

心率减速力和心率变异性在儿童神经介导性晕厥中的临床价值研究进展

何 川^{1,2}, 吕铁伟^{1,2*}

¹重庆医科大学儿科学院, 重庆

²重庆医科大学附属儿童医院心血管内科, 重庆

收稿日期: 2025年3月22日; 录用日期: 2025年4月15日; 发布日期: 2025年4月22日

摘 要

神经介导性晕厥(NMS)是儿童晕厥中最常见的类型, 自主神经调节功能障碍是其发病的核心。近年来, 心率变异性(HRV)和心率减速力(DC)作为非侵入性、动态的自主神经功能评估工具, 人们对其在NMS中的诊断和预后评估的价值展开了较为广泛的研究。本文旨在综述DC和HRV在儿童NMS中近年来的研究进展, 探讨其在NMS诊断、分型及预后评估中的临床价值, 并展望未来的研究方向。

关键词

儿童, 心率变异性, 心率减速力, 神经介导性晕厥, 体位性心动过速综合征, 血管迷走性晕厥

Research Progress on the Clinical Value of Heart Rate Deceleration Capacity and Heart Rate Variability in Pediatric Neurally Mediated Syncope

Chuan He^{1,2}, Tiewei Lyu^{1,2*}

¹School of Pediatrics, Chongqing Medical University, Chongqing

²Department of Cardiovascular Medicine, Children's Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: Mar. 22nd, 2025; accepted: Apr. 15th, 2025; published: Apr. 22nd, 2025

*通讯作者。

文章引用: 何川, 吕铁伟. 心率减速力和心率变异性在儿童神经介导性晕厥中的临床价值研究进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(4): 2523-2530. DOI: 10.12677/acm.2025.1541208

Abstract

Neurally Mediated Syncope (NMS) is the most common type of syncope in children, with dysfunction of autonomic nervous regulation being central to its pathogenesis. In recent years, heart rate variability (HRV) and heart rate deceleration capacity (DC) have emerged as non-invasive, dynamic tools for autonomic function assessment, and there has been growing interest in their value for diagnosing and prognostically evaluating NMS. This article reviews recent advances in research on DC and HRV in pediatric NMS, explores their clinical significance in diagnosis, subtype classification, and prognosis prediction, and discusses future research directions.

Keywords

HRV, DC, NMS, POTS, VVS, Children

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

晕厥是由于短暂的脑血流灌注不足导致的短暂意识丧失和身体姿势不能维持, 其临床特征为突然发生、短暂且能自发恢复[1]。儿童晕厥病因中神经介导性晕厥(Neurally Mediated Syncope, NMS)是儿童晕厥最常见的类型, 主要包括血管迷走性晕厥(Vasovagal Syncope, VVS) (占比 52.2%)和体位性心动过速综合征(Postural Orthostatic Tachycardia Syndrome, POTS) (占比 13.1%) [2]。NMS 的典型表现为短暂意识丧失并伴随自主神经症状(如面色苍白、出汗、恶心等), 尽管 NMS 通常不危及生命, 但其反复发作可能导致意外伤害, 且对患儿及其家庭造成极大的心理负担。目前, 直立倾斜试验(Head-Up Tilt Test, HUTT)是诊断 NMS 的首要检查手段, 但因其操作复杂、耗时长, 儿童可能难以配合, 以及测试过程中还存在可能诱发严重晕厥、心动过缓甚至心脏停搏的风险, 临床使用受限[1]。广泛的研究表明, 心率变异性(Heart Rate Variability, HRV)和心率减速力(Deceleration capacity of Heart rate, DC)作为非侵入性、动态的自主神经功能评估工具, 在 NMS 的诊断和预后评估中展现出了潜在的临床价值。

2. 自主神经调节失衡在 VVS 和 POTS 发病中的重要作用

VVS 和 POTS 均属于神经介导性晕厥, 其核心病理机制涉及自主神经系统(ANS)对体位变化的异常调节, VVS 与 POTS 均表现出交感-迷走神经动态平衡的破坏。在直立位时, 两者均因静脉回流减少触发代偿性 ANS 反应。VVS 的典型机制是 Bezold-Jarish 反射激活, 即心室机械受体过度兴奋导致迷走神经介导的心动过缓和血管扩张, 最终引发低血压与晕厥[3]。类似地, POTS 患者尽管存在亚型异质性, 但其共同特征为直立位下 ANS 代偿不足, 表现为心率异常增加(≥ 30 bpm)和脑血流灌注不稳定[4] [5]。VVS 以交感张力骤降和迷走神经过度激活为主导, 而 POTS 更多表现为交感亢进或外周交感功能缺陷。VVS 患者在晕厥前常出现短暂的交感神经活性增强(血浆肾上腺素激增), 随后因迷走神经优势导致心率和血压骤降[3]。相比之下, POTS 可分为三种亚型: (1) 神经性 POTS (部分自主神经病变致外周静脉淤血); (2) 低血容量性 POTS (血浆量减少 13%~22%, 伴肾素-醛固酮轴异常); (3) 高肾上腺素性 POTS (自身抗体或去甲肾上腺素转运体缺陷引发交感持续亢进) [4] [6]。其中, 高肾上腺素亚型患者直立位时血浆去甲

肾上腺素水平显著升高(600 pg/mL), 但因血管收缩功能不足, 仅表现为代偿性心动过速而非低血压[5]。

综上, VVS 与 POTS 虽共享 ANS 调节障碍的病理基础, 但其自主神经失衡方向却截然不同: VVS 以迷走神经过度激活为核心, 而 POTS 更强调交感亢进或外周交感去神经化。这一差异不仅为个体化治疗提供了依据, 也为心率减速力和心率变异性用于 VVS 和 POTS 的诊断和预后中的预测价值研究提供了重要病理生理基础。

3. HRV 与 DC 的基本概念及生理意义

3.1. HRV 的定义与分析方法

HRV 是指逐次心搏间期的微小差异, 反映了心脏自主神经系统的调节功能。HRV 的分析方法主要包括时域分析和频域分析。时域指标有: SDNN(全部窦性心搏间期标准差, 单位: ms, 反映整体自主神经张力)、SDANN(全程每 5 分钟 R-R 间期平均值的标准差, 单位: ms, 主要反映交感神经张力)、rMSSD(相邻 R-R 间期差值的均方根, 单位: ms, 主要反映迷走神经张力)和 PNN50(相邻 R-R 间期差值大于 50 ms 的百分比, 主要反映迷走神经张力)。频域指标总功率(TP)反映自主神经整体张力水平; 超低频(ULF)、极低频(VLF)、低频(LF)反映交感神经活动; 高频(HF)反映迷走神经活动; LF/HF 比值则反映自主神经间的平衡状态[7]。

3.2. DC 的定义与计算方法

DC 是一种用于量化心脏自主神经调节功能的无创心电指标, 可定量评估迷走神经对心率的减速调节能力[8]。在测量方法上, DC 通常基于 24 小时动态心电图数据, 采用相位整序信号平均技术(Phase-Rectified Signal Averaging, PRSA)对 RR 间期序列进行去趋势化处理, 提取与减速相关的周期性成分, 最终以毫秒(ms)为单位表示其强度。DC 的计算公式为: $DC = [X(0) + X(1) - X(-1) - X(-2)] \times 1/4$, 单位为 ms, 其中, $X(0)$ 为减速中心点的 R-R 间期平均值, $X(1)$ 和 $X(-1)$ 分别为减速中心点右侧和左侧的第一个 R-R 间期平均值, $X(-2)$ 为减速中心点左侧的第二个 R-R 间期平均值。DC 值越高, 表明迷走神经张力越强; DC 值 ≤ 2.5 ms 提示迷走神经功能严重受损, 属于心源性猝死的高危人群[9]。

4. HRV 在 NMS 中的特征及应用价值

4.1. HRV 与 VVS

4.1.1. HRV 与无症状期 VVS 患儿

目前, 已有较多学者对 HRV 在 VVS 患者中的变化特征及其诊断预测价值进行了研究, 多数研究者认为, HRV 参数在 VVS 患儿无症状期存在显著异常, 表明 VVS 患儿在无症状期仍存在自主神经失衡, 但各研究所得出的具体指标或指标的变化方向却有所不同。Shim 等[10]通过采用 5 分钟静息状态下的 HRV 测量(SA-3000P 设备)对 23 名 7~18 岁的 VVS 患者(分为前青少年和青少年组)和 20 名健康儿童进行对比分析, 得出患者组的 SDNN (60.46 vs. 37.42 ms, $P = 0.003$)和 RMSSD (57.90 vs. 26.92 ms, $P < 0.001$)显著高于对照组, 提示交感张力降低和迷走张力增强, 且在青少年患者中, RMSSD 和标准化 HF 更高, 而 LF/HF 比值更低(均 $P < 0.05$), 表明青少年自主神经失衡更显著。类似地, 闫菲等[11]通过对 60 例 VVS 患儿和 42 例健康儿童的 HRV 参数进行对比分析, 得出研究组 SDNN、SDANN、LF 小于对照组, RMSSD、HF 大于对照组($P < 0.05$), 这与 VVS 交感张力降低和迷走张力增强的发病机制核心学说相一致。与之不同的是, 在童可等[12]对 45 例 VVS 患儿及 45 例健康儿童展开的回顾性研究中, 发现 VVS 组患儿 LF/HF(2.76 vs. 2.31, $P < 0.05$)明显高于对照组, 青春期 VVS 患儿的 LF(1017.97 ms^2 vs. 608.22 ms^2 , $P < 0.05$)明显高于同年龄段的健康儿童, 而 HRV 的其他指标(如 SDNN、SDANN、PNN50、HF 等)不存在统计学

差异, 但是 VVS 组的 DC 值(8.36 ± 1.04 ms vs. 7.61 ± 1.09 ms, $P < 0.05$)仍明显高于对照组, DC 代表迷走神经张力, 这说明 VVS 组患儿无症状期仍然存在迷走神经张力增强, 因此, 一个最可能的解释为虽然 HRV 可反映由交感神经和迷走神经共同调节的自主神经功能的联合变化, 但不能单独测量迷走神经的张力, 因为其容易受到多种外界因素的影响, DC 则不易受外界因素的影响, 较 HRV 更敏感、特异和稳定 [13] [14]。

4.1.2. HRV 与 HUTT

直立倾斜试验(HUTT)是目前公认的用于诊断不明原因晕厥并明确血流动力学分型的金标准, 主要用于在实验室模拟直立应激状态[15]。Alehan 等[16]报道了 49 例确诊 VVS 的儿童在 HUTT 过程中存在 HRV 指标差异: 倾斜直立状态下, HUTT 阳性组的 nLF、LF/HF 均高于阴性组, 而 nHF 更低。HUTT 阳性和阴性反应患儿在倾斜直立前 5 分钟均出现 nLF、LF/HF 升高及 nHF 降低, 但阳性组平卧位时交感神经活动基线更强, 且体位改变后其交感神经激活程度较阴性组更显著, 建议体位改变后前 5 min 内 LF/HF > 2.7 可作为区分 VVS 儿童 HUTT 阳性与阴性的指标, 其敏感度、特异度、阳性预测值和阴性预测值分别为 52%、93%、85%和 41%。Evrengul 等[17]也报道了类似结果: 不明原因晕厥儿童倾斜前 5 min 的 LF、LF/HF 均显著高于健康儿童而 HF 显著降低, 但晕厥发作时 LF、LF/HF 显著降低, HF 显著升高, 表明不明原因晕厥儿童基础交感神经活动在晕厥发作前下降, 而迷走神经活动在晕厥发作时增强。此外, Ciliberti 等[18]观察到成人晕厥组与未晕厥组在平卧位时 VLF 存在显著统计学差异(2421.09 ms² vs. 895.49 ms², $P < 0.01$), 根据 ROC 曲线(AUC = 0.889), 推荐 VLF > 2048 ms² 为预测 HUTT 期间发生晕厥的最佳截断值, 其敏感度、特异度、阳性预测值和阴性预测值分别为 87.5%、72.2%、75%和 89%。但 VLF 在儿童 VVS 患者中是否同样存在这种差异尚不明确。

值得注意的是, 在 HUTT 期间检测到的 HRV 指标(如 LF、HF、LF/HF)究竟是否能够预测 HUTT 阳性反应, 仍存在一定的争议。Oliveira 等[19]研究者通过一项前瞻性观察性研究, 对 73 例 6 至 18 岁疑似 VVS 的儿童及青少年进行了临床评估、Calgary 评分计算及 HUTT 联合心率变异性频谱分析。研究发现, 在 HUTT 阳性反应组中, 倾斜后 LF 及 LF/HF 比值显著升高, HF 显著降低, 提示交感神经激活增强与迷走神经活动抑制。此外, 男性患儿在平卧位时的 LF 值显著高于女性, 表明男性患儿基础交感神经活动更活跃。然而, HUTT 阳性患儿与阴性组倾斜后的 HRV 参数变化(如 LF、HF、LF/HF)无显著差异($P > 0.05$), 并通过 ROC 曲线分析得出 HRV 指标(如 LF、HF、LF/HF)及 Calgary 评分在预测 HUTT 阳性反应时未显示统计学显著性(AUC 均 < 0.7 , $P > 0.05$), 因此, 其指出 HRV 参数及临床评分无法有效预测 HUTT 反应类型。

4.2. HRV 与 POTS

在成人 POTS 的研究中, Swai 等[20]通过系统综述与荟萃分析方法, 对 20 项观察性研究(涉及 717 例体位性心动过速综合征患者及 641 例健康对照)的 HRV 参数进行分析, 得出 POTS 患者时域参数 rMSSD 显著降低, 提示副交感神经活动减弱, 而频率域参数如 LF、HF 及 LF/HF 比值在组间无显著差异(均 $P > 0.05$), 指出 HRV 参数(rMSSD)具有临床鉴别价值。

在关于儿童 POTS 方面, 林爱琴等[21]对 32 例 POTS 患儿及 32 名健康儿童 HRV 的各项参数进行分析, 得出实验组 SDNN、rMSSD、PNN50 下降, HF 下降、LF/HF 升高, 提示 POTS 患儿存在自主神经功能障碍, 交感与副交感神经二者调控处于失衡状态, 且以后者降低为主。刘彩琼等人[22]通过对 27 例 POTS 儿童与 31 例健康对照组进行 HRV 分析, 得出 POTS 患儿的 SDNN (158.2 ± 32.0 ms vs. 133.3 ± 26.6 ms)、SDANN (138.3 ± 31.2 ms vs. 118.6 ± 29.8 ms)、SDNNi (96.2 ± 23.3 ms vs. 69.5 ± 18.0 ms)及 pNN50 ($29.1 \pm 14.3\%$ vs. $18.0 \pm 11.5\%$)等指标均显著高于对照组(均 $P < 0.05$), 表明 POTS 儿童存在交感神经活性增强和迷走神经功能减弱的自主神经失衡。同时, Wang 等[23]发现在儿童 NMS 患者中, VVS 组的 dULF、nULF、

dVLF 和 nVLF 显著高于 POTS 组, 其中 dULF 的 ROC 曲线下面积(AUC)为 0.826, 灵敏度和特异性分别为 73.3%和 72.5%, 指出 dULF 可作为儿童 VVS 与 POTS 鉴别诊断的有效指标。

4.3. HRV 在预后评估中的应用

Wang 等[24]通过前瞻性队列研究方法, 对 45 名接受美托洛尔治疗的 POTS 儿童及 17 名健康儿童对照进行 HRV 分析, 发现对美托洛尔有反应者(responders, $n = 34$)的基线时间域参数(如 SDNN 指数均值 63.2 ms vs. 84.5 ms, $P < 0.001$)及频率域参数(如 LF 883.4 ms^2 vs. 1630.7 ms^2 , $P < 0.001$)显著低于无反应者(non-responders, $n = 11$), 而 LF/HF 比值较高(1.7 vs. 1.2, $P = 0.03$), 进行 ROC 曲线分析表明, TR 指数 ≤ 33.7 联合 SDNN 指数 ≤ 79.0 ms 的截断值预测疗效的敏感性为 85.3%、特异性为 81.8%。长期随访显示, 符合该标准的患儿 48 个月累积症状率显著更低(11.9% vs. 69.8%, $P = 0.015$), 因此他们指出基线 HRV 参数(尤其是 TR 指数与 SDNN 指数组合)可作为非侵入性工具, 有效预测美托洛尔在 POTS 儿童中的治疗反应。

此外, 在一项探讨 HRV 对 VVS 的预后预测价值研究中, Du 等[25]通过回顾性分析 119 例接受直立训练的 VVS 患儿(训练集 73 例, 验证集 46 例), 利用 Lasso 回归筛选变量并结合逻辑回归构建预测模型, 研究发现, 年龄($OR = 1.347$)和反映副交感活性的时域参数 rMSSD ($OR = 1.057$)是疗效的独立预测因子, 年龄每增加 1 岁, 疗效概率提高 34.7%; rMSSD 每增加 1 ms, 疗效概率提高 5.7%, 基于二者建立的列线图模型在训练集和验证集中分别显示出 0.81 (95%CI: 0.71~0.91)和 0.80 (95%CI: 0.66~0.93)的 AUC 值, 灵敏度为 0.686~0.625, 特异度为 0.868~0.909。

5. DC 在 NMS 中的诊断及预后预测价值

5.1. DC 的诊断价值

已有多项成人研究证实, VVS 患者的 DC 值显著高于健康人群, 提示其静息状态下迷走神经张力增强。Wang 等[26]发现, VVS 组的 DC 值(9.3 ± 2.1 ms)较对照组(7.4 ± 1.4 ms)显著升高($P < 0.001$), 且多变量分析显示 DC 是独立预测因子($OR = 1.746$)。Zheng 等[8]进一步验证了 DC 的诊断效能, 其 ROC 曲线下面积(AUC)达 0.809, 最佳截断值为 7.12 ms (敏感性 77.6%, 特异性 80%)。此外, Guo 等[27]还指出 DC 的诊断优势在 HUTT 阴性患者中尤为突出($AUC = 0.789$), 表明其可弥补 HUTT 灵敏度不足的缺陷。相较于传统 HRV 指标(如 SDNN、RMSSD), DC 因消除非周期性干扰(如心律失常)而具有更高的稳定性[8][27]。在 VVS 的血流动力学分型中, Tu 等[28]发现心脏抑制型 VVS 的 DC 值(8.36 ± 1.15 ms)高于血管抑制型(7.12 ± 1.09 ms), 表明其具有更高的迷走神经张力。

在儿童 VVS 人群中, DC 同样被发现具有诊断预测价值。闫菲等[11]报道 VVS 组患儿的 DC 值(7.11 ± 1.49 ms vs. 4.05 ± 0.66 ms, $P < 0.05$)显著升高, 提示 DC 对 VVS 患儿诊断具有较高的敏感性。童可等[12]进一步通过 ROC 曲线分析提出, 学龄期儿童 DC 截断值为 7.72 ms ($AUC = 0.717$), 青春期截断值为 8.36 ms ($AUC = 0.692$), 灵敏度和特异度均超过 60%, 证实 DC 可作为儿童 VVS 的有效筛查工具, 且诊断阈值可能与年龄相关。

5.2. DC 的预后预测能力

DC 不仅在 NMS 的诊断方面展现了独特的价值, 还可指导治疗决策和预测复发风险。Tu 等[28]针对接受心脏神经消融术的难治性 VVS 患者发现, 基线夜间 $DC \geq 10$ ms 的群体术后晕厥复发风险显著降低 ($AUC = 0.757$), 提示 DC 可作为消融适应证筛选的客观标准。Sun 等[29]的长期随访研究(平均 36.4 个月)显示, 左心房神经节消融术后患者 DC 值显著下降(9.6 ± 3.3 ms vs. 7.2 ± 2.1 ms, $P < 0.001$), 且 DC 变化与

迷走神经张力恢复相关, 证实其用于术后疗效评估的可行性。

6. HRV 与 DC

DC 与 HRV 都是用于评估心脏自主神经功能的无创指标, 但 HRV 关于 NMS 的研究结果互不统一甚至相互矛盾[16] [19] [20] [21], 可能是因为分析 HRV 难以区分迷走神经和交感神经调节剂对心脏的初始影响, 且缺乏标准化方法, 以及 HRV 参数易受年龄、性别、身体素质、睡眠质量和药物使用等因素影响[7] [14] [30]。相较于传统 HRV, DC 受外界干扰更小, 特异性更高。Guo 等[27]在成人中对比了 DC 与 SDNN、RMSSD、pNN50、LF、HF 等常用 HRV 指标, 结果显示阴性组 DC 和 SDNN 水平显著低于阳性组, 且 DC 与这种差异的相关性比 SDNN 更强, 优势比分别为 1.710 和 1.033, 这表明 DC 在评估自主神经系统功能方面比传统 HRV 更有效。因为 DC 能够提取并量化心率受减速调控的幅度, 从而对 VVS 患者的迷走神经张力进行定量评估, 并且可通过 DC 算法识别自主神经调节过程中重复出现的规律性成分, 同时滤除干扰伪差、心律不齐等非重复性成分, 显著提高了对 VVS 患者评估结果的一致性和可靠性[8]。研究还发现 DC 与 HRV 参数(如 SDNN、RMSSD、HF)呈显著正相关($r=0.84\sim0.92$) [11] [12], 而与 LF/HF 负相关($r=-0.36$) [12], 表明 DC 不仅反映迷走神经张力增强, 还可间接评估交感-迷走神经平衡状态。因此, HRV 可与 DC 联合分析提高其临床应用效能, 比如用以预测晕厥发作, Huang 等[31]研究表明, 通过动态监测 DC 与 HRV(如 HF 下降、DC 骤降)可预警晕厥事件, 敏感度达 85%。

7. 小结

DC 和 HRV 作为无创、定量评估自主神经功能的指标, 在儿童 VVS 和 POTS 中展现出了相应的变化特征, 具有一定的诊断和预后预测价值。但同时, 其存在的问题也较为突出: (1) 结果异质性: 不同研究对 HRV 在 NMS 中的参数(如 LF/HF)变化方向结论不一, 这可能与 HRV 易受外界诸多因素影响(如环境、生理状态、运动、情绪等)有关, 导致 HRV 的敏感性、特异性和稳定性不佳, 从而受到质疑。(2) 技术标准化不足: 虽然 DC 的预测价值已得到广泛支持, 但不同研究、针对不同人群提出的最佳截断值仍存在差异, 尚未有统一的标准。未来需在儿童开展大样本量的多中心回顾性或前瞻性队列研究, 纳入 NMS 疑似病例, 对 HUTT 阳性组以及 HUTT 阴性组的 DC 以及 HRV 进行对比分析评估显著差异指标(变量包括年龄、性别、疾病的严重程度、HUTT 阳性组的分型、HUTT 阳性反应的阶段), 多因素 logistic 回归分析探究危险因素与 NMS 的潜在联系, 通过 ROC 曲线下面积及其 95%置信区间(CI)评估判别能力, 以探讨 DC 联合 HRV 的诊断效能, 确立不同年龄段的 NMS 患儿的诊断阈值, 推动 DC 与 HRV 在临床实践中的应用, 为儿童 NMS 的早期诊断和个体化治疗提供有力支持。

参考文献

- [1] Wang, C., Li, Y., Liao, Y., Tian, H., Huang, M., Dong, X., et al. (2018) 2018 Chinese Pediatric Cardiology Society (CPCS) Guideline for Diagnosis and Treatment of Syncope in Children and Adolescents. *Science Bulletin*, **63**, 1558-1564. <https://doi.org/10.1016/j.scib.2018.09.019>
- [2] Zavala, R., Metais, B., Tuckfield, L., DelVecchio, M. and Aronoff, S. (2020) Pediatric Syncope: A Systematic Review. *Pediatric Emergency Care*, **36**, 442-445. <https://doi.org/10.1097/pec.0000000000002149>
- [3] Li, H., Gao, L. and Yuan, Y. (2021) Advance in the Understanding of Vasovagal Syncope in Children and Adolescents. *World Journal of Pediatrics*, **17**, 58-62. <https://doi.org/10.1007/s12519-020-00367-z>
- [4] Mar, P.L. and Raj, S.R. (2020) Postural Orthostatic Tachycardia Syndrome: Mechanisms and New Therapies. *Annual Review of Medicine*, **71**, 235-248. <https://doi.org/10.1146/annurev-med-041818-011630>
- [5] Fedorowski, A. (2018) Postural Orthostatic Tachycardia Syndrome: Clinical Presentation, Aetiology and Management. *Journal of Internal Medicine*, **285**, 352-366. <https://doi.org/10.1111/joim.12852>
- [6] Brignole, M., Moya, A., de Lange, F.J., Deharo, J., Elliott, P.M., Fanciulli, A., et al. (2018) 2018 ESC Guidelines for the Diagnosis and Management of Syncope. *European Heart Journal*, **39**, 1883-1948.

- <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy037>
- [7] Malik, M., Bigger, J.T., Camm, A.J., Kleiger, R.E., Malliani, A., Moss, A.J., *et al.* (1996) Heart Rate Variability: Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use. *European Heart Journal*, **17**, 354-381. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a014868>
 - [8] Zheng, L., Sun, W., Liu, S., Liang, E., Du, Z., Guo, J., *et al.* (2020) The Diagnostic Value of Cardiac Deceleration Capacity in Vasovagal Syncope. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*, **13**, e008659. <https://doi.org/10.1161/circep.120.008659>
 - [9] 郭继鸿. 心率减速力检测[J]. 临床心电学杂志, 2009, 18(1): 59-68.
 - [10] Shim, S.H., Park, S., Moon, S.N., Oh, J.H., Lee, J.Y., Kim, H.H., *et al.* (2014) Baseline Heart Rate Variability in Children and Adolescents with Vasovagal Syncope. *Korean Journal of Pediatrics*, **57**, 193-198. <https://doi.org/10.3345/kjp.2014.57.4.193>
 - [11] 闫菲, 吴蕊, 韩雅琪, 等. 血管迷走性晕厥患儿无症状期心率减速力与连续心率减速力变化情况及其临床价值研究[J]. 中国全科医学, 2019, 22(36): 4429-4434.
 - [12] 童可, 何爽, 明黎, 等. 血管迷走性晕厥患儿无症状期自主神经功能分析[J]. 临床儿科杂志, 2020, 38(9): 665-670.
 - [13] Guzik, P., Piskorski, J., Barthel, P., Bauer, A., Müller, A., Junk, N., *et al.* (2012) Heart Rate Deceleration Runs for Postinfarction Risk Prediction. *Journal of Electrocardiology*, **45**, 70-76. <https://doi.org/10.1016/j.jelectrocard.2011.08.006>
 - [14] 刘强, 刘业发, 徐富, 等. 心率变异性临床评定分析[J]. 慢性病学杂志, 2022, 23(10): 1448-1452.
 - [15] Alehan, D., Çeliker, A. and Özme, Ş. (1996) Head-Up Tilt Test: A Highly Sensitive, Specific Test for Children with Unexplained Syncope. *Pediatric Cardiology*, **17**, 86-90. <https://doi.org/10.1007/bf02505089>
 - [16] Alehan, D., Ayabakan, C. and Özer, S. (2002) Heart Rate Variability and Autonomic Nervous System Changes in Children with Vasovagal Syncope. *Pacing and Clinical Electrophysiology*, **25**, 1331-1338. <https://doi.org/10.1046/j.1460-9592.2002.01331.x>
 - [17] Evrengul, H., Tavlı, V., Evrengul, H., Tavlı, T. and Dursunoglu, D. (2006) Spectral and Time-Domain Analyses of Heart-Rate Variability during Head-Upright Tilt-Table Testing in Children with Neurally Mediated Syncope. *Pediatric Cardiology*, **27**, 670-678. <https://doi.org/10.1007/s00246-003-0598-9>
 - [18] Ciliberti, M.A.P., Santoro, F., Di Martino, L.F.M., Rinaldi, A.C., Salvemini, G., Cipriani, F., *et al.* (2018) Predictive Value of Very Low Frequency at Spectral Analysis among Patients with Unexplained Syncope Assessed by Head-Up Tilt Testing. *Archives of Cardiovascular Diseases*, **111**, 95-100. <https://doi.org/10.1016/j.acvd.2017.04.006>
 - [19] Oliveira, P.M.L., de Silva, R.M.F.L., de Assis FonsecaTonelli, H., Meira, Z.M.A. and de Carvalho Coelho Mota, C. (2023) Perfil clínico, autonômico e escore de calgary modificado de crianças e adolescentes com presumida Síncope vasovagal submetidos ao teste de inclinação. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, **120**, e20220543. <https://doi.org/10.36660/abc.20220543>
 - [20] Swai, J., Hu, Z., Zhao, X., Rugambwa, T. and Ming, G. (2019) Heart Rate and Heart Rate Variability Comparison between Postural Orthostatic Tachycardia Syndrome versus Healthy Participants; a Systematic Review and Meta-Analysis. *BMC Cardiovascular Disorders*, **19**, Article No. 320. <https://doi.org/10.1186/s12872-019-01298-y>
 - [21] 林爱琴, 于雁, 郭信长, 等. 心率变异性与体位性心动过速综合征的关系[J]. 实用儿科临床杂志, 2012, 27(13): 1043-1044.
 - [22] 刘彩琼, 孙景辉. 体位性心动过速综合征儿童心率变异性特征[J]. 吉林医学, 2016, 37(9): 2215-2217.
 - [23] Wang, Y., Zhang, C., Chen, S., Li, X., Jin, H. and Du, J. (2019) Frequency Domain Indices of Heart Rate Variability Are Useful for Differentiating Vasovagal Syncope and Postural Tachycardia Syndrome in Children. *The Journal of Pediatrics*, **207**, 59-63. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2018.11.054>
 - [24] Wang, Y., Zhang, C., Chen, S., Liu, P., Wang, Y., Tang, C., *et al.* (2019) Heart Rate Variability Predicts Therapeutic Response to Metoprolol in Children with Postural Tachycardia Syndrome. *Frontiers in Neuroscience*, **13**, Article 1214. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.01214>
 - [25] Du, X., Liu, P., Xiang, D., Zhang, C., Du, J., Jin, H., *et al.* (2024) Nomogram Based on HRV for Predicting the Therapeutic Effects of Orthostatic Training in Children with Vasovagal Syncope. *Children*, **11**, Article 1467. <https://doi.org/10.3390/children11121467>
 - [26] Wang, J., Xu, J., Qiu, Y., Yang, R., Wang, W. and Gao, C. (2024) Cardiac Deceleration Capacity and Acceleration Capacity Have Diagnostic Value in Patients with Vasovagal Syncope Regardless of Age. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, **11**, Article 1495129. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2024.1495129>
 - [27] Guo, Y., Lin, T., Lin, N. and Lin, H. (2024) Effectiveness Analysis of Deceleration Capacity and Traditional Heart Rate

- Variability in Diagnosing Vasovagal Syncope. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, **11**, Article 1333684. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2024.1333684>
- [28] Tu, B., Wu, L., Hu, F., Fan, S., Liu, S., Liu, L., *et al.* (2022) Cardiac Deceleration Capacity as an Indicator for Cardioneuroablation in Patients with Refractory Vasovagal Syncope. *Heart Rhythm*, **19**, 562-569. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2021.12.007>
- [29] Sun, W., Zheng, L., Qiao, Y., Shi, R., Hou, B., Wu, L., *et al.* (2016) Catheter Ablation as a Treatment for Vasovagal Syncope: Long-Term Outcome of Endocardial Autonomic Modification of the Left Atrium. *Journal of the American Heart Association*, **5**, e003471. <https://doi.org/10.1161/jaha.116.003471>
- [30] Shaffer, F., McCraty, R. and Zerr, C.L. (2014) A Healthy Heart Is Not a Metronome: An Integrative Review of the Heart's Anatomy and Heart Rate Variability. *Frontiers in Psychology*, **5**, Article 1040. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01040>
- [31] Huang, F., Xu, C., Deng, X., Zuo, P., Lin, F., Fan, J., *et al.* (2017) Deceleration Capacity—A Novel Measure for Autonomic Nervous System in Patients with Vasovagal Syncope on Tilt-Table Testing. *Journal of Huazhong University of Science and Technology [Medical Sciences]*, **37**, 326-331. <https://doi.org/10.1007/s11596-017-1735-7>