

# 动态心电图参数联合血清心肌损伤标志物在冠状动脉粥样硬化性心脏病无症状心肌缺血诊断中的价值分析

周红乐 静喜改 孔双燕

**【摘要】目的** 探讨动态心电图参数联合血清心肌损伤标志物在冠状动脉粥样硬化性心脏病(Coronary Atherosclerotic Heart Disease, CHD)无症状心肌缺血(Silent Myocardial Ischemia, SMI)诊断中的价值。**方法** 选取 2021 年 8 月~2024 年 7 月本院接收的 126 例无症状心肌缺血的 CHD 患者作为研究对象,均进行冠状动脉造影(CAG)检查、动态心电图检查和血清心肌损伤标志物[肌钙蛋白 I(cTnI)、氨基末端 B 型脑钠肽前体(NT-proBNP)]检测。以 CAG 结果为金标准,分为阳性组( $n=90$ )和阴性组( $n=36$ ),比较两组一般资料、动态心电图参数、血清 cTnI、NT-proBNP 水平。ROC 分析血清 cTnI、NT-proBNP 诊断的 SMI 的截断值, Kappa 一致性分析动态心电图、血清 cTnI、NT-proBNP 及联合诊断 SMI 的一致性。**结果** 两组患者性别、年龄、基础疾病等一般资料结果差异无统计学意义( $P>0.05$ );阳性组血清 cTnI、NT-proBNP 水平及心肌缺血发作持续时间均明显高于阴性组差异具有统计学意义( $P<0.05$ );阳性组与阴性组 ST 段压低发作时间分布差异无统计学意义( $P>0.05$ )。以血清 cTnI、NT-proBNP 最佳截断值为诊断临界值,血清 cTnI 水平 $>0.16$  ng/mL 为阳性, 126 例无症状心肌缺血的 CHD 患者中共 77 例阳性, 49 例阴性;血清 NT-proBNP $>656.53$  pg/ml 为阳性, 126 例无症状心肌缺血的 CHD 患者中共 83 例阳性, 43 例阴性;动态心电图诊断结果为 68 例阳性, 58 例阴性;三者联合共 91 例阳性, 35 例阴性。Kappa 一致性分析显示,联合诊断的敏感度明显高于单独诊断( $P<0.05$ ),且联合诊断的 Kappa 值明显高于单独诊断( $P<0.05$ )。**结论** 动态心电图参数联合血清心肌损伤标志物在 CHD 中无症状心肌缺血有更高的诊断效能,可显著提高敏感度,且有较高的特异度和准确度,有较高的临床应用价值。

**【关键词】** 冠状动脉粥样硬化性心脏病; 无症状心肌缺血; 动态心电图; 血清心肌损伤标志物; 诊断

[中图分类号] R541.4 [文献标识码] A [文章编号] 1005-0272(2025)06-0445-05

**【引用格式】** 周红乐, 静喜改, 孔双燕. 动态心电图参数联合血清心肌损伤标志物在冠状动脉粥样硬化性心脏病无症状心肌缺血诊断中的价值分析[J]. 临床心电学杂志, 2025, 34(6): 445-449.

**Diagnostic value of dynamic electrocardiogram parameters combined with serum myocardial injury markers in silent myocardial ischemia in coronary atherosclerotic heart disease** ZHOU Hongle, JING Xigai, KONG Shuangyan. *Electrocardiogram room; Emergency department, Pingdingshan First People's Hospital, Pingdingshan Henan 467000, China*

**【Abstract】 Objective** To explore the diagnostic value of dynamic electrocardiogram parameters combined with serum myocardial injury markers in silent myocardial ischemia (SMI) in coronary atherosclerotic heart disease (CHD). **Methods** A total of 126 CHD patients without myocardial ischemia symptoms in the hospital were enrolled as the research objects between August 2021 and July 2024. All underwent coronary angiography (CAG), dynamic electrocardiogram examination and detection of serum myocardial injury markers [cardiac troponin I (cTnI), N-terminal pro brain natriuretic peptide (NT-proBNP)]. Taking CAG results as the golden standard, patients were

作者单位: 467000 河南 平顶山, 平顶山市第一人民医院心电图室(周红乐, 孔双燕), 急诊科(静喜改)

作者简介: 周红乐, 主要从事心电图诊断研究, E-mail: zhl3591@163.com

divided into positive group ( $n=90$ ) and negative group ( $n=36$ ), general data, dynamic electrocardiogram parameters, levels of serum cTnI and NT-proBNP in the two groups were compared. The cut-off values of serum cTnI and NT-proBNP in the diagnosis of SMI were analyzed by ROC curves, the consistency of dynamic electrocardiogram, serum cTnI, NT-proBNP and combined detection in the diagnosis of SMI was analyzed by Kappa consistency analysis. **Results** There was no significant difference in general data (gender, age, underlying diseases) between the two groups ( $P>0.05$ ). The levels of serum cTnI and NT-proBNP, and duration of myocardial ischemia onset in positive group were significantly higher than those in negative group ( $P<0.05$ ), but there was no significant difference in onset duration of ST segment depression between the two groups ( $P>0.05$ ). Taking the best cut-off values of serum cTnI and NT-proBNP as the diagnostic critical values, when level of serum cTnI  $>0.16$  ng/mL was considered as positive, there were 77 positive cases and 49 negative cases. When level of serum NT-proBNP  $>656.53$  pg/ml was considered as positive, there were 83 positive cases and 43 negative cases. The diagnosis results of dynamic electrocardiogram showed that there were 68 positive cases and 58 negative cases. The combined detection showed that there were 91 positive cases and 35 negative cases. Kappa consistency analysis showed that sensitivity of combined detection was significantly higher than that of single index ( $P<0.05$ ), and Kappa value was also significantly greater than that of single index ( $P<0.05$ ). **Conclusions** Dynamic electrocardiogram parameters combined with serum myocardial injury markers have higher diagnostic efficiency for SMI in CHD, which can significantly improve sensitivity, with higher specificity, accuracy and clinical application value.

**【Keywords】** Coronary atherosclerotic heart disease; Silent myocardial ischemia; Dynamic electrocardiogram; Serum myocardial injury marker; Diagnosis

无症状心肌缺血(SMI),也称为无痛性心肌缺血或隐匿性心肌缺血,其无心肌缺血、胸痛相关主观症状<sup>[1]</sup>。SMI易导致心肌可逆性或永久性损伤,进而引发心律失常或急性心肌梗死等严重后果<sup>[2]</sup>。因此,早期、准确的诊断SMI对于冠心病具有重要意义。冠状动脉造影(CAG)是诊断冠心病的“金标准”,能够直接显示冠状动脉的病变部位、范围和严重程度,但其为有创操作,有并发症发生的风险,不适用于所有患者<sup>[3]</sup>。随着医疗技术的不断进步,动态心电图能够记录分析患者24 h的心电变化,已成为诊断SMI的重要手段之一<sup>[4]</sup>。肌钙蛋白I(cTnI)为心肌损伤的高度特异性生物标志物,其血清浓度升高可反映心肌细胞的结构破坏<sup>[5]</sup>;氨基末端B型脑钠肽前体(NT-proBNP)广泛用于心血管疾病的诊断<sup>[6]</sup>。基于此,本研究选取2021年8月~2024年7月本院接收的126例无心肌缺血症状的冠心病(CHD)患者作为研究对象,均进行冠状动脉造影检查、动态心电图检查和血清心肌损伤标志物检测,探讨动态心电图参数联合血清心肌损伤标志物在冠心病SMI诊断中的价值,旨在为临床诊断SMI提供更多依据。现报告如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取2021年8月~2024年7月本院接收的126例无心肌缺血症状的CHD患者作为研究对象,年龄55~80(70.56 $\pm$ 2.23)岁。合并基础疾病:高血压57例、糖尿病36例。本研究经医院伦理委员会通过。

纳入标准:符合冠心病诊断标准<sup>[7]</sup>;病历等临床资料完整者;患者及家属了解并同意。

排除标准:近期有手术史;肝肾功能障碍;合并严重脑血管疾病;合并先天性心脏病;合并恶性肿瘤者;存在沟通障碍;不配合本研究者。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 冠状动脉造影(CAG)

所有患者取仰卧位,消毒、铺巾,穿刺部位局麻,进行桡动脉或股动脉穿刺,选择冠状动脉造影导管对两侧冠脉造影,每根血管至少投照3个不同体位。采用目测直径法对冠状动脉主干、左前降支、左回旋支及右冠状动脉任何一支及其主要分支(血管直径 $\geq 2$  mm)测量。诊断标准<sup>[8]</sup>:任一病变血管狭窄程度 $\geq 50\%$ 为阳性,反之则为阴性。

#### 1.2.2 动态心电图

所有患者采用12导联动态心电图记录仪连续监测24h的心电变化。诊断标准<sup>[9]</sup>:ST段呈水平或下斜型下移,延续至J点后80 ms,压低 $>0.1$  mV,持续时间 $\geq 1$  min则为阳性,记录心肌缺血发作持续时间及ST段压低发作时间分布。

#### 1.2.3 血清心肌损伤标志物检测

入院时,采集所有患者空腹静脉血,离心,保留上层血清,采用全自动生化分析仪检测血清cTnI、NT-proBNP水平。

### 1.3 统计学分析

采用SPSS 22.0统计学软件进行数据分析,符合正态

分布且组间方差齐的计量资料采用( $\bar{x} \pm s$ )表示,采用t检验比较,不符合正态分布的计量资料采用中位数(四分位数间距)表示,采用Mann-Whitney U检验比较;计数资料用率表示,采用 $\chi^2$ 检验,ROC分析血清cTnI、NT-proBNP诊断的SMI的截断值,Kappa一致性分析动态心电图参数联合血清心肌损伤标志物在冠状动脉粥样硬化性心脏病SMI诊断中的价值。一致性划分:0.8<Kappa≤1.0(很好)、0.61<Kappa≤0.8(较好)、0.41≤Kappa≤0.61(中等)、0.21≤Kappa≤0.4(一般)、0<Kappa≤0.2(极低)、Kappa=0(结果随机),Kappa<0(完全不一致)。检验水准为 $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

CAG 诊断结果显示,126 例患者中,90 例阳性为阳性组,36 例阴性为阴性组。

### 2.1 一般资料比较

两组患者性别、年龄、基础疾病等一般资料差异

无统计学意义( $P>0.05$ )。见表 1。

### 2.2 血清心肌损伤标志物及心肌缺血发作持续时间比较

阳性组血清 cTnI、NT-proBNP 水平及心肌缺血发作持续时间均明显高于阴性组差异具有统计学意义( $P<0.05$ ),见表 2。

### 2.3 ST 段压低发作时间分布比较

阳性组与阴性组 ST 段压低发作时间分布差异无统计学意义( $P>0.05$ ),见表 3。

### 2.4 血清 cTnI、NT-proBNP 的诊断价值

以患者血清 cTnI、NT-proBNP 水平为自变量,CAG 诊断为因变量,绘制 ROC 曲线。ROC 曲线分析显示:血清 cTnI 截断值为 0.16 ng/mL 时,曲线下面积为 0.820(95%CI 0.740~0.900),灵敏度 78.89%,特异度 83.33%;血清 NT-proBNP 截断值为 656.53 pg/ml 时,

表 1 一般资料比较

项目	分类	阳性组(n=90)	阴性组(n=36)	t/ $\chi^2$ 值	P值
性别(n,%)					
	男	47(52.22)	20(55.56)	0.115	0.735
	女	43(47.78)	16(44.44)		
年龄( $\bar{x} \pm s$ ,岁)		70.45±2.15	70.83±2.43	0.863	0.390
基础疾病(n,%)					
高血压	有	42(46.67)	15(41.67)	0.259	0.610
	无	48(53.33)	21(58.33)		
糖尿病	有	24(26.67)	12(33.33)	0.560	0.454
	无	66(73.33)	24(66.67)		
心功能分级(n,%)				0.105	0.746
	II级	30(33.33)	11(30.56)		
	III级	44(48.89)	19(52.78)		
	IV级	16(17.78)	6(16.67)		

表 2 血清心肌损伤标志物及心肌缺血发作持续时间比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	cTnI(ng/mL)	NT-proBNP(pg/ml)	心肌缺血发作持续时间(s)
阳性组(n=90)	0.32±0.08	742.19(256.71, 2167.32)	273.52±46.48
阴性组(n=36)	0.11±0.03	637.44(225.36, 1895.67)	231.83±51.48
t/U值	15.295	4.571	4.409
P值	<0.001	<0.001	<0.001

表 3 ST 段压低发作时间分布比较(n,%)

组别	阵次	00:00~06:00	06:00~12:00	12:00~18:00	18:00~24:00
阳性组	173	20(11.56)	70(40.46)	47(27.17)	36(20.81)
阴性组	412	40(9.71)	163(39.56)	131(31.80)	78(18.93)
$\chi^2$ 值		0.454	0.041	1.233	0.274
P值		0.500	0.839	0.267	0.601

曲线下面积为 0.716(95%CI 0.607~0.824), 灵敏度 78.89%, 特异度 66.67%。

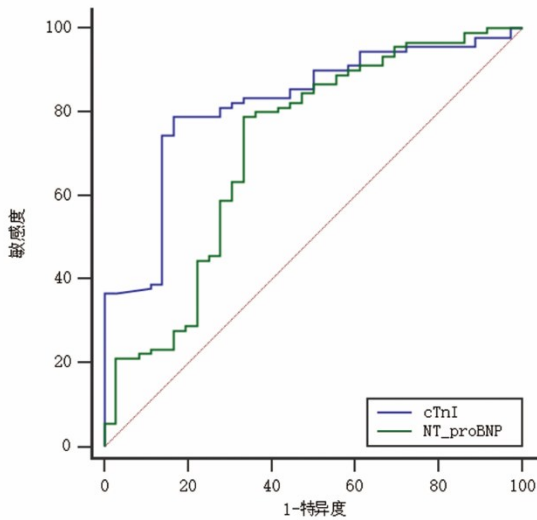


图1 血清 cTnI、NT-proBNP 诊断 CAG 的 ROC 曲线

### 2.5 动态心电图参数、血清心肌损伤标志物及联合诊断的价值

以血清 cTnI、NT-proBNP 最佳截断值为诊断临界值, 血清 cTnI 水平 >0.16ng/mL 为阳性, 126 例无心肌缺血症状的 CHD 患者中共 77 例阳性, 49 例阴性; 血清 NT-proBNP >656.53pg/ml 为阳性, 126 例无心肌缺血症状的 CHD 患者中共 83 例阳性, 43 例阴性; 动态心电图诊断结果为 68 例阳性, 58 例阴性; 三者联合共 91 例阳性, 35 例阴性, 见表 4。Kappa 一致性分析显示, 联合诊断的敏感度均明显高于单独诊断差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 且联合诊断的 Kappa 值明显高于单独

诊断差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 见表 5。

### 3 讨论

CAG 作为诊断冠心病的“金标准”, 通过造影剂在冠状动脉内的显影, 医生可以清晰地观察到冠状动脉的管腔狭窄、管壁钙化、畸形等情况。其在显示冠状动脉的狭窄程度、病变位置和范围方面具有极高的准确性。此诊断手段为有创性检查, 检查费用相对较高, 会发生造影剂过敏、肾脏损伤(造影剂肾病)等并发症<sup>[10-11]</sup>。动态心电图能够 24 h 记录患者的心电变化, 覆盖工作、休息、睡眠等多种日常活动状态, 有助于捕捉偶发、短阵心律失常和心肌缺血事件。不仅能发现 SMI, 还能提供发作频率、持续时间、严重程度、与患者活动及症状之间的关系等信息, 对于疾病的诊断和治疗方案的制定有一定帮助<sup>[12]</sup>。且整个检查过程无创伤、无痛苦、无辐射, 检查流程简单易配合, 患者无需住院, 不影响其日常工作、学习和生活。血清 cTnI 是心肌损伤的特异性标志物, 其升高通常提示心肌细胞损伤<sup>[13]</sup>。NT-proBNP 是心力衰竭的重要生物标志物, 与心力衰竭的严重程度密切相关, 同时 NT-proBNP 水平与心肌缺血有紧密联系, 其诊断 SMI 有较好的灵敏度, 但其特异度不佳<sup>[14-15]</sup>。

本研究中, 以 CAG 诊断结果为金标准, 阳性组血清 cTnI、NT-proBNP 水平均明显高于阴性组, 表明血清 cTnI 和 NT-proBNP 水平对于 SMI 有诊断意义。分析其原因: ①cTnI 是心肌损伤特异性标志物, 仅存在于心肌细胞。当发生 SMI 时, 心肌因缺血、缺氧, 导致心肌细胞膜完整性破坏, 促使 cTnI 释放入血, 造成血清 cTnI 水平升高<sup>[16]</sup>; ②NT-proBNP 是诊断心力衰竭的

表 4 动态心电图、血清 cTnI、NT-proBNP 水平及联合诊断结果比较 (n)

CAG 诊断结果	动态心电图		血清 cTnI		血清 NT-proBNP		联合		合计
	阳性	阴性	阳性	阴性	阳性	阴性	阳性	阴性	
阳性	59	31	71	19	71	19	81	9	90
阴性	9	27	6	30	12	24	10	26	36
合计	68	58	77	49	83	43	91	35	126

表 5 动态心电图、血清 cTnI、NT-proBNP 水平及联合诊断效能比较 (%)

诊断方法	敏感度	特异度	准确度	阳性预测值	阴性预测值	Kappa 值
动态心电图	65.56(59/90)	75.00(27/36)	68.25(86/126)	86.76(59/68)	46.55(27/58)	0.343
血清 cTnI	78.89(71/90)	83.33(30/36)	80.16(101/126) <sup>a</sup>	92.21(71/77)	61.22(30/49)	0.561
血清 NT-proBNP	78.89(71/90)	66.67(24/36)	75.40(95/126)	85.54(71/83)	55.81(24/43)	0.430
联合	90.00(81/90) <sup>abc</sup>	72.22(26/36)	84.92(107/126) <sup>a</sup>	89.01(81/91)	74.29(26/35)	0.627
$\chi^2$ 值	15.908	2.728	10.849	1.960	7.215	
P 值	0.001	0.435	0.001	0.581	0.065	

注: 与动态心电图诊断比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$ ; 与血清 cTnI 比较, <sup>b</sup> $P < 0.05$ ; 与血清 NT-proBNP 比较, <sup>c</sup> $P < 0.05$

重要指标之一<sup>[17]</sup>,心肌缺血可能导致心脏前负荷(即心室舒张末期容量)和后负荷(即心室收缩期遇到的阻力)发生变化,影响心脏功能。心室容量增加,导致心室壁压力增大,进而NT-proBNP水平升高<sup>[18]</sup>。心肌缺血可能引发心肌组织的炎症反应,导致心肌细胞受损,进而释放NT-proBNP等生物标志物,可能刺激机体分泌应激激素,影响NT-proBNP等生物标志物的水平。本研究中,阳性组与阴性组ST段压低发作时间分布无明显差异,但发现发作时间主要分布在06:00~12:00,与吴颖等研究结果相似<sup>[19]</sup>。可能与该时间段体内皮质醇水平升高有关,血小板聚集,使自主神经处于亢奋状态,进而表现为心肌缺血。了解心肌缺血患者ST段压低发作时间的分布规律,有助于医生为患者制定个性化的预防措施,如在其发作高峰时段加强监测和护理,减少不良心脏事件的发生。

本研究中,Kappa一致性分析显示,联合诊断的敏感度明显高于单独诊断,且联合诊断的Kappa值明显高于单独诊断,表明动态心电图联合血清cTnI、NT-proBNP在冠心病SMI诊断中有更高的价值,敏感度较高,与都雯等<sup>[20]</sup>研究结果相似。分析其原因:①动态心电图能够提供缺血程度、持续时间,尤其是SMI和冠状动脉痉挛等原始记录;②cTnI是早期诊断心肌损伤的特异性标志物,仅在心肌细胞受损时释放入血,能精准识别SMI导致的轻微心肌损伤。SMI患者虽无明显症状,但心肌缺血若引发细胞损伤,cTnI水平则异常升高,可弥补动态心电图对心肌微观损伤识别的不足;③NT-proBNP水平的变化能够反映心功能的状态,故三者联合相互补充,共同提高诊断的准确性和可靠性。

综上所述,动态心电图参数联合血清cTnI、NT-proBNP等血清心肌损伤标志物在冠状动脉粥样硬化性心脏病SMI有较佳的诊断价值,可进一步提高诊断效能,值得推广。然而,本研究样本量相对较小,可能导致结果存在一定的偏差,未来应扩大样本量,进行多中心研究,以提高结果的可靠性和准确性。

#### 参考文献

[1] 祝云. 动态心电图在无症状性心肌缺血诊断中的临床意义[J]. 山西医药杂志, 2022, 51(17): 1987-1990.

[2] THEOFILIS P, ANTONOPOULOS A S, SAGRIS M, et al. Silent myocardial ischemia: from pathophysiology to diagnosis and treatment[J]. *Biomedicines*, 2024, 12(2): 259.

[3] 秦玲玲, 邓学东, 徐凤兰, 等. 冠状动脉CTA、超声心动图在冠状动脉粥样硬化性心脏病心肌缺血的临床诊断价值[J]. *中国CT和MRI杂志*, 2023, 21(3): 87-88, 99.

[4] 高国亮, 严国平, 史亮亮, 等. 动态心电图与常规心电图诊断无症状性心肌缺血伴发心律失常的临床效果对比研究[J]. *中国医学装备*, 2023, 20(2): 68-71.

[5] 陆晨, 冯佳佳, 何小宇. 血清BNP、cTnI水平与急性心肌梗死患者心肌缺血程度的相关性[J]. *中华保健医学杂志*, 2021, 23(3): 221-223.

[6] 周奕, 薛青, 李玥. HEART评分联合NT-proBNP对非ST段抬高型急性冠脉综合征患者心血管不良事件的预测价值[J]. *中华急诊医学杂志*, 2022, 31(3): 374-378.

[7] 中华医学会心血管病学分会介入心脏病学组, 中华医学会心血管病学分会动脉粥样硬化与冠心病学组, 中国医师协会心血管内科医师分会血栓防治专业委员会, 等. 稳定性冠心病诊断与治疗指南[J]. *中华心血管病杂志*, 2018, 46(9): 680-694.

[8] CHOUDHURY T, SOLOMONICA A, BAGUR R, et al. Intravascular imaging for cardiac arrest with "normal" coronary arteriography[J]. *Cardiovasc Revasc Med*, 2018, 19(8S):53-55.

[9] 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性心肌缺血患者中的诊断价值[J]. *西部医学*, 2023, 35(3): 372-376.

[10] 黎维桃. 十二导联动态心电图对冠心病心肌缺血发作患者的诊断价值研究[J]. *影像科学与光化学*, 2020, 38(1): 52-58.

[11] 林虹, 张红菊, 张强军. 动态心电图与CT冠脉成像在冠心病诊断中的临床应用[J]. *贵州医药*, 2020, 44(5): 798-799.

[12] 廖品亮, 李海玲, 张志辉, 等. 12导联动态心电图结合CT血管造影对无症状性心肌缺血的诊断价值[J]. *影像科学与光化学*, 2020, 38(4): 739-743.

[13] 杨晓妍, 唐玉洁, 梁颖, 等. 血清Syndecan-4、TIMP-1与STEMI患者冠状动脉病变血管支数、超声心动图参数的关系[J]. *疑难病杂志*, 2023, 22(3): 241-246.

[14] 陈小丹, 熊晨, 颜凤玲. 动态心电图联合血清NT-proBNP、Cys C诊断老年冠状动脉粥样硬化性心脏病无症状性心肌缺血的价值分析[J]. *联勤军事医学*, 2023, 37(11): 944-947.

[15] 杨焕杰, 完海平, 杨永昌, 等. 急诊超声心动图联合血清NT-proBNP、cTnI、CK-MB诊断急性心肌梗死的临床价值分析[J]. *现代生物医学进展*, 2020, 20(21): 4084-4087.

[16] SACCO M A, GUALTIERI S, GRIMALDI G, et al. The role of cardiac troponins in postmortem diagnosis of myocardial ischemia: a systematic review[J]. *Int J Mol Sci*, 2024, 26(1): 105.

[17] KAN C L, CAO J J, HOU J, et al. Correlation of miR-21 and BNP with pregnancy-induced hypertension complicated with heart failure and the diagnostic value[J]. *Exp Ther Med*, 2019, 17(4): 3129-3135.

[18] FEISTRITZER H J, REINSTADLER S J, KLUG G, et al. N-terminal pro-B-type natriuretic peptide is associated with aortic stiffness in patients presenting with acute myocardial infarction[J]. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*, 2016, 5(8): 560-567.

[19] 吴颖, 刘卫其, 张励庭, 等. 血清BNP、hs-CRP联合24h动态心电图对老年冠状动脉性心脏病并发无症状性心肌缺血的诊断价值[J]. *中国分子心脏病学杂志*, 2021, 21(3): 3945-3948.

[20] 都雯, 赵桂香. 缺血修饰白蛋白和氨基末端脑钠肽前体联合动态心电图在无症状性心肌缺血诊断中的价值[J]. *中国医学装备*, 2017, 14(9): 85-88.