

血清 miR-24 联合动态心电图在冠心病无症状心肌缺血患者中的诊断价值*

郭潮¹ 张慧¹ 陈敏¹ 曾涛²

(广州市第一人民医院 1. 心电图室; 2. 脑内科, 广东 广州 510000)

【摘要】 目的 探讨血清 miR-24 联合动态心电图(DCG)在冠心病无症状心肌缺血(SMI)患者中的诊断价值。**方法** 选取我院 2020 年 10 月—2021 年 6 月疑似 SMI 患者 73 例,所有研究对象均进行冠状动脉造影检查、DCG 检查和血清 miR-24 检测。以冠脉造影结果为金标准,比较血清 miR-24 联合 DCG 诊断 SMI 患者的准确度、灵敏度和特异度;比较该检查方法对冠脉病变程度的诊断效果。**结果** 血清 miR-24 联合 DCG 诊断 SMI 的灵敏度、特异度、准确度高于 DCG 诊断方法($P<0.05$),与冠脉造影结果具有较好一致性;对于冠脉单支病变、双支病变、三支病变的检出率比较,二者联合诊断的检出率均高于血清 miR-24、DCG 检查方法($P<0.05$)。**结论** 血清 miR-24 联合 DCG 诊断方法对 SMI 患者的早期筛查具有重要的诊断价值,可在临床进一步研究和推广。

【关键词】 血清 miR-24; 动态心电图; 无症状心肌缺血; 冠心病

【中图分类号】 R540.4⁺1; R541.4 **【文献标志码】** A **DOI:**10.3969/j.issn.1672-3511.2023.03.011

The diagnostic value of miR-24 combined with dynamic electrocardiogram in silent myocardial ischemia patients with coronary heart disease

GUO Chao¹, ZHANG Hui¹, CHEN Min¹, ZENG Tao²

(1. Electrocardiogram Room, Guangzhou First People's Hospital, Guangzhou 510000, China;

2. Department of Neurology, Guangzhou First People's Hospital, Guangzhou 510000, China)

【Abstract】 Objective To explore the diagnostic value of miR-24 combined with dynamic electrocardiogram (DCG) in silent myocardial ischemia (SMI) patients with coronary heart disease. **Methods** A total of 73 patients with asymptomatic myocardial ischemia suspected of coronary heart disease from October 2020 to June 2021 in our hospital were selected, all of whom received underwent coronary angiography, miR-24 and DCG. Taking the results of coronary angiography as the gold standard, to compare the accuracy, sensitivity and specificity of serum mir-24 combined with DCG in the diagnosis of SMI patients, and compare the diagnostic effect of this method on the degree of coronary artery lesions. **Results** The sensitivity, specificity and accuracy of miR-24 combined with DCG in diagnosing SMI were significantly higher than that of DCG($P<0.05$), and had excellent consistency with the results of coronary angiography; miR-24 combined with DCG were all higher than those of dynamic electrocardiogram on the detection rates of single-vessel, double-vessel and three-vessel coronary diseases ($P<0.05$). **Conclusion** The diagnostic method of serum miR-24 combined with DCG has important diagnostic value for the early screening of SMI patients, which is worthy of further study and promotion.

【Key words】 miR-24; Dynamic electrocardiography; Silent myocardial ischemia; Coronary heart disease

冠心病(Coronary heart disease, CHD)是生活中常见的一种疾病,在老年慢性疾病中,发病率和死亡

率很高^[1]。随着社会快速的发展,人们面对的生活压力日趋增大,生活节奏加快,生活方式发生改变,该病的发病率呈现出年轻和上升趋势。无症状心肌缺血(Silent myocardial ischemia, SMI)是 CHD 的重要临床类型,也称为隐匿性心肌缺血,在心肌缺血总例数中占比 75%^[2],因该病发病隐匿,无明显临床症状,不易被及时发现并采取治疗措施,往往会导致急性心

基金项目:广东省科技计划项目(2018KJY0206)

引用本文:郭潮,张慧,陈敏,等.血清 miR-24 联合动态心电图在冠心病无症状心肌缺血患者中的诊断价值[J].西部医学,2023,35(3):372-376. DOI:10.3969/j.issn.1672-3511.2023.03.011

梗,恶性心律失常,甚至猝死等威胁生命安全的事件发生^[3],因此寻找早期准确诊断 SMI 的方法,并对其进行全面评估,积极采取干预措施,对 SMI 患者治疗及预后至关重要。冠状动脉造影术是目前诊断 SMI 的金标准,也是救护的最佳治疗方案,但是其属于有创检查,仅对疑似 CHD 或者有明显心绞痛,胸闷等症状的患者才进行操作;其次,冠状动脉造影术的检查费用较高,不适合作为广泛的筛选手段。动态心电图监测(Dynamic electrocardiography, DCG)是一种应用广泛且无创的检查,无辐射,操作简单且便于随身携带,不受地域的限制,通过对心脏电生理的测试,能够可靠地检测到心肌缺血情况^[4]。近年来研究发现,微小 RNA(miRNA)与心血管疾病的发生发展密切相关。miRNA 是一类长度为 20~23 个核糖核苷酸的单链小分子 RNA,能够通过抑制靶信使 RNA 的翻译或诱导其降解来下调蛋白质编码基因的表达^[5]。作为基因的内源性调节因子参与心脏的发育、衰老和心脏疾病过程^[6-8]。吴海燕等^[9]研究显示,急性心肌梗死患者外周血 miR-24 表达水平异常降低,其与心肌损伤标志物呈负相关,可作为预测患者预后的潜在血清标志物。褚福永等^[10]研究显示,急性冠脉综合征患者外周血 miR-24 表达水平下调,并与细胞凋亡及炎症因子水平呈负相关。以往研究表明,miR-24 参与心肌缺血的发生发展过程,是一种评价心功能指标的新血清标志物。综合所述,DCG 和 miR-24 都是检测心肌缺血的重要检查手段,但是目前有关两者联合诊断 SMI 的研究鲜有报道。本研究就血清 miR-24 联合 DCG 在 SMI 患者中的诊断价值进行探讨,以期为 SMI 患者早期诊断及治疗提供新靶点。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2020 年 10 月—2021 年 6 月我院收治的疑似 SMI 患者 73 例,其中男性 54 例,女性 19 例;年龄 40~76 岁,平均(62.63±9.57)岁,经冠脉造影术确诊出 SMI 的患者 49 例。纳入标准:①所有患者均进行 12 导联 DCG,血清 miR-24 检测和冠状动脉造影术检查。②均自愿签署知情同意书。排除标准:①合并有先天性心脏病或者肝肾功能严重受损的患者。②严重脑血管病变的患者。③持续心房颤动的患者或严重血液系统疾病的患者。④近期有影响 ST-T 改变类药物的服用者。本研究经医院医学伦理委员会审核通过。

1.2 方法

1.2.1 DCG 的采集 所有患者均接受 12 导联 DCG 检查,采用美国迪姆 DMS 动态心电图机,采集时间大

于 20 h,携带期间患者自主记录突发症状的时间和日常活动等事件,检查期间嘱咐患者禁止剧烈运动或者沐浴,避免周围电子产品对仪器的干扰。拆机后将所有的数据回放电脑,采用盲态独立中心“2 1”阅片模式的方法对 DCG 数据进行分析。根据系统分析结果,统计心率变异性(HRV)参数:全部 N-N 间期标准差(SDNN)、每 5 min N-N 间期平均值的标准差(SDANN)、相邻 N-N 间期之差的均方根(RMSSD)和相邻 N-N 间期的差值>50 ms 的心搏数占总心搏数的百分比(PNN50)。其中,SMI 在 DCG 上的诊断标准为^[11]:J 点后 80 ms 处 ST 段压低呈水平型或下斜型,且≥0.1 mV;ST 段在原来已经出现压低的基础上再压低≥0.1 mV;持续时间≥1 min;与心绞痛症状无关。

1.2.2 血清 miR-24 水平的检测 收集所有研究对象空腹静脉血 4 mL,以 3000 r/min 离心,10 min 后室温放置 30 min,采集上层液体置于未含 RNA 酶的试管中,于-20℃冰箱保存。首先提取血清中的总 RNA,将 RNA 逆转录成 cDNA 后进行基因扩增,使用 PT-PCR 试剂盒(上海雨婷生物科技公司生产),Takara BIO 株式会社荧光定量试剂盒进行 Qrt-PCR 反应,以 U6 作为对照内参,采用 $2^{-\Delta\Delta C_t}$ 方法计算血清中 miR-24 的表达水平。

1.3 观察指标 ①SMI 患者心肌缺血发作情况通过 DCG 监测患者带机期间的 ST 下降发作次数及发作时间,ST 下降幅度,下降持续时间来评价 SMI 患者心肌缺血发作情况。②不同冠脉病变支数的 SMI 患者中血清 miR-24 水平的比较。③不同检查方法对冠状动脉病变程度诊断效果的比较。④SMI 诊断准确度,灵敏度,特异度,一致性:以冠脉造影结果为金标准,比较 DCG 和 miR-24 联合 DCG 对 SMI 诊断的准确度,灵敏度,特异度,与冠脉造影结果一致性。⑤不同检查方法对冠脉病变程度的诊断价值分析。

1.4 统计学分析 采用 SPSS 21.0 软件进行分析,计数资料以率(%)表示,采取 χ^2 检验或连续校正 χ^2 检验;计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,多组均数比较采用单因素方差分析。其中,灵敏度=真阳性/(真阳性+假阴性)×100%;特异度=真阴性/(真阴性+假阳性)×100%;准确度=(真阳性+真阴性)/受试人数×100%;表示一致性检验采用 Kappa 检验, $k = PA - Pe / 1 - Pe$,其中 PA 为两次观察的一致性,即 $(a+d)/n$,Pe 为两次观察的机遇一致性,即 $[(a+b)(a+c) + (b+d)(c+d)]/n^2$ 。 $k < 0.20$,表示一致性强度较差, k 在 0.21~0.40,表示一致性强度一般, k 在 0.41~

0.60,表示一致性强度中等,k 在 0.61~0.80,表示一致性强度较强,k 在 0.81~1.00,表示一致性强度强。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 SMI 患者心肌缺血发作情况 通过 DCG 分析 SMI 患者心肌缺血发作情况,总共发生 ST 段改变次数 284 次。将发作时间分为四个时段,6:00~12:00

时段 ST 段改变次数均高于其他时段($\chi^2=0.163,P=0.007$),但是这个时段的 ST 段下降幅度($t=2.201,P=0.032$),ST 段下降持续时间均低于其他时段($t=45.09,P<0.001$);SMI 患者心肌缺血发作频率呈现出昼夜规律特征,即白天发作频繁,夜间发作次数少。见表 1。

表 1 SMI 心肌缺血发作情况[$n(\times 10^{-2})$, ($\bar{x}\pm s$)]

Table 1 Myocardial ischemic attack of SMI

观察指标	心肌缺血发作时间			
	0:00~6:00	6:00~12:00	12:00~18:00	18:00~24:00
ST 段改变次数	39(13.73)	125(44.01)	70(24.65)	50(17.61)
ST 段下降幅度(mv)	0.22±0.03	0.14±0.07	0.18±0.04	0.17±0.05
ST 段下降持续时间(min)	3.60±0.09	1.21±0.15	1.73±0.25	1.69±0.43

2.2 不同冠脉病变支数的患者中血清 miR-24 水平的比较 非 SMI 患者的血清 miR-24 水平最高,冠脉病变病组的患者中的血清 miR-24 水平随冠脉病变支数的增加逐渐降低,组间比较差异有统计学意义($P<0.05$)。使用 Pearson 相关性分析,冠脉病变支数与 miR-24 表达水平呈负相关($r=-0.561,P<0.001$)。见表 2。

表 2 SMI 患者 miR-24 表达水平的比较 ($\bar{x}\pm s$)

Table 2 Comparison of miR-24 expression levels in SMI patients

组别	<i>n</i>	miR-24
非 SMI 组	24	3.12±0.37
单支病变组	26	2.33±0.32
双支病变组	15	2.16±0.38
三支病变组	8	1.05±0.41
<i>F</i>		78.4
<i>P</i>		<0.01

2.3 不同冠脉病变支数的 SMI 患者中 HRV 参数的比较 在 SMI 患者中,随着冠脉病变支数的增加,DCG 测量参数 SDNN、SDANN 和 RMSSD 均呈明显下降趋势,组间比较差异有统计学意义($P<0.05$)。

3 组 PNN50 比较差异无统计学意义($P>0.05$)。见表 3。

表 3 不同冠脉病变支数的 SMI 患者心率变异性参数的比较 ($\bar{x}\pm s$)

Table 3 Comparison of heart rate variability in patients with SMI

组别	<i>n</i>	SDNN(ms)	SDANN(ms)	RMSS(ms)	PNN50(%)
单支病变组	26	142.58±24.06	135.24±30.12	38.96±6.65	13.42±4.15
双支病变组	15	127.73±25.38	123.05±30.38	36.12±5.58	13.08±3.84
三支病变组	8	107.52±23.97	106.28±31.46	33.47±6.13	12.63±3.64
<i>F</i>		20.31	13.28	12.02	0.35
<i>P</i>		<0.01	<0.01	<0.01	0.54

2.4 不同检查方法诊断 SMI 的准确率比较 以冠状动脉造影结果为金标准,分析比较 DCG、miR-24 和 DCG 联合 miR-24 对 SMI 诊断的准确率。结果显示,DCG 联合 miR-24 诊断方法的灵敏度,特异度,准确度,明显高于 DCG 与 miR-24 诊断方法($P<0.05$),与冠脉造影结果具有较好一致性。见表 4。

有极好一致性($P<0.05$)。见表 5。

表 4 3 种检查方法诊断 SMI 准确率比较

Table 4 Comparison of accuracy of three examination methods in diagnosing SMI

诊断方法	真阳性 (<i>n</i>)	假阳性 (<i>n</i>)	真阴性 (<i>n</i>)	假阴性 (<i>n</i>)	灵敏度 (%)	特异度 (%)	准确度 (%)	<i>K</i>
DCG	35	7	17	14	71.42	70.83	71.23	0.393
miR-24	37	5	19	12	75.51	79.16	76.71	0.509
DCG+miR-24	41	4	20	8	83.67	83.33	83.56	0.643
χ^2					10.96	8.24	9.53	
<i>P</i>					0.01	<0.01	<0.01	

2.5 不同检查方法对冠脉病变程度的诊断价值分析 根据冠脉病变程度不同,将患者分为单支、双支和三支病变组,与 DCG、miR-24 单项检查相比,DCG 联合 miR-24 诊断冠脉病变程度的灵敏度和特异度均较高,差异有统计学意义($P<0.05$);与冠脉造影结果具

表 5 3 种检查方法对冠脉病变程度的诊断价值分析

Table 5 Diagnostic value of three examination methods in the degree of coronary artery disease

检查方法	灵敏度	特异度	95%CI	AUC	K
DCG	69.95	76.14	0.661~0.83	0.643	0.548
miR-24	75.21	83.84	0.501~0.785	0.647	0.640
DCG+miR-24	86.38	90.38	0.802~0.971	0.886	0.820

3 讨论

本研究通过对 73 例疑似 SMI 患者进行分析,经冠脉造影术检查确诊出 SMI 患者 49 例,通过 DCG、血清 miR-24 及血清 miR-24 联合 DCG 三种方法分别诊断 SMI 的准确率。结果表明,非 SMI 患者中的血清 miR-24 表达水平明显高于 SMI 患者。miR-24 是一种保护性血管因子,不仅能够抑制冠状动脉血管平滑肌细胞的增殖,降低脂质斑块的扩大,提高斑块的稳定性^[12];还能够降低缺氧条件下的心肌细胞的损伤程度,提高心肌细胞的自我损伤修复能力^[13]。另外,在对 SMI 患者的病变程度研究中发现,单支,双支和三支病变组的患者中的血清 miR-24 水平在组间逐渐降低。冠脉病变支数与 miR-24 表达水平呈负相关。说明 miR-24 参与冠状动脉粥样硬化发生、发展的全过程^[14-15]。随着冠状动脉病变程度的加深,miR-24 水平降低,说明 miR-24 具有保护冠状动脉的作用^[16]。同时,梁善福等^[12]研究也发现,随着病变支数的增多,血清 miR-24 表达水平逐渐降低;且 miR-24 的表达与 Gensini 评分呈负相关。这些研究充分表明,miR-24 的表达缺失直接影响心肌缺血病情的进展,其浓度改变可以作为评价受损心肌功能的指标。以 miR-24 的表达量为指标,是一种评估冠脉病变数量和狭窄程度的新方法。miR-24 可作为血管疾病诊断、治疗的重要靶点^[17]。

DCG 是一项无创检查,对于 SMI、心律失常等有较高的参考价值^[18]。DCG 可在体表对心率、节律和 ST 段进行动态监测,总结其变化规律有利于为评估冠脉狭窄程度和持续时间提供参考信息^[19]。心肌梗死患者自主神经功能紊乱、HRV 降低、心肌电活动发生异常,心率的变化呈完全无序性,在心电图上表现为各种心律失常^[20]。SDNN、SDANN、RMSSD 和 PNN50 为反映 HRV 的常用指标,RMSSD 和 SDANN 分别反映迷走神经和交感神经兴奋性,SDNN 主要代表自主神经张力^[21]。在马红丽等^[22]的研究中发现,SDNN、SDANN 和 RMSSD 均随冠脉病变严重程度增加而呈明显下降趋势。本研究也证实,在不同病变支数的 SMI 患者中,三支病变 SDNN、SDANN 和 RMSSD 测量值最低,单支病变的 HRV

测量值最高。心肌损伤可以降低自主神经的兴奋性,影响自主神经功能。因此检测 HRV 各参数变化,可以为评价冠脉病变范围提供重要信息。

本研究还发现,对 SMI 患者 DCG 检查中,06:00~12:00 时段缺血发作次数最多。0:00~6:00 时段缺血发作次数最少。说明无症状缺血高峰期发生在 06:00~12:00 这个时段。患者在活动或心理紧张状态下,心脏氧需求量增加,冠脉易发生供血不足,而处于静息、睡眠或精神放松状态时,冠脉供血良好,不易产生心肌缺血^[23]。这与 SMI 发作频率呈现昼夜规律的特点相符合。另外还发现,在 0:00~6:00 时段 ST 段下移幅度最大,且 ST 段下移持续时间最长。既往研究表明,冠心病患者心率变化与心肌缺血程度存在密切关系,当 SMI 患者的检查结果提示 ST 段下移时,其心率通常呈异常加快状态^[24-25]。说明在该时段一旦发生心肌缺血事件,心率会异常偏快,缺血程度会更严重,危险性更大。所以,要特别关注夜间发生的心肌缺血情况,最大限度地减少该时段恶性事件发生的概率。DCG 可以监测到 SMI 患者发病的时间特征和发病规律,为疾病的预防和治疗提供可靠临床依据。

本研究也发现,在 SMI 的检出率和评价冠脉病变程度方面,血清 miR-24 联合 DCG 诊断方法明显比 DCG、血清 miR-24 单独检查方法有优越性。DCG 的优点是:可以长时间监测患者各种体位的电生理情况,经济实惠无辐射,对患者的受限性低;缺点是:DCG 检测时会受到周围电子仪器 and 患者活动的干扰,会直接影响患者的心电图结果。将 miR-24 联合 DCG 诊断 SMI,充分发挥二者的优势,可以避免 DCG 检查出现的误诊或者漏诊,很大程度地提高 SMI 的准确率和检出率。因此,DCG 可完全无创、无辐射、相对廉价地多次检查,全面、准确反映 SMI 患者不同状态下全心肌供血情况,检测出 SMI^[26];再结合 HRV、miR-24 检测值进一步对患者冠脉病变程度进行评估;有利于早期筛查出 SMI 患者冠脉缺血情况,便于临床医生对其病情进行整体评价,及早采取治疗措施,降低猝死的风险性,明显改善 SMI 患者预后。miR-24 联合 DCG 诊断方法不仅灵敏度,特异度,准确度高,而且经济实惠,便于各个年龄段和各种体质的人接受,具有广泛的普及型,具备被作为 SMI 的早期筛查手段的条件。

4 结论

miR-24 联合 DCG 联合诊断对 SMI 患者的早期筛查具有重要的诊断价值,可在临床进一步研究和推广。

【参考文献】

- [1] TANG X, LASKOWITZ D T, HE L, *et al.* Neighborhood socioeconomic status and the prevalence of stroke and coronary heart disease in rural China: a population-based study[J]. *Int J Stroke*, 2015, 10(3): 388-395.
- [2] 张丽娟. 动态心电图在无症状性心肌缺血诊断中的临床应用价值分析[J]. *现代诊断与治疗*, 2015, 26(13): 2993-2994.
- [3] 张荣丽. 无症状性心肌缺血患者的动态心电图诊断研究[J]. *中国卫生标准管理*, 2016, 7(11): 32-33.
- [4] 孙婧婧. 动态心电图在无症状性心肌缺血患者中的诊断价值[J]. *现代电生理学杂志*, 2019, 26(4): 214-216.
- [5] 郝谦, 吴慧琴, 杨捍卫. microRNA-21 对急性心肌梗死早期诊断及短期预后判断的价值[J]. *西部医学*, 2018, 30(9): 1356-1360.
- [6] CHISTIakov D A, OREKHOV A N, BOBRYshev Y V. Cardiac-specific miRNA in cardiogenesis, heart function, and cardiac pathology (with focus on myocardial infarction) [J]. *J Mol Cell Cardiol*, 2016, 94: 107-121.
- [7] VACANTE F, DENBY L, SLUIMER J C, *et al.* The function of miR-143, miR-145 and the miR-143 host gene in cardiovascular development and disease[J]. *Vascul Pharmacol*, 2019, 112: 24-30.
- [8] GANDHI S, RUEHLE F, STOLL M. Evolutionary patterns of non-coding RNA in cardiovascular biology[J]. *Noncoding RNA*, 2019, 5(1): 15.
- [9] 吴海燕, 解文静, 吕向妮, 等. 外周血 miR-24 水平与急性心肌梗死患者预后的相关性分析[J]. *心血管病学进展*, 2020, 41(6): 650-654.
- [10] 褚福永, 刘红旭, 程敏, 等. 急性冠状动脉综合征患者外周血微小 RNA-24 表达与细胞凋亡及炎症因子的相关性研究[J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2016, 18(8): 808-811.
- [11] BOSONE D, FOGARI R, RAMUSINO M C, *et al.* Ambulatory 24-h ECG monitoring and cardiovascular autonomic assessment for the screening of silent myocardial ischemia in elderly type 2 diabetic hypertensive patients[J]. *Heart Vessels*, 2017, 32(5): 507-513.
- [12] 梁善福, 孙运, 陈丰毅, 等. 急性心肌梗死患者血清 miR-21、miR-24 水平的变化及其意义[J]. *淮海医药*, 2019, 37(6): 572-574, 577.
- [13] 王玲, 吕旻, 黄若兰, 等. 血浆 miRNA-24 的异常表达与冠状动脉病变程度的相关性[J]. *广东医学*, 2016, 37(20): 3029-3032.
- [14] LIU Y X, LONG X D, XI Z F, *et al.* MicroRNA-24 modulates aflatoxin B1-related hepatocellular carcinoma prognosis and tumorigenesis[J]. *Biomed Res Int*, 2014, 2014: 482926.
- [15] 王珏, 黄伟聪, 郑亮承, 等. MicroRNA-24 对心肌梗死后心肌细胞凋亡的调控作用[J]. *中国病理生理杂志*, 2013, 29(4): 590-596.
- [16] 张帆, 方勇, 潘婉, 等. 吸毒合并冠心病患者血清 MiR-24、MiR-126 的异常表达及其与冠状动脉病变的关系[J]. *国际检验医学杂志*, 2017, 38(24): 3454-3456.
- [17] 袁磊, 赵晓玲, 王明, 等. microRNA-24 作为急性动脉粥样硬化性脑梗死进展的生物标志物研究[J]. *医学理论与实践*, 2020, 33(10): 1561-1564.
- [18] 武旻. 动态心电图与常规心电图用于冠心病心肌缺血及心律失常的诊断价值对比[J]. *临床医学研究与实践*, 2018, 3(13): 142-143.
- [19] 刘建花, 仝俊杰. 冠状动脉 CT 血管成像联合动态心电图在诊断冠心病心肌缺血中的应用[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2017, 15(9): 61-63, 138.
- [20] 郭潮, 张慧, 陈敏. Lorenz 散点图对急性心肌梗死患者预后的预测价值[J]. *实用心电学杂志*, 2021, 30(4): 246-252.
- [21] 胥军, 吴建中, 姜海燕, 等. 冠心病患者心率变异性与冠状动脉病变狭窄范围及严重程度关系的研究[J]. *现代生物医学进展*, 2019, 19(9): 1679-1682.
- [22] 马红丽, 任玉菊, 许磊, 等. 动态心电图、超声及 CTA 对不同严重程度冠状动脉病变的诊断价值[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2022, 20(5): 119-122.
- [23] 俸如玉. 动态心电图在冠心病无症状性心肌缺血患者的临床价值分析[J]. *医学食疗与健康*, 2018, (4): 186, 188.
- [24] HAN D, LEE H L, RIZVI A, *et al.* Associations between elevated resting heart rate and subclinical atherosclerosis in asymptomatic Korean adults undergoing coronary artery calcium scoring [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2016, 32(10): 1587-1593.
- [25] 李浩松, 刘洵, 石晓明, 等. 心脏康复运动中应用心率血压乘积对心肌缺血监控的研究[J]. *天津体育学院学报*, 2016, 31(2): 137-140.
- [26] 文翠, 袁健祥, 王文会. 动态心电图结合 MSCT 对无症状心肌缺血的诊断价值[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2019, 17(6): 69-72.

(收稿日期: 2022-02-10; 修回日期: 2022-11-15; 编辑: 刘灵敏)