和达到阿霉素总累积剂量一半(120 mg/m^2)后心率变异性(heart rate variability, HRV)的变化,HRV参数可能是亚临床心脏毒性的第一个指标^[12]。儿童ALL幸存者群体研究^[13],由化疗相关心脏毒性引起的心电异常需要确保长期随访并提高总体生存率。新近的一项研究^[14]表明,人工智能(artificial intelligence, AI)-心电图模型检测到蒽环类药物治疗后LVEF $<50\%$ 和 $\leq 35\%$,并支持使用AI-心电图进行蒽环类药物化疗后的心脏毒性筛查。

2.3 影像学评估

2.3.1 超声心动图评估

经胸超声心动图(transsthoracic echocardiogram, TTE)具有简单方便、价格低廉、无创无辐射等特点,可以方便地测量心腔大

小、室壁厚度,评估心功能,并可对瓣膜、大血管、心包等结构以及肺动脉压进行评估,是肿瘤治疗中常用的心脏毒性评估方法,是肿瘤治疗前基线评估、治疗过程中监控、治疗后随访最重要的工具之一,多个指南指出癌症患者均应接受全面的基线TTE检查^[15]。Okushi等^[16]的研究中,接受人表皮生长因子受体2(human epidermal growth factor receptor 2, HER2)抗体治疗的患者进行超声心动图监测,监测组整体纵向应变(global longitudinal strain, GLS)基线水平降低15%开始使用心脏保护药物,心脏并发症的发生率显著低于非监测组,证实了乳腺癌患者超声心动图监测的有效性。

2.3.1.1 左室收缩功能指标

二维LVEF,是最早且最常用于评估CTRCD的超声指标,LVEF $<50\%$ 是所有化疗方案的高风险因素^[4],常规使用二维Simpson法测量LVEF,三维(three-dimensional, 3D)超声心动图和心脏磁共振(cardiac magnetic resonance, CMR)一致性比较好,有条件可使用3D-LVEF评估CTR-CVT^[17]。在临床实践中,LVEF并非心血管毒性的唯一指标;GLS已成为一个重要的化疗前参数,可独立预测随后的心脏不良事件,美国超声心动图学会(American Society of Echocardiography, ASE)/欧洲心血管影像协会(European Association of Cardiovascular Imaging, EACVI)以及ESC等指南公认GLS是用于早期监测心脏毒性的最敏感指标^[4, 18]。2022年ESC指南提出,GLS较治疗前基线水平下降 $>15\%$,即使LVEF $\geq 50\%$,也可诊断为轻度CTRCD^[7]。多个指南与专家共识提出,男性GLS的正常值 $\leq -17\%$,女性GLS的正常值 $\leq -18\%$ ^[15]为异常。

2.3.1.2 心肌做功

心肌做功^[19]是一种新的超声心动图工具,基于二维斑点追踪技术,结合心肌变形和压力2种因素考虑心脏后负荷对传统心肌应变测量结果的影响,参数包括整体心肌做功指数、整体有用功、整体无用功及整体做功效率,较左室GLS更客观。欧洲心血管影像超声心动图心肌

做功正常值参考范围 (NORRE study) [20]: 男女平均整体心肌做功指数为 (1 849 ± 295) 和 (1 924 ± 313) mmHg%, 整体有用功平均为 (2 228 ± 295) 和 (2 234 ± 352) mmHg%, 整体无用功中位数分别为94和74 mmHg%, 整体做功效率中位数分别为95%和96%。无创心肌做功指数 [21] 与心肌收缩功能和心肌应变的传统二维超声心动图参数显示出良好的相关性。并对CTRC具有额外价值 [22]。国内学者 [23] 指出, GWI可以作为蒽环类药物诱导的CTRC的独立预测因子。另有研究 [24] 表明, 心肌做功作为应变的补充对于癌症幸存者来说很有意义, 可以在早期阶段检测心肌功能障碍。

2.3.1.3 右心室收缩功能指标

抗肿瘤治疗过程中右心室心肌也会受到影响, 目前临床常用的右心功能监测指标主要有三尖瓣环收缩期位移 (tricuspid annular plane systolic excursion, TAPSE)、面积变化分数 (fractional area change, FAC)、右心室游离壁GLS (right ventricular GLS, RVGLS)、三维超声测量的右心室射血分数 (three-dimensional right ventricular ejection fraction, 3DRVEF) 等。TAPSE < 17 mm, FAC < 35%, RVGLS < 20%, 3DRVEF < 45%, 提示右心室功能障碍 [25]。Meta回归分析 [26] 显示, 蒽环类药物化疗会导致乳腺癌患者出现亚临床右心室功能障碍。右心室应变分析, 尤其是3D应变, 在检测早期功能障碍方面显示出更高的灵敏度。然而, 需要进一步的研究来阐明这些发现的临床意义和预后价值, 以及常规右心室应变分析在指导早期干预中的作用。

2.3.1.4 左心室舒张功能

舒张功能改变在CTRC进程中的作用不容忽视。超声评估指标包括二尖瓣舒张早期峰值血流速度 (E) 和舒张晚期峰值血流速度 (A)、组织多普勒二尖瓣环舒张早期峰值运动速度 (e') 和舒张晚期峰值运动速度 (a')、 E/A 、 E/e' 、左心房容积指数 (left atrium volume index, LAVI)、三尖瓣反流峰值速度等。而左心房功能被认为是肿瘤治疗相关心脏功能障碍和心律不

齐的潜在指标 [7]。研究 [27] 认为, 基线LAVI是心脏毒性的独立预测因子, 建议将LAVI列为心脏毒性风险评估的常规参数。左心房应变是早期舒张功能障碍的一个有前景的标志物, 在监测接受蒽环类药物治疗的乳腺癌患者中的具有潜在用途 [28]。左心房应变的改变具有重要的临床意义, 左心房应变的减少与房性心律失常 [29]、保留射血分数 [30] 及死亡率升高相关。采用TTE及结合其相关新技术早期、准确评估CTR-CVT, 同一患者在随访和监测过程中, 应尽量固定同一检查医师, 使用同一款超声仪器和应变测量分析软件进行连续评估, 以最大限度地提高可重复性。

2.3.2 CMR评估

CMR是目前量化LVEF的“金标准”, 在测量右心室射血分数方面具有稳定的表现 [31]。它是一种非侵入性的综合成像方式, 可以提供解剖信息, 并能清晰显示心肌组织的细微结构和病理学改变, 在早期识别心脏毒性。CMR心肌应变成像 [32] 可定量测量区域功能, 可作为检测亚临床心肌损伤的敏感工具。在接受化疗的患者中, 通过GLS检测早期心肌功能障碍并预测CTRC, CMR组织表征工具整合了“传统”序列, 如T2加权、晚期钆增强 (late gadolinium enhancement, LGE) 成像、纵向弛豫时间定量成像 (T1 mapping)、横向弛豫时间定量成像 (T2 mapping) 参数映射, 以及细胞外体积 (extracellular volume, ECV) 分数的评估, 以检测和量化心肌水肿和组织纤维化的存在、程度和位置。一项动物实验研究 [33] 通过CMR测定的心尖侧壁和前壁峰值节段应变表明, 与峰值整体应变和心脏功能相比, 可以更早地检测到蒽环类药物引起的心脏毒性。Beitzen-Heineke等 [34] 的研究表明, CMR可以帮助识别铂类化疗后无症状长期生殖细胞癌幸存者化疗相关的心脏功能和组织变化。利用CMR评估ICI治疗的亚临床心脏毒性表现, ICI治疗早期, 心肌应变评估可较LVEF更早发现肺癌患者亚临床左心室收缩功能障碍 [35]。

2.4 心血管生物标志物评估

目前临床使用的标志物包括心肌肌钙蛋白和

BNP及NT-proBNP, 多项研究和meta分析^[36], cTn可用于评估心脏毒性导致的心肌功能障碍严重程度及预后预测, 能够早期反映CTR-CVT。高灵敏度方法的出现进一步提高了治疗周期中风险分层和监测的有效性。国外学者^[37]研究中, 癌症治疗期间高敏cTn的增加, 可以在早期阶段预测心血管毒性发生的风险。使用不同的心血管生物标志物, 补充从心电图、超声心动图心脏成像和临床症状评估中获得的数据, 被临床认为是诊断、预后、风险分层和鉴别诊断的常规方法。

2.5 新技术应用

随着分子影像技术、基因检测技术、AI与大数据分析等新兴技术在医学领域的不断发展和应用, 有望为CTR-CVT评估带来新的突破。例如新近基于机器学习的放射组学模型可预测乳腺癌放疗引起的心脏毒性, 是利用机器学习方法结合放射组学、临床和剂量学特征来研究心脏毒性的预测。将临床和影像学特征与剂量参数结合起来有利于预测放疗后的心脏毒性^[38], 提高心脏毒性诊断准确度和评估效率。

3 评估策略

目前倾向于综合多种评估方法, 如临床检查结合心脏生物标志物、心电图与影像学等手段, 以提高CTR-CVT评估的准确度和全面性。例如对接受潜在心脏毒性化疗药物的患者, 定期进行心电图、超声心动图检查, 同时监测cTn、BNP等生物标志物。当TTE无法诊断、由于超声检查窗口困难而具有挑战性时, 或者在LVEF异常或临界值的特定患者中, CMR是TTE的替代方案, 其能从不同维度监测心脏功能和结构变化, 及时发现心脏毒性迹象。

心脏毒性可能在治疗过程中以及之后逐渐显现, 因此动态监测至关重要。在药物治疗期间, 按疗程规律进行评估, 治疗结束后通过分类按时间评估监测。

4 总结与展望

CTR-CVT评估是一个多维度、动态的过程, 目前的评估方法和策略在临床实践中发挥重要作用, 但也面临挑战。未来可通过进一步优化心脏毒性评估体系, 加强多学科协作, 引进新技

术, 实现更早期、精准、个体化的心血管毒性评估, 为肿瘤患者心血管疾病的防治提供有力支持, 从而降低心脏毒性对患者的危害, 提升患者长期生存质量和整体治疗效益。

第一作者:

刘春丽 (ORCID: 0009-0003-7824-1509), 硕士, 副主任医师。

通信作者:

李潜 (ORCID: 0000-0003-0182-3634), 博士, 主任医师, E-mail: 754427296@qq.com。

作者贡献声明:

刘春丽: 文献检索, 英文翻译, 整理参考文献, 文章撰写。
李潜: 选题, 审校。

[参 考 文 献]

- [1] BRAY F, LAVERSANNE M, SUNG H, et al. Global cancer statistics 2022: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries [J]. *CA Cancer J Clin*, 2024, 74(3): 229-263.
- [2] 郑荣寿, 陈茹, 韩冰峰, 等. 2022年中国恶性肿瘤流行情况分析 [J]. *中华肿瘤杂志*, 2024, 46(3): 221-231.
ZHENG R S, CHEN R, HAN B F, et al. Cancer incidence and mortality in China, 2022 [J]. *Chin J Oncol*, 2024, 46(3): 221-231.
- [3] IAN PATERSON D, WIEBE N, CHEUNG W Y, et al. Incident cardiovascular disease among adults with cancer: a population-based cohort study [J]. *JACC CardioOncol*, 2022, 4(1): 85-94.
- [4] ZAMORANO J L, LANCELLOTTI P, MUÑOZ D R, et al. 2016 ESC Position Paper on cancer treatments and cardiovascular toxicity developed under the auspices of the ESC Committee for Practice Guidelines: the task force for cancer treatments and cardiovascular toxicity of the European Society of Cardiology (ESC) [J]. *Eur Heart J*, 2016, 37(36): 2768-2801.
- [5] 中国临床肿瘤学会指南工作委员会. 中国临床肿瘤学会 (CSCO) 蒽环类药物心脏毒性防治指南2020 [M]. 北京, 人民卫生出版社, 2020.
Guidelines Committee of Chinese Society of Clinical Oncology. Guidelines of Chinese Society of Clinical Oncology (CSCO) Cardiotoxicity of anthracyclines [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2020.
- [6] 中华医学会超声医学分会超声心动图学组, 中国医师协会心血管分会超声心动图专业委员会, 中国抗癌协会整合肿瘤心脏病学分会, 等. 抗肿瘤治疗心血管损害超声心动图检查专家共识 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2020, 29(4): 277-288.
Echocardiography Group, Ultrasound Medical Branch of Chinese Medical Association; Committee of Echocardiography, Cardiovascular Branch, Chinese Medical Doctor Association; Society of Cardio-Oncology, China Anti-Cancer Association. Expert consensus on echocardiographic examination of

- cardiovascular damage caused by anticancer therapy [J]. *Chin J Ultrason*, 2020, 29(4): 277–288.
- [7] LYON A R, LÓPEZ-FERNÁNDEZ T, COUCH L S, et al. 2022 ESC Guidelines on cardio-oncology developed in collaboration with the European Hematology Association (EHA), the European Society for Therapeutic Radiology and Oncology (ESTRO) and the International Cardio-Oncology Society (IC-OS) [J]. *Eur Heart J*, 2022, 43(41): 4229–4361.
- [8] DIAZ A N R, HURTADO G P, MANZANO A A A, et al. Sex differences in the development of anthracycline-associated heart failure [J]. *J Card Fail*, 2024, 30(7): 907–914.
- [9] SALZ T, ZABOR E C, DE NULLY BROWN P, et al. Preexisting cardiovascular risk and subsequent heart failure among non-Hodgkin lymphoma survivors [J]. *J Clin Oncol*, 2017, 35(34): 3837–3843.
- [10] CUOMO A, MERCURIO V, VARRICCHI G, et al. Impact of a cardio-oncology unit on prevention of cardiovascular events in cancer patients [J]. *ESC Heart Fail*, 2022, 9(3): 1666–1676.
- [11] 薛楠, 彭黎黎, 吴大维, 等. PD-1/PD-L1引起的心电图改变对心脏不良反应的临床预测价值 [J]. *中华肿瘤杂志*, 2024, 46(10): 979–986.
XUE N, PENG L L, WU D W, et al. Clinical predictive value of PD-1/PD-L1-induced electrocardiogram changes for cardiotoxicity [J]. *Chin J Oncol*, 2024, 46(10): 979–986.
- [12] LAZAR D R, CAINAP S, MANIU D N, et al. Anthracycline's effects on heart rate variability in children with acute lymphoblastic leukemia: early toxicity signs-pilot study [J]. *J Clin Med*, 2023, 12(22): 7052.
- [13] BERTRAND É, CARU M, HARVEY A, et al. Cardiac electrical abnormalities in childhood acute lymphoblastic leukemia survivors: a systematic review [J]. *Cardiooncology*, 2023, 9(1): 40.
- [14] JACOBS J E J, GREASON G, MANGOLD K E, et al. Artificial intelligence electrocardiogram as a novel screening tool to detect a newly abnormal left ventricular ejection fraction after anthracycline-based cancer therapy [J]. *Eur J Prev Cardiol*, 2024, 31(5): 560–566.
- [15] DOBSON R, GHOSH A K, KY B, et al. BSE and BCOS guideline for transthoracic echocardiographic assessment of adult cancer patients receiving anthracyclines and/or trastuzumab [J]. *JACC CardioOncol*, 2021, 3(1): 1–16.
- [16] OKUSHI Y, SAIJO Y, YAMADA H, et al. Effectiveness of surveillance by echocardiography for cancer therapeutics-related cardiac dysfunction of patients with breast cancer [J]. *J Cardiol*, 2023, 82(6): 467–472.
- [17] NAZIR M S, OKAFOR J, MURPHY T, et al. Echocardiography versus cardiac MRI for measurement of left ventricular ejection fraction in individuals with cancer and suspected cardiotoxicity [J]. *Radiol Cardiothorac Imaging*, 2024, 6(1): e230048.
- [18] LARSEN C M, MULVAGH S L. Cardio-oncology: what you need to know now for clinical practice and echocardiography [J]. *Echo Res Pract*, 2017, 4(1): R33–R41.
- [19] EDWARDS N F A, SCALIA G M, SHINOBU K, et al. Global myocardial work is superior to global longitudinal strain to predict significant coronary artery disease in patients with normal left ventricular function and wall motion [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2019, 32(8): 947–957.
- [20] 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.
- [21] MANGANARO R, MARCHETTA S, DULGHERU R, et al. Correlation between non-invasive myocardial work indices and main parameters of systolic and diastolic function: results from the EACVI NORRE study [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2020, 21(5): 533–541.
- [22] CALVILLO-ARGÜELLES O, THAMPINATHAN B, SOMERSET E, et al. Diagnostic and prognostic value of myocardial work indices for identification of cancer therapy-related cardiotoxicity [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2022, 15(8): 1361–1376.
- [23] 包成明, 冉红, 贾绘, 等. 超声心肌做功指数评估乳腺癌化疗后癌症治疗相关心脏功能障碍的临床意义 [J]. *肿瘤影像学*, 2024, 33(1): 82–88.
BAO C M, RAN H, JIA H, et al. Clinical significance of ultrasonic myocardial work index in evaluating cancer therapy-related cardiac dysfunction after breast cancer chemotherapy [J]. *Oncoradiology*, 2024, 33(1): 82–88.
- [24] JABER M, ARMAND A, ROCHETTE E, et al. Anthracycline-induced cardiotoxicity on regional myocardial work and left ventricular mechanical dispersion in adolescents and young adults in post-lymphoma remission [J]. *Cancer Med*, 2024, 13(3): e6857.
- [25] LANG R M, BADANO L P, MOR-AVI V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2016, 17(4): 412.
- [26] FAGGIANO A, GHERBESI E, GIORDANO C, et al. Anthracycline-induced subclinical right ventricular dysfunction in breast cancer patients: a systematic review and meta-analysis [J]. *Cancers (Basel)*, 2024, 16(22): 3883.
- [27] BERGAMINI C, DOLCI G, ROSSI A, et al. Left atrial volume in patients with HER2-positive breast cancer: one step further to predict trastuzumab-related cardiotoxicity [J]. *Clin Cardiol*, 2018, 41(3): 349–353.
- [28] EMERSON P, STEFANI L, BOYD A, et al. Alterations in left atrial strain in breast cancer patients immediately post anthracycline exposure [J]. *Heart Lung Circ*, 2024, 33(5): 684–692.
- [29] HAUSER R, NIELSEN A B, SKAARUP K G, et al. Left atrial strain predicts incident atrial fibrillation in the general population: the copenhagen City Heart Study [J]. *Eur Heart J*

- Cardiovasc Imaging, 2021, 23(1): 52–60.
- [30] REDDY Y N V, OBOKATA M, EGBE A, et al. Left atrial strain and compliance in the diagnostic evaluation of heart failure with preserved ejection fraction [J] . Eur J Heart Fail, 2019, 21(7): 891–900.
- [31] WENGROFSKY P, FELDMAN S. The role of multimodality cardiac imaging in patients undergoing cancer treatment [J] . Curr Cardiol Rep, 2023, 25(1): 1–8.
- [32] FRANCONI M, FIGLIOZZI S, MONTI L, et al. Multiparametric cardiac magnetic resonance unveiling the mechanisms and early manifestations of anticancer drug cardiotoxicity [J] . Eur Radiol, 2023, 33(12): 8439–8441.
- [33] LIU J Q, LUO Q F, QI W Y, et al. Assessment of early anthracycline-induced cardiotoxicity using segmental strain of cardiac magnetic resonance compared with global strain and functional parameters: an animal study [J] . Quant Imaging Med Surg, 2023, 13(9): 5511–5524.
- [34] BEITZEN-HEINEKE A, ROLLING C C, SEIDEL C, et al. Long-term cardiotoxicity in germ cell cancer survivors after platinum-based chemotherapy: cardiac MR shows impaired systolic function and tissue alterations [J] . Eur Radiol, 2024, 34(6): 4102–4112.
- [35] LIU J, CAO Y K, ZHU K K, et al. Early evaluation of subclinical cardiotoxicity in patients with lung cancer receiving immune checkpoint inhibitors by cardiovascular magnetic resonance: a prospective observational study [J] . Quant Imaging Med Surg, 2022, 12(10): 4771–4785.
- [36] PUDIL R, MUELLER C, ČELUTKIENĖ J, et al. Role of serum biomarkers in cancer patients receiving cardiotoxic cancer therapies: a position statement from the Cardio-Oncology Study Group of the Heart Failure Association and the Cardio-Oncology Council of the European Society of Cardiology [J] . Eur J Heart Fail, 2020, 22(11): 1966–1983.
- [37] DOVGANYCH N V, KOZHUKHOV S M, SMOLANKA I I, et al. Risk score model for predicting cardiotoxicity in breast cancer: diagnostic value of high-sensitivity cardiac troponin t [J] . Probl Radiac Med Radiobiol, 2023, 28: 454–467.
- [38] TALEBI A, BITARAFAN-RAJABI A, ALIZADEH-ASL A, et al. Machine learning based radiomics model to predict radiotherapy induced cardiotoxicity in breast cancer [J] . J Appl Clin Med Phys, 2024: e14614.
- (收稿日期: 2025-01-26 修回日期: 2025-02-11)

《肿瘤影像学》2025年征订启事

《肿瘤影像学》自1992年创刊以来深受医学界欢迎, 1998年经中华人民共和国科学技术部、国家新闻出版署批准为国内外公开正式发行的期刊。杂志刊号: ISSN 2096-6210, CN 31-2087/R。采用优质铜版纸印制, A4开本, 64页/期, 双月刊。被中国学术期刊综合评价数据库、中国核心期刊(遴选)数据库、中国期刊全文数据库等收录, 是中国科技核心期刊。主要报道医学影像领域科研成果、临床应用、综述、病例报告及与理工结合的有关论文等。

《肿瘤影像学》坚持学术性与科学性, 信息量大, 具有临床实用价值。是医院图书馆、影像科室及高等医药院校收存和使用的学术刊物, 是临床医学影像专业医务人员晋升中、高级职称的重要论文发表园地。欢迎各医学院校、医学图书馆、影像科室及个人向当地邮政局订阅。

本刊双月月末出版, 邮发代号4-653, 定价每期30元, 每年共180元整。

单位全称: 《肿瘤影像学》编辑部

通信地址: 上海市东安路270号复旦大学附属肿瘤医院10号楼415室

邮 编: 200032

电 话: (021)64188274

E - m a i l : zlyxx@zhongliuyingxiangxue.com

网 址 : www.zhongliuyingxiangxue.com

《肿瘤影像学》编辑部