

儿童心力衰竭诊断的研究进展

雷诗意 综述 李晨阳 刘玲娟 袁宇星 田杰 审校

(重庆医科大学附属儿童医院心血管内科/国家儿童健康与疾病临床医学研究中心/
儿童发育重大疾病国家国际科技合作基地/重庆市卫生健康委儿童重要器官发育与
疾病重点实验室/国家临床重点心血管专科, 重庆 400014)

[摘要] 心力衰竭是一组复杂的临床综合征。儿童心力衰竭 (pediatric heart failure, PHF) 具有较高的病死率。早期诊断对于 PHF 的治疗和管理至关重要。在临床实践中, 各种检验和检查在 PHF 的诊断中扮演着关键角色, 包括不断更新的生物标志物、超声心动图、心脏磁共振等。该文重点梳理 PHF 诊断的生物标志物、检查、联合检测及临床模型、分级及分期的相关研究, 期望为 PHF 的诊断提供思路 and 方向。

[中国当代儿科杂志, 2025, 27 (1): 127-132]

[关键词] 心力衰竭; 诊断; 生物标志物; 联合检测; 临床模型; 分级与分期; 儿童

Research progress on the diagnosis of pediatric heart failure

LEI Shi-Yi, LI Chen-Yang, LIU Ling-Juan, YUAN Yu-Xing, TIAN Jie. Department of Cardiovascular Medicine, Children's Hospital of Chongqing Medical University/National Clinical Medical Research Centre for Children's Health and Diseases/National International Science and Technology Cooperation Base for Major Diseases of Children's Development/Key Laboratory of Children's Vital Organ Development and Diseases of Chongqing Municipal Health Commission/National Key Clinical Cardiovascular Specialty, Chongqing 400014, China (Tian J, Email: jietian@cqmu.edu.cn)

Abstract: Heart failure is a complex clinical syndrome and pediatric heart failure (PHF) has a high mortality rate. Early diagnosis is crucial for treatment and management of PHF. In clinical practice, various tests and examinations play a key role in the diagnosis of PHF, including continuously updated biomarkers, echocardiography, and cardiac magnetic resonance imaging. This article focuses on summarizing relevant research on biomarkers, examinations, combined testing, clinical models, and the grading and staging of PHF diagnosis, aiming to provide insights and directions for the diagnosis of PHF.

[Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2025, 27(1): 127-132]

Key words: Heart failure; Diagnosis; Biomarker; Combined testing; Clinical model; Grading and staging; Child

1 定义

儿童心力衰竭 (pediatric heart failure, PHF) 在 2013 年加拿大 PHF 指南中被定义为心脏无法以适当的流速向体循环或肺循环供血, 或无法以适当的充盈压力接受静脉回流, 从而对患儿心脏、循环系统产生不利影响^[1], 但此后该指南未再更新。我国学者根据国内外心力衰竭 (以下简称心衰) 研究进展及我国自身情况, 在 2020 年修订版诊疗建议^[2] 中将 PHF 定义为多种原因导致的心脏结构

和/或功能的异常改变, 使心室收缩和/或舒张功能发生障碍, 心输出量不能满足机体的需求, 同时引起神经内分泌调节障碍, 对心脏及全身各器官造成影响的一组复杂临床综合征。

2 流行病学

PHF 的发病率为 0.87/100 000~7.4/100 000^[3], 其急诊就诊及住院率低于成人, 但急诊和住院死亡率均远高于成人^[4]。因此 PHF 的准确诊断与早

[收稿日期] 2024-10-25; [接受日期] 2024-12-19

[作者简介] 雷诗意, 女, 硕士研究生, 住院医师。

[通信作者] 田杰, 男, 主任医师, 教授, Email: jietian@cqmu.edu.cn; 袁宇星, 男, 住院医师, Email: 978773131@qq.com。

期治疗显得尤为重要。

3 诊断相关的检查指标

3.1 生物标志物

3.1.1 传统心脏标志物 B 型利钠肽 (B-type natriuretic peptide, BNP) /N 末端 B 型利钠肽前体 (N-terminal pro-B-type natriuretic peptide, NT-proBNP) 在 PHF 中有诊断、预测和风险评估等重要价值^[5-7]；且诊断价值高于其他所有生物标志物^[5, 8]。在儿童心脏相关疾病中，BNP 和 NT-proBNP 之间存在正相关中等一致性^[9]，即 311 例标本中，90% 利用 BNP 和 NT-proBNP 的诊断结果一致，kappa 为 0.79 (0.60~0.79 为中等一致)。但两者在 PHF 中的诊断差异性尚待进一步探讨。

肌钙蛋白在 PHF 临床中有诊断、预测及风险评估等作用^[10-12]，特别是其与 NT-proBNP 联合检测识别 PHF 的敏感度、特异度 (分别为 81.82%、94.55%) 优于肌钙蛋白单独检测 (分别为 45.45%、72.73%)；肌钙蛋白 I 临界值为 0.07 ng/mL 时，识别 PHF 的敏感度为 26.7%，特异度为 97.8%，故建议对于疑似心衰的儿童，应监测肌钙蛋白 I 以协助诊断。

受儿童生长发育特征和病理生理机制差异的影响，传统心脏标志物的诊断界值尚无统一标准，目前临床所采用的测量界值多来源于试剂厂家或基于成人相关研究，且其水平与年龄和性别密切相关^[13]。有研究提出正常儿童高敏心肌肌钙蛋白 T (high-sensitivity cardiac troponin T, hs-cTnT) 和 NT-proBNP、高敏心肌肌钙蛋白 I (high-sensitivity cardiac troponin I, hs-cTn I) 的参考区间及临界值 (表 1)^[14-15]。目前缺乏统一标准，未来需要开展高质量的研究为 PHF 生物标志物诊断标准的制定提供参考。

表 1 心脏标志物的参考区间及临界值

生物标志物	年龄范围	参考区间 (ng/L)	P99 临界值 (ng/L)
hs-cTnT	0~<6 个月	(7, 78)	87
	6 个月~<1 岁	(6, 34)	39
	1~<19 岁	(3, 9)	11
NT-proBNP	0~<1 岁	(39, 3 569)	5 272
	1~<19 岁	(5, 178)	216
hs-cTnI	1 个月~<16 岁	<14	19
NT-proBNP	1 个月~1 岁	<714	-
	1~16 岁	<295	-

注：[hs-cTnT] 高敏肌钙蛋白 T；[NT-proBNP] N 末端 B 型利钠肽前体；[hs-cTn I] 高敏肌钙蛋白 I。

3.1.2 新型心脏标志物 可溶性 ST2 蛋白 (soluble ST2, sST2) 可用于心衰的危险分级、预后评估和用药指导，其作为预测指标的准确性不受肾功能、年龄等因素影响^[13]。心型脂肪酸结合蛋白 (heart-type cytoplasmic fatty acid-binding protein, H-FABP) 可以协助诊断肌钙蛋白阴性的疑似急性冠脉综合征^[16]。马岩岩等^[16]认为 sST2 和 H-FABP 在 PHF 患儿中明显升高，与 NT-proBNP 水平有显著相关性，且不受原发疾病的影响。因此均可作为临床诊断、评估病情的参考指标。McGinn 等^[8]发现 sST2 可能有诊断和监测作用，但在常规使用前需进一步研究。此外，半乳糖凝集素 3 可诱导成纤维细胞增殖和胶原沉积，最终导致心脏功能下降。半乳糖凝集素 3 与 Ross 评分呈正相关，故其临界值 (>10.4 ng/mL) 可用于先天性心脏病 (congenital heart disease, CHD) 患儿心衰的早期诊断，且诊断价值优于 Ross 评分^[17]。Făgărășan 等^[18]提出半乳糖凝集素 3 对预测 CHD 患者心衰体征的早期发作有潜在效用。肌球蛋白结合蛋白 C (myosin binding protein-C, MyBP-C) 通过调节肌动蛋白和肌球蛋白之间的相互作用，在心脏收缩调节中起关键作用，可能比 hs-cTn I 量化心肌损伤更准确^[19]；是诊断 PHF 的良好生物标志物，在临界值为 45 ng/mL 时敏感度为 100%，特异度为 96%^[20]。

3.1.3 炎症因子及纤维化相关指标 炎症被认为是导致心衰的主要诱因之一，Ratnasamy 等^[21]的研究表明经典炎症因子可用于评估 PHF 的严重程度。近年用于心衰诊疗的新型炎症相关标志物包括：(1) 结缔组织生长因子是一种参与纤维化过程的分泌肽，可能与心脏不良重塑相关。PHF 的结缔组织生长因子水平显著升高^[22]，与 NT-proBNP 联合检测可提高诊断的特异性和阳性预测性；且是左心室舒张功能障碍的独立危险因素^[23]。(2) 同型半胱氨酸通过直接作用于心肌或独立血管效应导致心肌纤维化、僵硬和收缩功能障碍，导致不良的心脏重塑。El-Amrousy 等^[10]证实其对充血性心衰患儿具有良好的预测价值，其水平与患儿的临床数据、超声心动图数据、心衰严重程度和不良结局显著相关，建议将血浆同型半胱氨酸 >8.1 μmol/L 作为充血性心衰的诊断阈值。(3) 正五聚体蛋白-3 (pentraxin-3, PTX-3) 可调节心肌功能，参与心肌纤维化与心室的重塑，可用于早期预防和干预心血管疾病^[24]。PTX-3 在心衰

早期即可出现，与 NT-proBNP、左室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF)、心功能分级等存在相关性，可作为儿童慢性心衰诊断、心功能分级及疗效评估的参考指标^[25]。(4) 多配体蛋白聚糖 4 是一种由心脏成纤维细胞的细胞膜表达的跨膜蛋白聚糖，能调节组织再生、血管生成和黏附。其与 NT-proBNP、心功能分级呈正相关，与 LVEF、左室短轴缩短率呈负相关，可作为心衰诊断的新指标^[25]。

3.1.4 能量代谢及神经内分泌相关指标 能量代谢与心衰的发展之间存在显著关联，联脂素 (adiponectin, APN) 为脂肪细胞分泌的一种血浆蛋白，有抗炎、抗动脉氧化以及提高葡萄糖摄取能量等生物学作用。刘菲等^[26]发现 APN 与合并肺炎的 PHF 的严重程度呈正相关，可作为诊断合并肺炎的 PHF 的标志物，且与 NT-proBNP 联合检测可提高诊断的敏感性。此外，神经激素激活在心衰的发生发展中起到重要作用。如肾素血管紧张素醛固酮系统以及加压素 (vasopressin, VP) 和交感神经系统激活，导致水钠潴留、血管收缩和心率加快。而肽素更稳定且半衰期长，被认为是 VP 的替代生物标志物。有研究认为 PHF 的平均肽素水平明显升高，与心肌病心衰患儿的严重程度和不良结局相关，可用于 PHF 的诊断和预后评估^[27]。

3.2 超声心动图

超声心动图因其操作便捷、无创、易重复等优点，常作为心血管疾病的首要检查手段，在心衰的诊断、分层、决策和随访方面均起着重要作用。LVEF 是最主要的检测指标，有建议^[2]将 LVEF<55% 的作为儿童心室收缩功能障碍的诊断标准，但该标准尚未得到统一认可。此外，超声心动图可间接评价心室的舒张功能。如早产儿进行心脏超声检查可早期诊断舒张性心衰^[28]。通过比较 2016 年美国超声心动图学会和欧洲心血管影像学协会联合发布的超声心动图评估左心室舒张功能的建议和基于体表面积的标准化 Z 值临界值诊断左心室舒张功能障碍^[29]，发现两者无显著诊断差异，但后者的阳性率更高，故后者可能更有利于心衰高危儿童和心衰患儿左心室舒张功能障碍的早期诊断。

此外，通过斑点追踪超声心动图测量心室纵向应变等参数，能够比 LVEF 更加敏感地检测到心室收缩功能的异常^[30]，从而为 PHF 的早期干预创造机会。Grosu^[31]提出利用超声心动图早期识别在

持续高压状态下心脏性能参数的变化，可揭示早期心肌病理性左心室重构类型的变化，有助于识别和诊断慢性继发于动脉高压的慢性心肌功能障碍患儿的心脏重塑，并根据发病机制选择特定的治疗方案。

3.3 心脏磁共振成像

心脏磁共振成像可直接用于心衰患者的心功能评价、病因诊断和预后评估^[32]；并可协助鉴别缺血性与非缺血性心肌损伤及非缺血性心肌病的类别，有助于识别具有 PHF 风险的患者，制定有效的管理治疗策略^[33]。但由于磁共振成像存在扫描时间过长、对患者体动敏感、易产生伪影等问题，在急发心衰患者和 PHF 中的应用受限^[32]。

3.4 胸部 X 线片、心电图与动态心电图

胸部 X 线片可观测到心影增大、胸腔积液等心衰相关的临床特征，能一定程度上反映血流动力学改变，且早于临床症状出现，故其对心衰的防治有重要意义^[34]。心电图不能直接对心衰起诊断作用，但可间接提示潜在病因、分层或预后。Mah 等^[35]证实 QTc 间期和 QRS 时限的延长与儿童结构性心脏病合并心衰的心室功能障碍相关，且 QTc 随着时间的推移逐渐延长，可能表明该人群死亡或移植的风险增加，故可用于 PHF 的诊断和预后评估。24 h 动态心电图可识别隐蔽性心律失常、心率变异性和心室复极指标等心衰的隐藏信息。动态心电图监测评估的心肌敏感度和易损性与总死亡率和心衰进展独立相关，且基于动态心电图的参数，特别是心率变异性和心律失常有助于预测心衰的死亡率^[36]。

4 联合检测与临床预测模型

多个指标联合检测 PHF 比单指标检测更具价值，如超声指数联合 NT-proBNP、生长分化因子 -15^[37] 或肌钙蛋白 T、肌钙蛋白 I、BNP、LVEF 联合检测^[38] 的敏感度及特异度均高于单指标检测。利用超声心动图、心血管计算机断层扫描、心脏磁共振多模态影像技术可提高超声心动图对 PHF 的病因学诊断率^[39]。以上研究均证实了联合检测可消除单一指标对于 PHF 诊断的限制。成人心衰相关研究更加广泛，选取的部分指标在 PHF 中的价值尚不明确，未来可依托成人心衰研究，寻找更多可适用于儿童的、更高效的联合检测方法。

国内外有成人心衰研究构建了临床预测模型，

但关于 PHF 临床预测模型的研究较少。张砚茹^[40]通过分析建立了由血氧饱和度、每小时尿量、心率、情绪状态、呼吸频率组成的婴儿急性心衰早期预警评分模型，利用二元 logistic 回归分析模型、多层感知器神经网络模型和径向基函数神经网络模型分别对模型进行验证，其准确率分别为 93.16%、94.02%、92.31%，但在临床上尚未得到充分应用。谢国强等^[41]发现心衰合并 CHD ($OR=5.048$, $P=0.012$)、心肌酶谱异常 ($OR=4.139$, $P=0.012$)、需中流量以上给氧 ($OR=12.836$, $P<0.001$) 是重症肺炎患儿并发心衰的危险因素，可通过以上因素进行预测，但未构建相应风险预测模型。验证发现，伊巴丹儿童心力衰竭评分与血浆 BNP 值之间呈正相关 ($r=0.920$, $P<0.001$)，当诊断临界评分为 2 时敏感度为 97.6%，特异度为 89.8%^[42]，故认为其是诊断婴儿心衰的准确工具，因此推荐在初级保健和资源匮乏的环境中用于快速诊断、严重程度分级和治疗监测。在国外，Patel 等^[43]利用血清参数和超声心动图作为预测指标建立了有关新生儿、儿童和青年心衰死亡/需要移植的预测模型，该模型指标包括入院 24 h 内的射血分数、淋巴细胞减少、低血清钠、碳酸氢盐和血清肌酐，预测准确性为 82.1%。部分研究则主要聚焦于构建肿瘤儿童发生心衰的风险预测模型，但仍不能广泛应用于 PHF 中^[44]。有研究制订住院心衰评分标准来量化急性失代偿性心衰住院儿童的症状，主要包括呼吸、进食和活动困难 3 个方面，但仍需多中心研究进行验证^[45]。未来仍需要高质量、大数据的临床研究以促进 PHF 临床模型的构建与应用。

5 分级及分期

对心衰患者进行分级和分期是临床治疗和管理的关键，它不仅有助于指导治疗方案的制定，还能显著提高患者的生活质量和预后。NYHA 心功能分级和改良 Ross 心功能分级法是目前临床上对 PHF 心功能分级的常用方法，在既往儿童指南中均有提及^[1-2]。

心衰分期即根据心衰发展规律，将其划分为心衰风险期 (A 阶段)、心衰前期 (B 阶段)、症状性心衰期 (C 阶段) 和心衰晚期 (D 阶段) 4 个阶段，涵盖了心衰进展的全过程，强调了心衰从预防到治疗的全面诊治和管理。该概念于 2001 年由

美国心脏协会 (American Heart Association, AHA) 在成人心衰指南中首次提出^[46]。2024 年 AHA 和中国学者先后提出先天性心脏病儿童和青少年慢性心力衰竭的评估和管理办法^[47]和《中国儿童心力衰竭分期及管理建议》^[48]，两者均强调心衰分期的重要性，并列举了 PHF 分期管理的具体流程，具有重要的临床价值。因此我们建议医务工作者在临床实践中，将心衰分期纳入诊断，进一步验证该理念的可行性和意义，为 PHF 指南的制定提供参考。

6 小结

PHF 缺乏特异性，容易漏诊、误诊，往往进展到患儿出现明显症状时才得以确诊，从而错过了早期干预的时机。且目前 PHF 的诊断仍然依赖于成人的研究成果或指南，随着研究的不断深入，开始更加关注 PHF 与成人心衰的差异，寻求针对儿童群体的更有效的诊断和预测方法。本文重点梳理了 PHF 诊断的生物标志物、检查、联合检测及临床模型、分级及分期的相关研究，期望为 PHF 的诊断提供思路和方向，但部分检查和检验指标在 PHF 中的作用价值或机理尚不清楚；此外如微小 RNA、血清钾、前白蛋白、左室舒张末期内径、左室收缩末期内径等在成人心衰中具有应用价值的指标，在儿童中缺乏验证，在未来仍需更多的研究进行探讨。同时如何将这些成果在临床中应用及改良也是未来研究的方向，特别是贯彻早期防治和精准管理的理念，对 PHF 进行分期的建议需要更坚实的依据。只有通过不断深入地研究，早期准确地诊断 PHF，才能及时进行相应的治疗，从而降低住院率和死亡率。

作者贡献声明：雷诗意负责收集分析文献、文章撰写和投稿；李晨阳、刘玲娟负责收集分析文献；田杰、袁宇星负责确定选题及文章审阅。

利益冲突声明：所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

- [1] Kantor PF, Loughheed J, Dancea A, et al. Presentation, diagnosis, and medical management of heart failure in children: Canadian Cardiovascular Society guidelines[J]. Can J Cardiol, 2013, 29(12): 1535-1552. PMID: 24267800.

- DOI: 10.1016/j.cjca.2013.08.008.
- [2] 中华医学会儿科学分会心血管学组, 中国医师协会心血管内科医师分会儿童心血管专业委员会, 中华儿科杂志编辑委员会. 儿童心力衰竭诊断和治疗建议 (2020年修订版) [J]. 中华儿科杂志, 2021, 59(2): 84-94. PMID: 33548953. DOI: 10.3760/cma.j.cn112140-20200619-00737.
- [3] Shaddy RE, George AT, Jaecklin T, et al. Systematic literature review on the incidence and prevalence of heart failure in children and adolescents[J]. *Pediatr Cardiol*, 2018, 39(3): 415-436. PMID: 29260263. PMCID: PMC5829104. DOI: 10.1007/s00246-017-1787-2.
- [4] Amdani S, Marino BS, Rossano J, et al. Burden of pediatric heart failure in the United States[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2022, 79(19): 1917-1928. PMID: 35550689. DOI: 10.1016/j.jacc.2022.03.336.
- [5] Salem SS, Saleh NY, Soliman SE, et al. On-admission plasma levels of BNP, MR-proADM, and cTnI in pediatric heart failure: contributions to diagnosis, prognosis, and outcome[J]. *Ir J Med Sci*, 2022, 191(1): 263-270. PMID: 33564973. DOI: 10.1007/s11845-021-02533-2.
- [6] 郭洲萍, 谢佩倍, 张杨, 等. NT-proBNP 检测在赣南基层医院儿童心力衰竭早期识别的应用[J]. 当代医学, 2019, 25(20): 122-123. DOI: 10.3969/j.issn.1009-4393.2019.20.049.
- [7] 谢雨桐. N 末端脑钠肽前体在儿童高原性心脏病合并心力衰竭病情评估中的价值分析[J]. 高原医学杂志, 2023, 33(2): 7-11. DOI: 10.3969/j.issn.1007-3809.2023.02.002.
- [8] McGinn C, Casey FA, Watson C, et al. Paediatric heart failure - understanding the pathophysiology and the current role of cardiac biomarkers in clinical practice[J]. *Cardiol Young*, 2023, 33(4): 503-513. PMID: 36951045. DOI: 10.1017/S1047951123000331.
- [9] Tawiah KD, Franks CE, Tang J, et al. Comparison between BNP and NT-proBNP in pediatric populations[J]. *Clin Biochem*, 2022, 109-110: 74-78. PMID: 35940296. DOI: 10.1016/j.clinbiochem.2022.08.003.
- [10] El-Amrousy D, Hassan S, Hodeib H. Prognostic value of homocysteine and highly sensitive cardiac troponin T in children with acute heart failure[J]. *J Saudi Heart Assoc*, 2018, 30(3): 198-204. PMID: 29983495. PMCID: PMC6026391. DOI: 10.1016/j.jsha.2017.11.007.
- [11] Hamza A, Omokhodion SI. Accuracy of whole blood cardiac troponin i in the diagnosis of childhood heart failure at the University College Hospital, Ibadan[J]. *West Afr J Med*, 2023, 40(3): 254-261. PMID: 37017302.
- [12] 孟斌, 王炜, 杨晨. 氨基末端脑钠肽前体和心肌肌钙蛋白 T 联合检测诊断小儿肺炎合并心力衰竭的应用价值[J]. 中国实用医药, 2021, 16(29): 89-91. DOI: 10.14163/j.cnki.11-5547/r.2021.29.033.
- [13] 张欣, 马丽娟. 儿童心脏标志物检测的临床意义[J]. 检验医学, 2023, 38(6): 505-509. DOI: 10.3969/j.issn.1673-8640.2023.06.001.
- [14] Lam E, Higgins V, Zhang L, et al. Normative values of high-sensitivity cardiac troponin T and N-terminal pro-B-type natriuretic peptide in children and adolescents: a study from the CALIPER cohort[J]. *J Appl Lab Med*, 2021, 6(2): 344-353. PMID: 32995884. DOI: 10.1093/jalm/jfaa090.
- [15] Ameh A, Brady JJ. Reference intervals for high sensitivity cardiac troponin I and N-terminal pro-B-type natriuretic peptide in children and adolescents on the Siemens Atellica[J]. *Clin Chem Lab Med*, 2024, 62(8): 1636-1642. PMID: 38373095. DOI: 10.1515/cclm-2023-0977.
- [16] 马岩岩, 冯嵩, 李冰露, 等. 慢性心力衰竭患儿血清心型脂肪酸结合蛋白、可溶性 ST2 蛋白变化及意义[J]. 临床儿科杂志, 2015(9): 802-806. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3606.2015.09.010.
- [17] Saleh N, Khattab A, Rizk M, et al. Value of galectin-3 assay in children with heart failure secondary to congenital heart diseases: a prospective study[J]. *BMC Pediatr*, 2020, 20(1): 537. PMID: 33248453. PMCID: PMC7697383. DOI: 10.1186/s12887-020-02427-9.
- [18] Fägărășan A, Săsăran M, Gozar L, et al. The role of galectin-3 in predicting congenital heart disease outcome: a review of the literature[J]. *Int J Mol Sci*, 2023, 24(13): 10511. PMID: 37445687. PMCID: PMC10342020. DOI: 10.3390/ijms241310511.
- [19] Kaier TE, Twerenbold R, Puelacher C, et al. Direct comparison of cardiac myosin-binding protein C with cardiac troponins for the early diagnosis of acute myocardial infarction[J]. *Circulation*, 2017, 136(16): 1495-1508. PMID: 28972002. PMCID: PMC5642333. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.028084.
- [20] El Amrousy D, Hodeib H, Suliman G, et al. Diagnostic and prognostic value of plasma levels of cardiac myosin binding protein-C as a novel biomarker in heart failure[J]. *Pediatr Cardiol*, 2017, 38(2): 418-424. PMID: 27878630. DOI: 10.1007/s00246-016-1532-2.
- [21] Ratnasamy C, Kinnamon DD, Lipshultz SE, et al. Associations between neurohormonal and inflammatory activation and heart failure in children[J]. *Am Heart J*, 2008, 155(3): 527-533. PMID: 18294492. DOI: 10.1016/j.ahj.2007.11.001.
- [22] Li G, Song X, Xia J, et al. The diagnostic value of plasma N-terminal connective tissue growth factor levels in children with heart failure[J]. *Cardiol Young*, 2017, 27(1): 101-108. PMID: 26979242. DOI: 10.1017/S1047951116000196.
- [23] Chi H, Feng H, Shang X, et al. Circulating connective tissue growth factor is associated with diastolic dysfunction in patients with diastolic heart failure[J]. *Cardiology*, 2019, 143(3/4): 77-84. PMID: 31466059. DOI: 10.1159/000499179.
- [24] Dervisoglu P, Elmas B. Pentraxin 3 as a marker for cardiovascular disease risk in overweight and obese children[J]. *Acta Cardiol Sin*, 2021, 37(2): 177-183. PMID: 33716459. PMCID: PMC7953122. DOI: 10.6515/ACS.202103_37(2).20201006A.
- [25] 张风华. 血清正五聚体蛋白-3、多配体蛋白聚糖-4 在儿童慢性心力衰竭中的变化及临床意义[D]. 郑州: 郑州大学, 2021.
- [26] 刘菲, 赵洋洋, 武鑫, 等. 联合检测脂联素和 NT-proBNP 在小儿肺炎合并心力衰竭中的诊断价值[J]. 中西医结合心脑血管病

- 杂志, 2020, 18(6): 936-938.
DOI: 10.12102/j.issn.1672-1349.2020.06.017.
- [27] El Amrousy D, Abdelhai D, Nassar M. Predictive value of plasma copeptin level in children with acute heart failure[J]. *Pediatr Cardiol*, 2022, 43(8): 1737-1742. PMID: 35532808. PMCID: PMC9587970. DOI: 10.1007/s00246-022-02909-w.
- [28] de Waal K, Costley N, Phad N, et al. Left ventricular diastolic dysfunction and diastolic heart failure in preterm infants[J]. *Pediatr Cardiol*, 2019, 40(8): 1709-1715. PMID: 31598743. DOI: 10.1007/s00246-019-02208-x.
- [29] Xiang X, Zhu X, Zheng M, et al. Comparison of two echocardiography-based methods for evaluating pediatric left ventricular diastolic dysfunction[J]. *Front Pediatr*, 2023, 11: 1206314. PMID: 37732011. PMCID: PMC10507386. DOI: 10.3389/fped.2023.1206314.
- [30] Van der Ende J, Vázquez Antona CA, Erdmenger Orellana J, et al. Left ventricular longitudinal strain measured by speckle tracking as a predictor of the decrease in left ventricular deformation in children with congenital stenosis of the aorta or coarctation of the aorta[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2013, 39(7): 1207-1214. PMID: 23643058. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2013.02.015.
- [31] Grosu V. The role of hemodynamic parameters in chronic heart failure diagnosis in children[J]. *Ro J Med Pract*, 2016, 11(2): 187-193. DOI: 10.37897/RJMP.2016.2.14.
- [32] 万青, 刘铭雅. 心脏核磁共振在心力衰竭中的应用价值[J]. *国际心血管病杂志*, 2015, 42(2): 87-90. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6583.2015.02.008.
- [33] Banka P, Geva T. Advances in pediatric cardiac MRI[J]. *Curr Opin Pediatr*, 2016, 28(5): 575-583. PMID: 27428483. DOI: 10.1097/MOP.0000000000000400.
- [34] 刘仰生, 荣阳. X线诊断心力衰竭的价值与影像学研究[J]. *中国医药指南*, 2020, 18(9): 126-127. DOI: 10.15912/j.cnki.gocm.2020.09.097.
- [35] Mah K, Chen S, Chandhoke G, et al. QTc and QRS abnormalities are associated with outcome in pediatric heart failure[J]. *Pediatr Cardiol*, 2022, 43(8): 1903-1912. PMID: 35585243. DOI: 10.1007/s00246-022-02932-x.
- [36] Cygankiewicz I, Zareba W, de Luna AB. Prognostic value of Holter monitoring in congestive heart failure[J]. *Cardiol J*, 2008, 15(4): 313-323. PMID: 18698539.
- [37] 侯小霞, 张延刚. 超声指数联合 NT-proBNP、GDF-15 对儿童心力衰竭诊治及预测价值[J]. *贵州医药*, 2022, 46(6): 960-961. DOI: 10.3969/j.issn.1000-744X.2022.06.067.
- [38] 王栋, 秦艳妮, 景芳丽. cTnT、cTnI、BNP 及 LVEF 联合检测对先天性心脏病并发肺炎心力衰竭患儿的诊疗价值[J]. *海南医学*, 2019, 30(15): 1972-1974. DOI: 10.3969/j.issn.1003-6350.2019.15.021.
- [39] 高悦, 庄海明, 张冰, 等. 儿童心力衰竭无创影像学多模态评价方法的研究[J]. *临床心血管病杂志*, 2023, 39(12): 908-912. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1439.2023.12.002.
- [40] 张砚茹. 婴儿急性心力衰竭早期预警评分的建立与检测[D]. 青岛: 青岛大学, 2022.
- [41] 谢国强, 任广立, 张庆梅, 等. 小儿重症肺炎并发心力衰竭的预测[J]. *临床急诊杂志*, 2019, 20(10): 795-799. DOI: 10.13201/j.issn.1009-5918.2019.10.010.
- [42] Luke RD, Omokhodion SI, Ogunkunle OO, et al. Diagnostic accuracy of a clinical scoring scheme in childhood heart failure [J]. *West Afr J Med*, 2021, 38(1): 67-74. PMID: 33463710.
- [43] Patel MS, Berg AM, Vincent RN, et al. Serum parameters and echocardiographic predictors of death or need for transplant in newborns, children, and young adults with heart failure[J]. *Am J Cardiol*, 2010, 105(12): 1798-1801. PMID: 20538133. DOI: 10.1016/j.amjcard.2010.01.357.
- [44] van Dalen EC, Leerink JM, Kremer LCM, et al. Risk prediction models for myocardial dysfunction and heart failure in patients with current or prior cancer[J]. *Curr Oncol Rep*, 2023, 25(4): 353-367. PMID: 36787043. DOI: 10.1007/s11912-023-01368-7.
- [45] Almond CS, Chen S, Dykes JC, et al. The Stanford acute heart failure symptom score for patients hospitalized with heart failure [J]. *J Heart Lung Transplant*, 2020, 39(11): 1250-1259. PMID: 33032871. DOI: 10.1016/j.healun.2020.08.002.
- [46] Hunt SA, Baker DW, Chin MH, et al. ACC/AHA guidelines for the evaluation and management of chronic heart failure in the adult: executive summary a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on practice guidelines (committee to revise the 1995 guidelines for the evaluation and management of heart failure): developed in collaboration with the International Society for Heart and lung transplantation; endorsed by the Heart Failure Society of America[J]. *Circulation*, 2001, 104(24): 2996-3007. PMID: 11739319. DOI: 10.1161/hc4901.102568.
- [47] Amdani S, Conway J, George K, et al. Evaluation and management of chronic heart failure in children and adolescents with congenital heart disease: a scientific statement from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2024, 150(2): e33-e50. PMID: 38808502. DOI: 10.1161/CIR.0000000000001245.
- [48] 中华医学会儿科学分会心血管学组心力衰竭协作组, 中华医学会儿科学分会心血管学组儿童心肌病精准诊治协作组, 中国医师协会心血管医师分会儿童心血管专业委员会, 等. 儿童心力衰竭分期及管理建议[J]. *中国实用儿科杂志*, 2024, 39(9): 659-664. DOI: 10.19538/j.ek2024090603.

(本文编辑: 杨丹)

(版权所有©2025 中国当代儿科杂志)