

心血管疾病多学科交叉研究专题

2型糖尿病合并冠心病患者心率变异性变化及其与心功能的相关性分析

陈晨¹, 李华¹, 童全秀¹, 王联发¹, 何非²

(1. 中国人民解放军联勤保障部队第九〇一医院 心内二科, 安徽 合肥, 230031;

2. 安徽医科大学第二附属医院 心内科, 安徽 合肥, 230601)

摘要:目的 分析2型糖尿病(T2DM)合并冠心病患者心率变异性(HRV)变化及其与心功能的相关性。方法 选取未合并冠心病的T2DM患者58例(T2DM组)、T2DM合并冠心病患者40例(T2DM合并冠心病组)、健康志愿者30例(对照组)作为研究对象,分析HRV参数[24 h正常R-R间期标准差(SDNN)、全程相邻RR间期差值的均方根(rMSSD)、全部相邻的RR间期差值大于50 ms的百分数(PNN50)、极低频功率(VLF)、低频功率(LF)、高频功率(HF)]与心功能分级、冠状动脉(简称冠脉)病变程度的相关性。结果 T2DM组、T2DM合并冠心病组SDNN、rMSSD、PNN50、VLF、LF、HF低于对照组,T2DM合并冠心病组SDNN、rMSSD、PNN50、VLF、LF、HF低于T2DM组,差异有统计学意义($P < 0.05$);随着美国纽约心脏病学会(NYHA)分级升高、冠脉病变支数增加,SDNN、rMSSD、PNN50、HF下降,差异有统计学意义($P < 0.05$);T2DM合并冠心病患者SDNN、rMSSD、PNN50、HF均与NYHA分级呈显著负相关($P < 0.05$),rMSSD、PNN50、HF均与冠脉病变程度呈显著负相关($P < 0.05$)。结论 T2DM合并冠心病患者HRV各参数呈下降趋势,且SDNN、rMSSD、PNN50、HF与心功能相关,rMSSD、PNN50、HF与冠脉病变严重程度相关。

关键词: 2型糖尿病; 冠心病; 心率变异性; 心功能; 冠状动脉病变

中图分类号: R 587.1; R 541.4 文献标志码: A 文章编号: 1672-2353(2021)19-043-06 DOI: 10.7619/jcmp.20212661

Changes of heart rate variability in type 2 diabetes mellitus patients complicating with coronary heart disease and its correlation with cardiac function

CHEN Chen¹, LI Hua¹, TONG Quanxiu¹, WANG Lianfa¹, HE Fei²

(1. Second Department of Cardiology, the 901st Hospital of the Joint Logistics Support Force of Chinese People's Liberation Army, Hefei, Anhui, 230031; 2. Department of Cardiology, the Second Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei, Anhui, 230601)

Abstract: Objective To analyze the changes of heart rate variability (HRV) in type 2 diabetes mellitus (T2DM) patients complicating with coronary heart disease (CHD), and its correlation with cardiac function. **Methods** Totally 58 patients with T2DM but without CHD (T2DM group), 40 patients with T2DM and CHD (T2DM with CHD group), and 30 healthy volunteers (control group) were selected as research subjects. The correlations of HRV parameters [24 h standard deviation of normal R-R intervals (SDNN), root mean sum of the squared differences between R-R intervals (rMSSD), percentage of adjacent NN intervals differing by more than 50 ms (PNN50), very low frequency (VLF), low frequency (LF), high frequency (HF)] with the grade of cardiac function and the severity of coronary artery lesions were analyzed. **Results** The SDNN, rMSSD, PNN50, VLF, LF and HF were lower in the T2DM group and the T2DM with CHD group than those in the control group, and lower in the T2DM with CHD group than those of the T2DM group ($P < 0.05$). With the increase of New York Heart Association (NYHA) grade and the number of coronary artery lesions, SDNN, rMSSD, PNN50 and HF decreased, with statistically significant differences ($P < 0.05$). SDNN,

rMSSD, PNN50 and HF were negatively correlated with NYHA grade in the T2DM with CHD group ($P < 0.05$). The rMSSD, PNN50 and HF were negatively correlated with the severity of coronary artery lesions ($P < 0.05$). **Conclusion** HRV parameters show a decreasing trend in patients with T2DM and CHD. SDNN, rMSSD, PNN50 and HF are related to cardiac function, while rMSSD, PNN50 and HF are related to the severity of coronary artery lesions.

Key words: type 2 diabetes mellitus; coronary heart disease; heart rate variability; cardiac function; coronary artery lesion

糖尿病 (DM) 是一种慢性非传染性疾病, 其中 2 型糖尿病 (T2DM) 为 DM 的主要类型, 是心血管疾病的重要危险因素^[1]。T2DM 患者并发的心血管疾病种类繁多, 在心血管疾病的影响下, T2DM 患者的生活质量受到严重影响, 还可出现残疾甚至死亡^[2]。自主神经病变 (DAN) 常发生于 T2DM 患者, 病变可涉及周围神经、自主神经、颅神经等, 而心率变异性 (HRV) 为连续正常心搏间期变化的变异性, HRV 降低反映迷走神经活性下降或交感神经活性上升, 为导致心律失常及猝死的重要危险因素^[3]。HRV 是衡量心脏自主神经功能的重要指标^[4], 有研究^[5-6]发现心脏变时功能不全与高血糖毒性作用、脂质沉积、氧化应激反应有着密切关系, 且合并心脏变时功能不全患者的 HRV 下降^[6], 故 HRV 降低可能是糖尿病患者 DAN 的早期表现。目前关于 HRV 变化与 T2DM 合并冠心病患者心功能关系的研究不多, 本研究分析了 T2DM 合并冠心病患者 HRV 变化及其与心功能、冠状动脉 (简称冠脉) 病变程度的关系, 现报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2018 年 1 月—2020 年 6 月本院收治的 98 例 T2DM 患者作为研究对象, 将未合并冠心病的 58 例 T2DM 患者纳入 T2DM 组, 将合并冠心病的 40 例 T2DM 患者纳入 T2DM 合并冠心病组。纳入标准: ① 符合 T2DM 诊断标准者, 糖化血红蛋白 (HbA1c) $\geq 6.5\%$ 且空腹血糖 (FBG) ≥ 7.0 mmol/L 或口服葡萄糖耐量试验 (OGTT) 餐后 2 h 血糖 (2 hPG) ≥ 11.1 mmol/L 或伴典型高血糖与高血糖危象症状的患者随机血糖 ≥ 11.1 mmol/L; ② 合并冠心病者符合冠心病的诊断标准^[7], 有典型心绞痛症状, 冠脉造影检查提示主要冠脉血管狭窄程度 $\geq 50\%$; ③ 基础心律为窦性心律, 且心电图资料与各项临床资料均完整者。排除标

准: ① 酮症酸中毒或甲状腺疾病患者, 就诊时存在 DM 急性并发症、应激情况者; ② 合并严重肝、呼吸系统疾病或精神障碍者; ③ 合并先天性心脏病、严重心肺病变或伴明显认知功能障碍者。另选取健康志愿者 30 例纳入对照组, 近 3 个月内均无应激情况或各系统感染史, 无肝脏病变、血液系统病变、认知功能障碍或精神性疾病。所有纳入对象对本研究知情且自愿参与, 本研究已经过本院医学伦理委员会审核批准。

1.2 方法

1.2.1 资料采集: 搜集所有入组对象的临床资料, 包括性别、年龄、美国纽约心脏病学会 (NYHA) 分级、T2DM 病程、吸烟饮酒史、体质指数 (BMI)、血糖指标 (HbA1c、FBG)、肝肾功能指标 [谷丙转氨酶 (ALT)、谷酰转氨酶 (AST)、尿素氮 (BUN)、肌酐 (Scr)]、血脂指标 [总胆固醇 (TC)、甘油三酯 (TG)、低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇 (HDL-C)] 等。

1.2.2 冠心病病变评估: 心功能分级参照 NYHA 分级进行评估, 分为 I 级 (活动量不受限, 一般活动不会引起呼吸困难、心绞痛、心悸或疲乏症状)、II 级 (体力活动轻微受限, 休息时无自觉症状, 但一般活动可引起心悸、呼吸困难、疲乏或心绞痛表现)、III 级 (体力活动明显受限, 小于一般活动即可引起心悸、呼吸困难、疲乏或心绞痛表现)、IV 级 (难以从事任何体力劳动, 休息状态下仍可见心悸、呼吸困难、疲乏或心绞痛症状, 且活动后加剧); 同时依据血管病变支数分为单支、双支、多支病变。

1.2.3 HRV 相关参数测定: 纳入对象均行 24 h 动态心电图检查 (T2DM 合并冠心病组于术前进行检查), 以 12 导联动态心电图分析系统 (美国迪姆软件有限公司) 连续记录, 采用 QHRV1-心率变异分析软件 (QHRV Pro + HW6 型, 购自加拿大 Medeia 公司) 回放系统与人工对话分析相结合, 去除异位搏动干扰, 测定 HRV 相关参数。HRV

时域参数中, 24 h 正常 R-R 间期标准差(SDNN)即所有窦性 NN 间期的标准差(QHRV 系统定义的正常值下限为 40 ms), 全程相邻 RR 间期差值的均方根(rMSSD)即相邻 NN 间期的均方根, 全部相邻的 RR 间期差值大于 50 ms 的百分数(PNN50)即相邻 NN 间期差值 >50 ms 的个数占窦性心搏个数百分比; HRV 频域参数包括极低频功率(VLF)、低频功率(LF)、高频功率(HF)。

1.3 观察指标

① 比较 3 组一般资料; ② 比较 3 组入院时 HRV 参数变化; ③ 比较 T2DM 合并冠心病患者中不同心功能分级、冠脉病变程度者的 HRV 参数; ④ 分析 T2DM 合并冠心病患者 HRV 参数与

心功能分级、冠脉病变程度的相关性。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 20.0 统计学软件处理数据, 计数资料以[$n(\%)$]表示, 比较采用 χ^2 检验, 计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示, 行独立样本 t 检验、单因素方差分析或 LSD- t 检验, 相关性分析采用 Spearman 相关分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 3 组一般资料比较

3 组 HbA1c、FBG 比较, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 3 组其他一般资料比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 3 组一般资料比较($\bar{x} \pm s$)

指标	T2DM 组($n=58$)	T2DM 合并冠心病组($n=40$)	对照组($n=30$)	$\chi^2/F/t$	P	
性别 男	30(51.72)	23(57.50)	16(53.33)	0.324	0.851	
女	28(48.28)	17(42.50)	14(46.67)			
年龄/岁	61.81 ± 6.01	60.93 ± 6.92	62.10 ± 6.45	0.344	0.709	
NYHA 分级	I 级	21(36.21)	9(22.50)	—	4.168	0.244
	II 级	19(32.76)	11(27.50)	—		
	III 级	14(24.14)	14(35.00)	—		
	IV 级	4(6.90)	6(15.00)	—		
T2DM 病程/年	6.51 ± 0.68	6.72 ± 0.59	—	1.555	0.123	
吸烟饮酒史	16(27.59)	9(22.50)	7(23.33)	0.384	0.825	
BMI/(kg/m^2)	23.32 ± 2.79	24.23 ± 2.24	24.30 ± 2.13	2.280	0.107	
HbA1c/%	7.10 ± 0.75	6.44 ± 0.79	5.34 ± 0.57	58.264	<0.001	
FBG/(mmol/L)	9.25 ± 1.10	9.76 ± 1.06	5.68 ± 0.62	168.070	<0.001	
ALT/(IU/L)	13.45 ± 2.13	13.86 ± 1.45	13.20 ± 1.06	1.320	0.271	
AST/(IU/L)	8.21 ± 0.77	7.91 ± 0.83	8.05 ± 0.71	1.804	0.169	
BUN/(mmol/L)	6.01 ± 0.67	6.03 ± 0.70	5.97 ± 0.71	0.061	0.941	
Ser/($\mu\text{mol}/\text{L}$)	72.62 ± 7.06	74.12 ± 8.01	74.45 ± 7.64	0.774	0.463	
TC/(mmol/L)	3.98 ± 0.37	4.13 ± 0.43	3.95 ± 0.53	1.955	0.146	
TG/(mmol/L)	1.66 ± 0.19	1.70 ± 0.15	1.74 ± 0.17	2.347	0.100	
LDL-C/(mmol/L)	3.50 ± 0.34	3.42 ± 0.34	3.36 ± 0.45	1.441	0.241	
HDL-C/(mmol/L)	1.29 ± 0.15	1.31 ± 0.12	1.31 ± 0.16	0.191	0.826	

NYHA: 美国纽约心脏病学会; T2DM: 2 型糖尿病; BMI: 体质量指数; HbA1c: 糖化血红蛋白; FBG: 空腹血糖; ALT: 谷丙转氨酶; AST: 谷酰转氨酶; BUN: 尿素氮; Ser: 肌酐; TC: 总胆固醇; TG: 甘油三酯; LDL-C: 低密度脂蛋白胆固醇; HDL-C: 高密度脂蛋白胆固醇。

2.2 3 组 HRV 参数比较

T2DM 组、T2DM 合并冠心病组 SDNN、rMSSD、PNN50、VLF、LF、HF 低于对照组, 且

T2DM 合并冠心病组 SDNN、rMSSD、PNN50、VLF、LF、HF 低于 T2DM 组, 差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 3 组 HRV 参数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	SDNN/ms	rMSSD/ms	PNN50/%	VLF/ ms^2	LF/ ms^2	HF/ ms^2
对照组($n=30$)	118.68 ± 10.22	40.58 ± 3.67	7.28 ± 0.89	120.87 ± 14.18	147.14 ± 16.11	168.82 ± 18.03
T2DM 组($n=58$)	90.82 ± 9.49*	32.50 ± 3.56*	5.18 ± 0.56*	91.35 ± 5.18*	90.97 ± 9.40*	94.86 ± 9.72*
T2DM 合并冠心病组($n=40$)	83.49 ± 9.82*#	27.47 ± 4.52*#	3.97 ± 1.14*#	85.84 ± 10.29*#	83.27 ± 7.49*#	88.24 ± 11.36*#

SDNN: 24 h 正常 R-R 间期标准差; rMSSD: 全程相邻 RR 间期差值的均方根; PNN50: 全部相邻的 RR 间期差值大于 50 ms 的百分数; VLF: 极低频功率; LF: 低频功率; HF: 高频功率。与对照组比较, * $P < 0.05$; 与 T2DM 组比较, # $P < 0.05$ 。

2.3 不同 NYHA 分级患者 HRV 参数比较

T2DM 合并冠心病组患者 NYHA 分级结果显示, I 级、II 级、III 级、IV 级分别为 9、11、14、6 例。随着 NYHA 分级的升高, T2DM 合并冠心病患者 SDNN、rMSSD、PNN50、HF 下降, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 而 VLF、LF 变化差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 3。

2.4 不同冠脉病变患者 HRV 参数比较

T2DM 合并冠心病患者中, 冠脉单支、双支、多支病变分别为 16、11、13 例。冠脉多支病变患

者 SDNN、rMSSD、PNN50、HF 低于单支病变、双支病变患者, 双支病变患者 SDNN、rMSSD、PNN50 低于单支病变, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 不同冠脉病变程度患者 VLF、LF 比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 4。

2.5 HRV 参数与心功能、冠脉病变程度的相关性

Spearman 相关分析显示, T2DM 合并冠心病患者中, SDNN、rMSSD、PNN50、HF 均与 NYHA 分级呈显著负相关($P < 0.05$), rMSSD、PNN50、HF 均与冠脉病变程度呈显著负相关($P < 0.05$)。见表 5。

表 3 不同 NYHA 分级患者 HRV 参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

NYHA 分级	n	SDNN/ms	rMSSD/ms	PNN50/%	VLF/ms ²	LF/ms ²	HF/ms ²
I 级	9	88.80 ± 9.82	29.61 ± 3.09	4.73 ± 0.86	82.75 ± 7.75	82.77 ± 6.80	98.10 ± 10.38
II 级	11	85.68 ± 7.88	28.78 ± 3.62	4.47 ± 1.03	87.83 ± 6.98	84.17 ± 9.05	87.70 ± 13.12
III 级	14	82.02 ± 10.77	27.07 ± 5.00	3.70 ± 0.90*	86.18 ± 11.03	83.55 ± 7.87	84.71 ± 8.32*
IV 级	6	74.96 ± 4.23*	22.78 ± 3.76*#	2.55 ± 0.69*#Δ	86.03 ± 17.00	81.73 ± 5.80	82.69 ± 7.86*

NYHA: 美国纽约心脏病学会; SDNN: 24 h 正常 R-R 间期标准差; rMSSD: 全程相邻 RR 间期差值的均方根; PNN50: 全部相邻的 RR 间期差值大于 50 ms 的百分数; VLF: 极低频功率; LF: 低频功率; HF: 高频功率。与 I 级比较, * $P < 0.05$; 与 II 级比较, # $P < 0.05$; 与 III 级比较, Δ $P < 0.05$ 。

表 4 不同冠脉病变患者 HRV 参数比较 ($\bar{x} \pm s$)

冠脉病变程度	SDNN/ms	rMSSD/ms	PNN50/%	VLF/ms ²	LF/ms ²	HF/ms ²
单支病变(n=16)	88.19 ± 7.78*	29.93 ± 2.94*	4.81 ± 0.53*	86.03 ± 8.51	85.37 ± 6.30	94.95 ± 10.77*
双支病变(n=11)	83.28 ± 9.64*#	26.83 ± 4.40*#	4.10 ± 1.11*#	85.33 ± 9.98	83.35 ± 7.59	86.67 ± 10.69*
多支病变(n=13)	76.91 ± 9.53	24.97 ± 4.93	2.84 ± 0.70	86.04 ± 13.04	80.62 ± 8.44	81.31 ± 8.04

SDNN: 24 h 正常 R-R 间期标准差; rMSSD: 全程相邻 RR 间期差值的均方根; PNN50: 全部相邻的 RR 间期差值大于 50 ms 的百分数; VLF: 极低频功率; LF: 低频功率; HF: 高频功率。与多支病变比较, * $P < 0.05$; 与单支病变比较, # $P < 0.05$ 。

表 5 HRV 参数与心功能、冠脉病变程度的相关性

HRV 参数	NYHA 分级		冠脉病变程度	
	r	P	r	P
SDNN	-0.442	0.004	-0.237	0.141
rMSSD	-0.456	0.003	-0.475	0.002
PNN50	-0.617	<0.001	-0.739	<0.001
HF	-0.458	0.003	-0.519	<0.001

HRV: 心率变异性; SDNN: 24 h 正常 R-R 间期标准差; rMSSD: 全程相邻 RR 间期差值的均方根; PNN50: 全部相邻的 RR 间期差值大于 50 ms 的百分数; HF: 高频功率。

经造成病理改变使得痛觉敏感度下降, 此类患者常缺乏冠心病典型表现, 更易发生无症状心肌缺血, 严重者甚至会猝死。HRV 指连续正常心搏间期变化的变异性, HRV 降低提示迷走神经活性降低或交感神经活性增高, 是心律失常和猝死的重要危险因素^[10]。作为反映交感神经与副交感神经张力、平衡的无创性指标, 已有不少学者^[11-12]发现 HRV 与 T2DM 有着密切关系, HRV 越低表示患者 T2DM 病情可能更严重, HRV 参与 T2DM 患者的 DAN。孟文全等^[13]采用依帕司他治疗 T2DM 合并冠心病, 发现患者 HRV 得到明显改善, 提示 HRV 与 T2DM 合并冠心病患者可能也具有一定关系。

3 讨论

T2DM 导致的糖脂代谢紊乱是引起心血管并发症的主要原因, 也是患者致残率与病死率较高的原因^[8]。早期研究^[9]发现, T2DM 大血管病变为导致冠心病的关键因素, 高血糖、胰岛素抵抗等可引起动脉粥样硬化进展, 使得冠心病发病风险增加, 而 T2DM 并发冠心病患者常因糖尿病对神

HRV 参数中, PNN50、RMSSD 可反映迷走神经张力, 其值降低表明迷走神经张力下降, SDNN、SDANN 可反映交感神经张力, 当交感神经张力上升时其值升高^[14]。本研究结果显示, T2DM 组、T2DM 合并冠心病组 SDNN、rMSSD、

PNN50、VLF、LF、HF 低于对照组,且 T2DM 合并冠心病组 SDNN、rMSSD、PNN50、VLF、LF、HF 低于 T2DM 组,差异有统计学意义($P < 0.05$),与周侠等^[15]研究结果一致,表明 T2DM 合并冠心病患者 HRV 呈降低趋势。HRV 来源于心电图 RR 间期的变异性,可反映自主神经系统对心脏窦房结的调节情况,间接反映心脏自主神经系统的平衡,HRV 降低可作为慢性心力衰竭、心肌梗死、不稳定型心绞痛、高血压等心血管疾病与糖尿病等的不良预后因素。BESHLEVA D D 等^[16]也发现,T2DM 合并冠心病患者的心血管自主神经病变(CAN)较无冠心病的 T2DM 患者更常见,相对风险比为 3.3(95% CI 为 1.3 ~ 8.2),与无 CAN 的患者相比,T2DM 合并冠心病组中有严重 CAN 的患者出现多支冠脉病变的风险高 4 倍。本研究发现,T2DM 合并冠心病患者 HRV 降低,可能是因为心脏受自主神经支配,自主神经中迷走神经与交感神经相互协调,继而维持正常心跳节奏与心脏正常活动,而冠心病患者的心功能受到影响,这种协调作用丧失,进而造成心功能紊乱与心律改变^[17]。

本研究还显示,随着 NYHA 分级的升高与冠脉病变支数的增加,T2DM 合并冠心病患者 SDNN、rMSSD、PNN50、HF 均呈下降趋势,侧面反映出 HRV 参数与 NYHA 心功能分级、冠脉病变程度有着密切关系,与既往研究^[18-19]结论一致。T2DM 合并冠心病患者心功能受损,可引起心脏迷走神经与交感神经张力失衡,对心脏感受器产生刺激,使交感神经张力增加,而迷走神经活动受抑制,窦房结细胞对神经体液调节反应敏感性降低^[20],因而 HRV 下降较单纯 T2DM 患者更明显。此外,T2DM 合并冠心病组患者心功能 II ~ III 级时 HRV 已降低,说明无临床表现时患者心功能已开始发生变化,随着心功能下降,HRV 也持续降低,说明心功能分级与 HRV 变化呈正比,故 HRV 变化可作为评价心功能的指标^[21]。

本研究 Spearman 相关分析结果显示,T2DM 合并冠心病患者的 SDNN、rMSSD、PNN50、HF 均与 NYHA 分级呈显著负相关,rMSSD、PNN50、HF 均与冠脉病变程度呈显著负相关,说明 HRV 与 T2DM 合并冠心病患者心功能、冠脉病变程度有着密切关系。T2DM 可造成多种细胞功能异常,如血管内皮细胞、平滑肌细胞与血小板细胞等,而这些细胞功能异常后可引起冠脉粥样硬化、促进

血管内斑块形成,从而诱发冠心病,且病变范围广泛,常累及多支血管,出现多处血管弥漫性损伤,造成冠脉严重狭窄。同时,在 T2DM 中,DAN 是由自主神经受损或结构损伤造成的重要病理改变,HRV 则是心脏窦房结病理改变反映于心动周期的改变,HRV 降低提示窦性心律不齐严重,心脏交感神经与迷走神经平衡性、张力增加,常提示心血管事件风险增大,副交感神经张力加剧则提示心血管事件风险低^[22]。CHEN Y 等^[23]发现,T2DM 患者中,与 BG 对照组相比,BG 波动组的血糖波动(BGF)参数显著升高而 HRV 参数显著降低,平均血糖、平均 BGF 幅度均与 SDNN 相关,且 BG 波动组不良事件发生率、Gensini 评分显著高于 BG 对照组。温清艳等^[24]也报道,帕金森病伴慢性心力衰竭患者 HRV 变化对其预后具有预测价值。本研究因研究条件受限,未能对 HRV 预测 T2DM 合并冠心病患者预后的价值进行分析,且本研究 T2DM 合并冠心病患者例数较少,有待进一步扩大样本量对 HRV 在 T2DM 合并冠心病发生与发展中的机制进行深入研究。

综上所述,HRV 各参数在 T2DM 合并冠心病患者中呈下降趋势,且 SDNN、rMSSD、PNN50、HF 与心功能相关,rMSSD、PNN50、HF 与冠脉病变严重程度相关。临床检测 SDNN、rMSSD、PNN50、HF 可提示 T2DM 合并冠心病患者的病变程度,为其诊疗方案的制订提供参考依据。

参考文献

- [1] GONZÁLEZ-BURBOA A, ACEVEDO COSSIO C, VERA-CALZARETTA A, *et al.* Psychological interventions for patients with type 2 diabetes mellitus. A systematic review and meta-analysis[J]. *Rev Med Chil*, 2019, 147(11): 1423 - 1436.
- [2] HOU Y Y, OJO O, WANG L L, *et al.* A randomized controlled trial to compare the effect of peanuts and almonds on the cardio-metabolic and inflammatory parameters in patients with type 2 diabetes mellitus[J]. *Nutrients*, 2018, 10(11): 1565.
- [3] BENICHOU T, PEREIRA B, MERMILLOD M, *et al.* Heart rate variability in type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis[J]. *PLoS One*, 2018, 13(4): e0195166.
- [4] COOPMANS C, ZHOU T L, HENRY R M A, *et al.* Both prediabetes and type 2 diabetes are associated with lower heart rate variability: the maastricht study [J]. *Diabetes Care*, 2020, 43(5): 1126 - 1133.
- [5] GAO M, CHEN W, GONG Z K, *et al.* Correlation between chronotropic incompetence and metabolic equivalents in pa-

- tients with type 2 diabetes mellitus and concomitant metabolic syndrome[J]. *Panminerva Med*, 2015, 57(3): 115-119.
- [6] VUKOMANOVIC V, SUZIC-LAZIC J, CELIC V, *et al.* Association between functional capacity and heart rate variability in patients with uncomplicated type 2 diabetes[J]. *Blood Press*, 2019, 28(3): 184-190.
- [7] ANDERSON J L, ADAMS C D, ANTMAN E M, *et al.* 2011 ACCF/AHA focused update incorporated into the ACC/AHA 2007 guidelines for the management of patients with unstable angina/non-ST-elevation myocardial infarction: a report of the American college of cardiology foundation/American heart association task force on practice guidelines[J]. *Circulation*, 2011, 123(18): e426-e579.
- [8] WANG D, ZHANG Y, SHEN C. Research update on the association between SFRP5, an anti-inflammatory adipokine, with obesity, type 2 diabetes mellitus and coronary heart disease[J]. *J Cell Mol Med*, 2020, 24(5): 2730-2735.
- [9] ZHU T, CUI J, GOODARZI M O. Polycystic ovary syndrome and risk of type 2 diabetes, coronary heart disease, and stroke[J]. *Diabetes*, 2021, 70(2): 627-637.
- [10] CATAI A M, PASTRE C M, GODOY M F, *et al.* Heart rate variability: are You using it properly? Standardisation checklist of procedures[J]. *Braz J Phys Ther*, 2020, 24(2): 91-102.
- [11] SHAH A S, EL GHORMLI L, VAJRAVELU M E, *et al.* Heart rate variability and cardiac autonomic dysfunction: prevalence, risk factors, and relationship to arterial stiffness in the treatment options for type 2 diabetes in adolescents and youth (TODAY) study[J]. *Dia Care*, 2019, 42(11): 2143-2150.
- [12] NGANOU-GNINDJIO C N, MBA C M, AZABJI-KENFACK M, *et al.* Poor glycemic control impacts heart rate variability in patients with type 2 diabetes mellitus: a cross sectional study[J]. *BMC Res Notes*, 2018, 11(1): 599.
- [13] 孟文全, 易尚亨, 齐德利. 依帕司他对 2 型糖尿病合并冠心病患者 HRV 及炎性细胞因子的影响[J]. *热带医学杂志*, 2018, 18(8): 1103-1107.
- [14] BASSETT D. A literature review of heart rate variability in depressive and bipolar disorders[J]. *Aust N Z J Psychiatry*, 2016, 50(6): 511-519.
- [15] 周侠, 安秀敏, 潘明麟, 等. 2 型糖尿病及其并发症与自主神经功能的关系探讨[J]. *医学研究杂志*, 2017, 46(11): 106-110, 120.
- [16] BESHLEIEVA D D, KALASHNIKOV V Y, SMIRNOVA O M. Cardiovascular autonomic neuropathy in patients with type 2 diabetes mellitus and coronary artery disease: Diagnosis and severity assessment[J]. *Ter Arkh*, 2015, 87(10): 11.
- [17] 易尚亨, 孟文全. 2 型糖尿病合并急性心肌梗死患者心率减速度与变异性的相关性分析[J]. *检验医学与临床*, 2018, 15(7): 930-933.
- [18] 李琦, 刘克强, 齐新, 等. 冠心病心力衰竭病人 NYHA 心功能分级和血清 NT-proBNP 及 HRV 各项指标的关系[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2018, 16(14): 2058-2060.
- [19] 罗春苗, 高潮, 冯俊, 等. 冠心病及合并糖尿病患者冠脉病变程度和同型半胱氨酸及心率变异性的相关性研究[J]. *安徽医药*, 2016, 20(11): 2090-2093.
- [20] 翟哲民. 血压动态变化及心率变异性与老年高血压合并糖尿病患者靶器官损害的关系研究[J]. *中国实验诊断学*, 2017, 21(10): 1711-1714.
- [21] 蓝韶仁, 李晓燕, 李福兴. 慢性心力衰竭患者心率变异性与超敏 C 反应蛋白及心功能的关系[J]. *中国病案*, 2018, 19(7): 93-96.
- [22] 胡永奎, 凌刘. 老年 2 型糖尿病合并冠心病患者的心率变异性研究[J]. *河北医学*, 2016, 22(2): 236-238.
- [23] CHEN Y, JIA T, YAN X, *et al.* Blood glucose fluctuations in patients with coronary heart disease and diabetes mellitus correlates with heart rate variability: a retrospective analysis of 210 cases[J]. *Niger J Clin Pract*, 2020, 23(9): 1194-1200.
- [24] 温清艳, 区浩林, 孙巧松, 等. 帕金森氏慢性心力衰竭患者心率变异性的变化特点及其与心功能指标和预后的关系[J]. *广东医学*, 2017, 38(22): 3485-3487, 3490.

(本文编辑: 陆文娟)

(上接第 42 面)

- [11] ROSINSKI C L, BEHBAHANI M, GEEVER B, *et al.* Concurrent versus staged procedures for ventriculoperitoneal shunt and cranioplasty: a 10-year retrospective comparative analysis of surgical outcomes[J]. *World Neurosurg*, 2020, 143: e648-e655.
- [12] 张尚明, 李松远, 陈宏颖, 等. 侧脑室-腹腔分流术后或同期行颅骨修补术继发硬膜外积液的危险因素和疗效分析[J]. *中华神经外科杂志*, 2020, 36(11): 1165-1169.
- [13] 曾强军, 李白杨, 赵俊, 等. 脑室-腹腔分流术联合颅骨修补术同期治疗脑积水合并颅骨缺损的临床应用研究[J]. *成都医学院学报*, 2019, 14(3): 389-392.
- [14] JUNG H, JANG K M, CHOI H H, *et al.* Comparison of post-operative surgical-site infection and symptomatic intracranial hemorrhage between staged and simultaneous cranioplasty with ventriculoperitoneal shunt placement: a meta-analysis[J]. *Korean J Neurotrauma*, 2020, 16(2): 235-245.
- [15] 王子敬, 张洪钿, 李晓光, 等. 优先颅骨修补后行脑积水分流术治疗创伤性脑积水合并颅骨缺损的疗效分析[J]. *中华神经创伤外科电子杂志*, 2019, 5(1): 15-19.
- [16] HIRSCHMANN D, KRANAWETTER B, KIRCHSCHLAGER C, *et al.* Cranioplasty following ventriculoperitoneal shunting: lessons learned[J]. *Acta Neurochir: Wien*, 2021, 163(2): 441-446.

(本文编辑: 陆文娟)