

- friendly microenvironment [J]. Nutrients, 2023, 15 (3): 715.
- [15] NEUMANN B, SINGH B, BRENNAN J, et al. The impact of fibroid treatments on quality of life and mental health: a systematic review [J]. Fertil Steril, 2024, 121 (3): 400-425.
- [16] LIU J, SHI D, LI L, et al. Clinical study on the treatment of benign prostatic hyperplasia by embolization of prostate artery based on embosphere microspheres and gelatin sponge granules [J]. J Healthc Eng, 2022, 2022: 1424021.
- [17] ROSTAMBEIGI N. Post-embolization syndrome after prostatic artery embolization: where are we, and where to next [J]. Cardiovasc Interv Radiol, 2024, 47 (5): 640-641.
- [18] GIULIANI E, AS-SANIE S, MARSH EE. Epidemiology and management of uterine fibroids [J]. Int J Gynaecol Obstet, 2020, 149 (1): 3-9.
- [19] BHARTI S, KHERA S, SHARMA C, et al. Unilateral primary ovarian leiomyoma masqueraded as ovarian fibroma: a histopathological diagnosis [J]. J Family Med Prim Care, 2021, 10 (9): 3494-3497.
- [20] KIM H J, KIM S H, OH Y S, et al. Effects of phthalate esters on human myometrial and fibroid cells: cell culture and NOD-SCID mouse data [J]. Reprod Sci, 2021, 28 (2): 479-487.

(收稿日期:2024-11-12 修回日期:2025-03-18)

• 短篇论著 •

慢性心力衰竭患者并发心律失常的影响因素及血清 GDF15、PARP1、Ang-2 的诊断价值^{*}

吕晓翠, 修天元, 时秀文, 王紫监

河北北方学院附属第二医院心血管内三科, 河北张家口 075100

摘要: 目的 探讨慢性心力衰竭(CHF)患者并发心律失常的影响因素及血清生长分化因子 15(GDF15)、聚腺苷酸二磷酸核糖聚合酶 1(PARP1)、血管生成素 2(Ang-2)的诊断价值。 **方法** 选取 2020 年 3 月至 2024 年 2 月于该院接受治疗的 CHF 并发心律失常患者(96 例)作为 A 组, 选取同期收治的 CHF 未并发心律失常患者(115 例)作为 B 组。比较两组临床资料、血清 GDF15、PARP1、Ang-2 水平, 采用多因素 Logistic 回归分析 CHF 患者并发心律失常的影响因素, 采用受试者工作特征曲线分析血清 GDF15、PARP1、Ang-2 水平对 CHF 并发心律失常的诊断价值。 **结果** 平均心率 ≥ 70 次/分, 纽约心脏协会心功能分级为 III 级、IV 级, 左心室射血分数 $< 50\%$, 血清 B 型钠尿肽水平 $\geq 350 \text{ pg/mL}$, 血浆醛固酮水平增高是 CHF 患者并发心律失常的独立危险因素($P < 0.05$)。相较于 B 组, A 组血清 GDF15、PARP1、Ang-2 水平均更高($P < 0.05$)。相较于血清 GDF15、PARP1、Ang-2 单一检测, 联合检测诊断 CHF 患者并发心律失常的曲线下面积更大($P < 0.05$)。 **结论** CHF 患者并发心律失常的独立危险因素较多, 而血清 GDF15、PARP1、Ang-2 联合检测对 CHF 患者并发心律失常的诊断价值较高。

关键词: 慢性心力衰竭; 心律失常; 生长分化因子 15; 聚腺苷酸二磷酸核糖聚合酶 1; 血管生成素 2

DOI: 10.3969/j.issn.1673-4130.2025.17.023

文章编号: 1673-4130(2025)17-2172-05

中图法分类号: R446.1

文献标志码: A

慢性心力衰竭(CHF)是由于心脏功能或结构出现异常或障碍而导致心脏循环障碍的一类症候群, 好发于老年人群及冠心病、高血压的患者, 主要表现为乏力、心律失常、呼吸困难等^[1]。CHF 患者射血功能受到损害或心室充盈, 心功能降低, 通过心肌传导改变、结构重塑、心房压力过载和扩大、基因表达失调等容易导致各种心律失常现象, 并发心律失常的患者动脉血流量减少, 会导致 CHF 病情进展更加严重, 增加了患者发生心源性猝死的风险, 对患者预后造成不利

影响, 威胁患者生命安全, 增加患者病死的风险^[2]。因此, 有效分析 CHF 患者并发心律失常的影响因素具有重要意义。生长分化因子 15(GDF15)是一种循环蛋白, 属于转化生长因子 β 家族成员之一, 在机体应激状态下, 会由多种细胞、组织分泌, 在能量代谢、炎症损伤等过程中均可发挥调节的作用, 并参与多种心血管疾病^[3]。聚腺苷酸二磷酸核糖聚合酶 1(PARP1)在脱氧核糖核酸(DNA)修复、染色质致密化、炎症及分化等生物过程中发挥着重要作用, 与心

* 基金项目: 张家口市科学技术局市级科技计划自筹经费项目(2322103D)。

血管疾病、慢性炎症等有一定联系^[4]。血管生成素 2 (Ang-2)能够反映机体血管内皮功能,能够通过破坏内皮细胞的完整性,对血管的形成和重建造成影响^[5]。但目前关于 CHF 患者并发心律失常的影响因素及血清 GDF15、PARP1、Ang-2 的诊断价值仍需进一步探讨。基于此,本研究对 96 例 CHF 并发心律失常患者进行分析,旨在为临床有效防治 CHF 患者并发心律失常提供参考,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2020 年 3 月至 2024 年 2 月于本院接受治疗的 CHF 并发心律失常患者(96 例)作为 A 组,选取同期收治的 CHF 未并发心律失常患者(115 例)作为 B 组。所有纳入研究者对内容知情且已完成相关文件的签署工作。本研究经过本院医学研究伦理委员会批准通过。

1.2 纳入、排除、脱落及剔除标准

1.2.1 纳入标准 (1)CHF 符合《中国心力衰竭诊断和治疗指南 2018》^[6] 中的相关内容,心律失常诊断符合《临床实用心电图学(增补版)》^[7] 的相关内容;(2)无心脏开放性手术史;(3)存在结构性心脏病或舒张功能不全;(4)近期没有使用抗心律失常药物。

1.2.2 排除标准 (1)合并恶性肿瘤疾病者;(2)先天性心脏病者;(3)肺炎或肺栓塞而导致心力衰竭者;(4)肝肾功能障碍、全身严重感染者;(5)既往有甲状腺疾病、胶原病者;(6)合并原发性醛固酮增多症者。

1.2.3 脱落标准 (1)研究期间由于各种原因退出研究者;(2)主动将知情同意书撤回者。

1.2.4 剔除标准 参加类似研究或本研究期间还参加其他试验研究者。

1.3 方法

1.3.1 临床资料收集 收集两组临床资料,包括性别、体重指数、纽约心脏协会(NYHA)心功能分级^[8]、年龄、糖尿病、平均心率、吸烟史、高血压等,上述资料均来源于本院电子病历及门诊系统。于治疗前,采用 HD20S 型彩色多普勒超声诊断仪对患者左心室射血分数(LVEF)进行检测,厂家为青岛海信医疗设备股份有限公司。抽取 3 mL 空腹静脉血,取部分血液进行血清制备,取血清采用 CA-640B 型全自动生化分析仪检测血清 B 型钠尿肽(BNP)水平,厂家为桂林优利特医疗电子有限公司;取剩余血液抗凝并离心,采用放射免疫法对血浆醛固酮(ALD)水平进行检测,试剂盒由北京天坛生物制品股份有限公司提供。

1.3.2 血清 GDF15、PARP1、Ang-2 水平 治疗前,抽取空腹静脉血 3 mL,参照 1.3.1 中的方法进行离心处理,采用酶联免疫吸附试验检测血清 GDF15、

PARP1、Ang-2 水平,试剂盒购自上海富雨生物科技有限公司。

1.3.3 质量控制 由经验丰富的医师及研究者共同制订资料表,问卷中所有内容均参考相同文献并向相关专家咨询确认,同时对科室相关人员针对信息录入及核对相关功能等进行统一培训,并由固定研究者进行收集、录入,为保证收集资料的质量,由两人进行资料收集并统一核对,如出现不同结果,需重新收集、核对。此外,实验室指标检测均进行 3 次,取 3 次结果的平均值。

1.4 统计学处理 采用 SPSS26.0 统计学软件进行数据处理及统计分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用独立样本 *t* 检验,多组间比较采用单因素方差分析;计数资料采用频数或百分率表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用多因素 Logistic 回归分析 CHF 患者并发心律失常的影响因素。采用受试者工作特征(ROC)曲线分析血清 GDF15、PARP1、Ang-2 对 CHF 患者并发心律失常的诊断价值。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组临床资料比较 A 组体重指数高于 B 组($P < 0.05$),有高血压,平均心率 ≥ 70 次/分, NYHA 心功能分级为Ⅲ级、Ⅳ级, LVEF $< 50\%$, 血清 BNP 水平 $\geq 350 \text{ pg/mL}$, 血浆 ALD 水平增高的患者占比高于 B 组($P < 0.05$)。见表 1。

表 1 两组临床资料比较[$n(%)$ 或 $\bar{x} \pm s$]

项目	A 组($n=96$)	B 组($n=115$)	$\chi^2/t/Z$	P
性别			3.053	0.081
男	63(65.63)	88(76.52)		
女	33(34.38)	27(23.48)		
年龄(岁)	65.76 \pm 5.43	64.91 \pm 5.32	1.145	0.254
体重指数(kg/m^2)	26.43 \pm 1.43	23.54 \pm 1.39	14.844	<0.001
吸烟史			2.248	0.134
有	71(73.96)	74(64.35)		
无	25(26.04)	41(35.65)		
高血压			9.725	0.002
有	64(66.67)	52(45.22)		
无	32(33.33)	63(54.78)		
糖尿病			3.241	0.072
有	44(45.83)	67(58.26)		
无	52(54.17)	48(41.74)		
平均心率(次/分)			36.137	<0.001
≥ 70	60(62.50)	25(21.74)		
< 70	36(37.50)	90(78.26)		
NYHA 心功能分级			5.371	<0.001

续表 1 两组临床资料比较[n(%)或 $\bar{x} \pm s$]

项目	A 组(n=96)	B 组(n=115)	$\chi^2/t/Z$	P
II 级	21(21.88)	66(57.39)		
III 级	40(41.67)	33(28.70)		
IV 级	35(36.46)	16(13.91)		
LVEF(%)			28.776	<0.001
≥50	33(34.38)	82(71.30)		
<50	63(65.63)	33(28.70)		
血清 BNP 水平(pg/mL)			45.202	<0.001
≥350	65(67.71)	25(21.74)		
<350	31(32.29)	90(78.26)		
血浆 ALD 水平增高			14.186	<0.001
是	65(67.71)	48(41.74)		
否	31(32.29)	67(58.26)		

2.2 CHF 患者并发心律失常的影响因素分析 平均心率 ≥ 70 次/分, NYHA 心功能分级为 III 级、IV 级,

LVEF $< 50\%$, 血清 BNP 水平 ≥ 350 pg/mL, 血浆 ALD 水平增高为 CHF 患者并发心律失常的独立危险因素($P < 0.05$)。见表 2、3。

2.3 两组血清 GDF15、PARP1、Ang-2 水平比较 A 组血清 GDF15、PARP1、Ang-2 水平均高于 B 组($P < 0.05$)。见表 4。

表 2 影响因素赋值表

因素	变量性质	赋值
并发心律失常	Y	0=否, 1=是
体重指数	X_1	原值输入
高血压	X_2	0=无, 1=有
平均心率	X_3	0=<70 次/分, 1= ≥ 70 次/分
NYHA 心功能分级	X_4	0=II 级, 1=III 级, 2=IV 级
LVEF	X_5	0= $\geq 50\%$, 1=<50%
血清 BNP 水平	X_6	0=<350 pg/mL, 1= ≥ 350 pg/mL
血浆 ALD 水平增高	X_9	0=否, 1=是

表 3 CHF 患者并发心律失常的影响因素分析

变量	β	SE	Wald χ^2	P	OR	95%CI
体重指数高	0.898	0.912	0.970	0.325	2.455	0.411~14.666
有高血压	1.023	0.794	1.660	0.198	2.782	0.587~13.187
平均心率 ≥ 70 次/分	0.897	0.312	8.266	0.004	2.452	1.330~4.520
NYHA 心功能分级为 III 级	0.906	0.243	13.901	<0.001	2.474	1.537~3.984
NYHA 心功能分级为 IV 级	1.112	0.304	13.380	<0.001	3.040	1.676~5.517
LVEF $< 50\%$	0.765	0.211	13.145	<0.001	2.149	1.421~3.250
血清 BNP 水平 ≥ 350 pg/mL	0.879	0.311	7.988	0.005	2.408	1.309~4.431
血浆 ALD 水平增高	1.113	0.412	7.298	0.007	3.043	1.357~6.825

表 4 两组血清 GDF15、PARP1、Ang-2 水平比较($\bar{x} \pm s$)

组别	n	GDF15($\mu\text{g/L}$)	PARP1($\mu\text{g/L}$)	Ang-2(pg/mL)
A 组	96	3.02 \pm 0.61	6.54 \pm 0.87	269.43 \pm 27.54
B 组	115	1.07 \pm 0.34	5.48 \pm 0.76	254.65 \pm 26.90
t		29.272	9.444	3.932
P		<0.001	<0.001	<0.001

2.4 血清 GDF15、PARP1、Ang-2 对 CHF 患者并发

心律失常的诊断价值 将并发心律失常患者纳入阳性组, 未并发心律失常患者纳入阴性组, 血清 GDF15、PARP1、Ang-2 及联合检测诊断 CHF 患者并发心律失常的曲线下面积(AUC)分别为 0.664、0.687、0.690、0.895, 灵敏度分别为 63.54%、66.67%、63.54%、81.25%, 特异度分别为 71.30%、65.22%、67.83%、87.83%, 其中联合检测的 AUC 大于各项指标单独检测($P < 0.05$)。见表 5。

表 5 血清 GDF15、PARP1、Ang-2 对 CHF 患者并发心律失常的诊断价值

指标	最佳截断值	AUC	灵敏度(%)	特异度(%)	P	95%CI
GDF15	2.33 $\mu\text{g/L}$	0.664	63.54	71.30	<0.001	0.596~0.727
PARP1	6.23 $\mu\text{g/L}$	0.687	66.67	65.22	<0.001	0.620~0.749

续表 5 血清 GDF15、PARP1、Ang-2 对 CHF 患者并发心律失常的诊断价值

指标	最佳截断值	AUC	灵敏度(%)	特异度(%)	P	95%CI
Ang-2	261.60 pg/mL	0.690	63.54	67.83	<0.001	0.623~0.752
联合检测	—	0.895	81.25	87.83	<0.001	0.846~0.933

注:—表示无数据。

3 讨 论

心脏疾病的发生率随着我国人口老龄化呈逐渐升高趋势,其中 CHF 是一种进行性病变,患者病死风险较高^[9]。而导致 CHF 患者病死的主要危险因素包括心源性猝死及心力衰竭,其中室性心律失常与多数心源性猝死的发生密切相关,CHF 患者射血功能受损或心室充盈,心功能下降,会通过多种途径导致患者心律失常,如结构重塑、基因表达失调、心房压力扩大和过载、心肌传导改变等^[10]。CHF 并发心律失常患者预后大多不理想,因此,有效分析 CHF 患者并发心律失常的影响因素及寻找相关生物标志物对辅助临床诊断并及时加以干预具有重要意义。本研究旨在探讨 CHF 患者并发心律失常的影响因素及血清 GDF15、PARP1、Ang-2 的诊断价值。本研究结果显示,A 组体重指数高于 B 组,有高血压,平均心率 ≥ 70 次/分, NYHA 心功能分级为Ⅲ级、Ⅳ级, LVEF $<50\%$, 血清 BNP 水平 ≥ 350 pg/mL, 血浆 ALD 水平增高的患者占比高于 B 组,提示 CHF 患者并发心律失常可能与体重指数、高血压、平均心率、NYHA 心功能分级、LVEF、血清 BNP 水平、血浆 ALD 水平等因素有关。进一步分析发现,CHF 患者并发心律失常的独立危险因素包括平均心率 ≥ 70 次/分, NYHA 心功能分级为Ⅲ级、Ⅳ级, LVEF $<50\%$, 血清 BNP 水平 ≥ 350 pg/mL, 血浆 ALD 水平增高。分析其原因可能为 CHF 患者心肌兴奋性会在出现心律失常时逐渐降低,外周血管收缩,导致阻力增大,进一步使患者心脏每搏输出量降低,而心率升高,且如果心律失常的持续时间较长,会造成患者心功能障碍或异常,故而 NYHA 心功能分级为Ⅲ级、Ⅳ级及平均心率 ≥ 70 次/分的患者可能提示出现心律失常^[11-12]。LVEF 可直接反映 CHF 患者心功能水平,若患者 LVEF 异常降低,提示其心功能变差^[13]。而 BNP 是一种短肽激素,分泌于心脏,能够维持患者电解质及体液的动态平衡,能够发挥利钠利尿、扩张血管、降低血压等作用,是临床常见心肌损伤标志物,因此,血清 BNP 水平 ≥ 350 pg/mL 的患者存在心律失常的风险较高^[14]。而 ALD 是一种神经内分泌因子,其具有心脏毒性作用,能够介导心血管损害^[15]。CHF 患者 ALD 分泌量会在肾素-血管紧张素-ALD 系统被激活后逐

渐增加,会对患者钠钾泵造成影响,导致水钠潴留,使容量负荷增加,并使得患者心脏承受的负担更重,患者心功能恶化情况进一步加重,进而导致心律失常的发生^[16]。

此外,本研究发现,相比于 B 组,A 组血清 GDF15、PARP1、Ang-2 水平均更高,提示 CHF 患者血清 GDF15、PARP1、Ang-2 水平与并发心律失常具有密切联系。GDF-15 是一种循环蛋白,产生于心脏、肝脏等多个器官,参与细胞凋亡及炎症过程,与心肌损伤、血管重塑、压力性心脏过载等过程具有紧密联系^[17]。有研究指出,临床在区分伴有心房颤动及心力衰竭的患者时,可采用 GDF-15 水平检测进行诊断,且 GDF-15 水平可用于评估心力衰竭与心律失常,血清 GDF-15 水平升高可反映患者预后变差^[18]。PARP1 由促炎刺激诱导产生,是一种氧化应激传感器,能够传递应激信号进一步对下游分子的作用进行引导,在心肌细胞、平滑肌细胞及内皮细胞等的生物学功能中发挥调节的作用,在心血管疾病中发挥重要作用^[19]。PARP1 水平可用于评估患者心功能,其表达上调会促进心肌细胞凋亡,导致患者心功能障碍情况加重^[20]。GDF-15 和 PARP1 均与氧化应激及炎症反应有关,会导致细胞凋亡,心肌细胞受损,使患者正常心功能受到影响,大大增加了患者预后不良的风险。Ang-2 是一种可破坏内皮细胞完整性的血管生成素,可对血管的形成和重建产生影响。有研究认为,若 Ang-2 水平高,可能通过影响 BNP 水平,进一步造成神经体液紊乱程度加重,并导致患者心肌间质中的胶原降解异常及沉积,进而促使患者心功能情况进一步恶化^[21]。且本研究发现,血清 GDF15、PARP1、Ang-2 联合检测诊断 CHF 患者并发心律失常的 AUC 较单项检测更大,且灵敏度、特异度均较高,其中联合检测可通过实现单一检测的优势互补而提高诊断价值。

综上所述,CHF 患者并发心律失常的独立危险因素较多,而血清 GDF15、PARP1、Ang-2 联合检测对 CHF 患者并发心律失常的诊断价值较高。但本研究仍存在一定不足之处:(1)纳入的研究样本量较少;(2)病例均来自同一单位,仅为单中心研究;(3)病例来源途径单一等,研究结果的广泛适用性及推广价值可能因此而受到影响。因此,为提高研究结果的可靠

性及准确度,未来将进一步完善设计加以分析探讨。

参考文献

- [1] HEIDENREICH P A, BOZKURT B, AGUILAR D, et al. 2022 aha/acc/hfsa guideline for the management of heart failure: a report of the american college of cardiology/american heart association joint committee on clinical practice guidelines[J]. *Circulation*, 2022, 145(18): 895-1032.
- [2] MHANNA M, BERAN A, NAZIR S, et al. Efficacy of remote physiological monitoring-guided care for chronic heart failure: an updated meta-analysis[J]. *Heart Fail Rev*, 2022, 27(5): 1627-1637.
- [3] 艾郁葱, 同光志. 生长分化因子 15 沉默抑制人肝癌 HepG2 增殖及迁移作用研究[J]. *中国实验诊断学*, 2023, 27(9): 1088-1091.
- [4] CHAPPIDI N, QUAIL T, DOLL S, et al. Parp1-dna co-condensation drives dna repair site assembly to prevent disjunction of broken dna ends[J]. *Cell*, 2024, 187(4): 945-961.
- [5] WANG Y, FANG J, NIU T, et al. Serum ang-1/ang-2 ratio may be a promising biomarker for evaluating severity of diabetic retinopathy[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2023, 261(1): 49-55.
- [6] 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]. *中华心力衰竭和心肌病杂志(中英文)*, 2018, 2(4): 196-225.
- [7] 吕聪敏, 潘二明, 汤建民. 临床实用心电图学(增补版)[M]. 北京: 科学出版社, 2022: 225-229.
- [8] COSTA R V C. Nyha classification and cardiopulmonary exercise test variables in patients with heart failure[J]. *Arq Bras Cardiol*, 2022, 118(6): 1124-1125.
- [9] HERSBERGER L, DIETZ A, BÜRGLER H, et al. Individualized nutritional support for hospitalized patients with chronic heart failure[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2021, 77(18): 2307-2319.
- [10] MOORE J P, MARELLI A, BURCHILL L J, et al. Management of heart failure with arrhythmia in adults with congenital heart disease: jacc state-of-the-art review[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2022, 80(23): 2224-2238.
- [11] POSTOL A S, NEMINUSHCHIY N M, ANTIPOV G N, et al. The necessity of an icd-therapy in patients with indications for primary prevention of sudden cardiac death. one center experience[J]. *Kardiologija*, 2021, 61(4): 24-31.
- [12] TONG D, SCHIATTARELLA G G, JIANG N, et al. Impaired amp-activated protein kinase signaling in heart failure with preserved ejection fraction-associated atrial fibrillation[J]. *Circulation*, 2022, 146(1): 73-76.
- [13] MÓNICA R S, MARIBEL Q F, JAVIER J, et al. Cardiac complications in a geriatric population hospitalized with COVID-19: the octa-covid cohort [J]. *Rev Esp Geriatr Gerontol*, 2022, 57(2): 63-70.
- [14] 祖晓麟, 韩福生, 金彦彦, 等. 肌少症对老年射血分数中间值心力衰竭患者心血管事件的影响相关因素分析[J]. *心肺血管病杂志*, 2023, 42(7): 651-655.
- [15] OKPARA S, LEE T, PATHARE N, et al. Cardiovascular disease in total knee arthroplasty: an analysis of hospital outcomes, complications, and mortality[J]. *Clin Orthop Surg*, 2024, 16(2): 265-274.
- [16] SAKHNOVA T A, BLINOVA E V, YURASOVA E S, et al. Features of vectorcardiograms in patients with hypertension complicated by chronic heart failure with reduced left ventricle ejection fraction[J]. *Ter Arkh*, 2022, 94(9): 1067-1071.
- [17] 孔海英, 杨广龙, 汪凜, 等. 血清生长分化因子 15 和聚腺苷酸二磷酸核糖聚合酶 1 在老年心力衰竭并发心律失常患者血清中的表达及其临床预后评估价值[J]. *中国心血管病研究*, 2023, 21(9): 848-852.
- [18] SANTEMA B T, CHAN M M Y, TROMP J, et al. The influence of atrial fibrillation on the levels of NT-proBNP versus GDF-15 in patients with heart failure[J]. *Clin Res Cardiol*, 2020, 109(1): 331-338.
- [19] ZHANG N, ZHANG Y, QIAN H, et al. Selective targeting of ubiquitination and degradation of parp1 by e3 ubiquitin ligase wwp2 regulates isoproterenol-induced cardiac remodeling[J]. *Cell Death Differ*, 2020, 27(9): 2605-2619.
- [20] 陈奕纬, 徐宗雨, 王晓明, 等. 冠状动脉粥样硬化性心脏病患者血清中 miR-7-5p 和 PARP1 水平与心功能的相关性研究[J]. *临床和实验医学杂志*, 2022, 21(13): 1363-1367.
- [21] LIN S M, CHANG C H, LIN T Y, et al. Plasma thrombomodulin levels are associated with acute kidney injury in patients with acute heart failure[J]. *Ann Med*, 2022, 54(1): 3169-3176.

(收稿日期:2024-10-16 修回日期:2025-03-11)