

## 临床研究

DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.003241

## 心音图在心绞痛患者中的临床诊断价值

童西杰, 杜新月, 刘 龙, 韦 雪, 卢 红, 蒋桂仲, 邓国兰

(重庆医科大学附属第一医院心血管内科, 重庆 400016)

**【摘要】目的:**探究现代心音图技术的相关参数在诊断心绞痛患者中的临床应用价值。**方法:**选取心内科因心绞痛入院且行冠状动脉造影的患者共 150 例。所有患者均进行常规心电图及心音心电图检查。**结果:**150 例心绞痛患者中有 81 例经冠脉造影诊断为冠心病, 69 例经冠脉造影排除冠心病; 第四心音 (fourth heart sound, S<sub>4</sub>)、心电图 ST-T 改变在 2 组间的差异具有统计学意义 ( $P < 0.05$ ); 心电图 ST-T 改变诊断心绞痛的敏感度及特异度分别为 54.3% 及 84.1%, 而 S<sub>4</sub> 诊断心绞痛的敏感度及特异度分别为 74.1% 及 82.6%。当 ST-T 改变与 S<sub>4</sub> 联合诊断心绞痛时, 其敏感度及特异度分别为 87.7% 与 81.2%。**结论:**S<sub>4</sub> 与 ST-T 改变联合可提高心绞痛患者的诊断水平, 可作为心绞痛患者诊断与评估的重要辅助指标。

**【关键词】**心绞痛; 冠心病; 心电图; 心音图; 第四心音**【中图分类号】**R540.4**【文献标志码】**A**【收稿日期】**2023-03-22

## Clinical diagnostic value of acoustic cardiography in patients with angina pectoris

Tong Xijie, Du Xinyue, Liu Long, Wei Xue, Lu Hong, Jiang Guishen, Deng Guolan

(Cardiovascular Department, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University)

**【Abstract】Objective:** To investigate the clinical application value of related parameters of modern acoustic cardiography techniques in the diagnosis of patients with angina pectoris. **Methods:** A total of 150 patients who were admitted due to angina pectoris and underwent coronary angiography were enrolled, and all patients underwent routine electrocardiography and acoustic cardiography. **Results:** Among the 150 patients with angina pectoris, 81 had a confirmed diagnosis of coronary artery disease by coronary angiography, and coronary artery disease was excluded in 69 patients after coronary angiography. There were significant differences between the two groups in S<sub>4</sub> and ST-T changes on electrocardiography ( $P < 0.05$ ); ST-T changes on electrocardiography had a sensitivity of 54.3% and a specificity of 84.1% in the diagnosis of angina pectoris, while S<sub>4</sub> had a sensitivity of 74.1% and a specificity of 82.6%. ST-T changes combined with S<sub>4</sub> had a sensitivity of 87.7% and a specificity of 81.2% in the diagnosis of angina pectoris. **Conclusion:** S<sub>4</sub> combined with ST-T changes can improve the diagnostic level of patients with angina pectoris, and therefore, they can be used as important auxiliary indices for the diagnosis and evaluation of patients with angina pectoris.

**【Key words】**angina pectoris; coronary artery disease; electrocardiography; acoustic cardiography; fourth heart sound

冠心病 (coronary artery disease, CAD) 是指冠状动脉因发生粥样硬化病变而严重阻塞或闭塞, 导致心肌缺血、缺氧或坏死而引起的心脏病。心绞痛是冠心病的一种, 根据其发病机制不同, 一般分为稳定型心绞痛和不稳定型心绞痛。稳定型心绞痛常

表现为较为稳定的心绞痛, 病情可能会长期保持稳定。如果病情进一步恶化, 将从稳定型心绞痛恶化为不稳定型心绞痛, 这意味着患者的血管病变不稳定, 随时可能发生心肌梗死, 且心梗后患者再次出现相关心血管不良事件的风险依然较高<sup>[1]</sup>。严重时会出现严重心律失常, 甚至猝死。

冠状动脉造影作为心绞痛诊断的金标准, 对该疾病的诊断有很高的特异性。然而, 冠状动脉造影属于创伤性检查, 会对患者身体造成一定伤害, 并

作者介绍: 童西杰, Email: t951114@163.com,

研究方向: 心血管相关疾病。

通信作者: 邓国兰, Email: dengguolan0201@163.com。

优先出版: <https://kns.cnki.net/kcms2/detail/50.1046.R.20230707.1123.002.html>

(2023-07-10)

且其费用昂贵,操作难度较大,因此在基层医院的应用受到很大限制。目前基层医院通常采用常规心电图作为首选检查。常规心电图检查具有重复性高、检查时间短、操作简单、无创伤及费用低廉等特点,在冠心病等疾病的诊断与评估中具有一定价值<sup>[2]</sup>。由于常规心电图存在较多的局限性,检测结果易受多方面因素影响,因此检出率相对较低,部分患者可能会因心电图无明显阳性改变而被漏诊。

心音心电图是近年来研究的一项全新技术。它通过在 V<sub>3</sub> 导联位置放置双重感应器,可同时记录心电图及心音数据,并最终提供计算机分析的详细报告。根据相关研究报道,心音图在诊断心血管疾病方面具有一定临床价值。例如,心音图可识别由冠状动脉狭窄引起的冠状动脉内杂音,并检测由急性心肌缺血引起的机械功能障碍<sup>[3-4]</sup>。其他研究发现,心音图检测到的第三心音(third heart sound, S3)或第四心音(fourth heart sound, S4)可增强心电图对缺血的检测<sup>[5]</sup>。

为了进一步探讨心音图在冠心病中的临床价值,本次研究评估了心音心电图识别经冠状动脉造影证实的冠心病性能。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

在重庆医科大学附属第一医院心内科进行了 1 项前瞻性的观察比较研究,选取因心绞痛入院并行冠状动脉造影的 150 例患者为研究对象。根据冠状动脉造影结果,将患者分为冠心病组(81 例,冠脉造影显示至少有 1 条主要冠状动脉狭窄程度>50%)和正常组(69 例,冠脉造影显示正常),在所有患者中共有 12 例心力衰竭患者,3 例冠心病合并心衰患者。排除标准:①慢性房颤、预激综合征、房室传导阻滞;②心脏瓣膜病、先天性心脏病;③伴严重肝肾疾病。本研究已获得医院伦理委员会批准,批准号 2021-472。

### 1.2 研究方法

常规记录所有研究对象的一般临床资料,包括年龄、性别、血压、血糖、心率、体质指数(body mass index, BMI)、左室射血分数(left ventricular ejection fractions, LVEF),检测肝肾功能等数据。患者入院后随即进行心音图检查并记录数据。心电图阳性诊断标准:①2 个或 2 个以上相邻的导联出现 ST 段抬高,在 V<sub>2</sub>-V<sub>3</sub> 导联中,≥40 岁男性抬高≥2 mm, <40 岁男性抬高≥2.5 mm, 女性无论年龄≥1.5 mm;在其他导联中抬高≥1 mm。②2 个或 2 个以上相邻的导联出现 ST 段水平型或下

斜型下移≥0.5 mm。③2 个或 2 个以上相邻的导联出现 T 波倒置≥1 mm。

心音图检查方法:将心音图仪器电极按照标准 12 导联心电图方法放置于患者四肢及胸前, V<sub>3</sub> 导联位置放置双重感应器,对每例患者进行 20 s 及以上的检测,同步记录心音、心电信号,最后使用分析软件分析心音、心电数据并评估心脏功能。本研究评估了以下心音参数:①电-机械激动时间(electromechanical activation time, EMAT):从 Q 波开始到第一心音二尖瓣成分的时间。EMAT%表示 EMAT 占心动周期的比例;由于 EMAT 受心率的影响,因此使用心率来标准化参数从而进行分析,以 EMAT%表示。例如, EMAT%是 EMAT 与 RR 间期的比率,表示 EMAT 在心动周期中的百分比。②左心室收缩时间(left ventricular systolic time, LVST):从第一心音到第二心音的时间,是评价左心室收缩功能的参数。③S3 强度:所测量的 S3 强度与一致性。④S4 强度:所测量的 S4 强度与一致性。

### 1.3 统计学处理

所有数据均采用 SPSS 25.0 软件进行分析。正态分布的连续变量以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,偏态分布的变量以  $M_d(P_{25}, P_{75})$  表示。连续变量数据的分析采用 *t* 检验或 *U* 检验,分类变量用率表示,组间数据比较采用卡方检验;使用二元 logistic 回归分析各因素与 CAD 的相关性;使用标准公式计算阳性似然比(positive likelihood ratio, PLR)和阴性似然比(negative likelihood ratio, NLR)。检验水准  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

### 2.1 一般临床资料的比较

冠心病组共有患者 81 例,正常组有 69 例,2 组间性别、糖尿病、血脂、吸烟、饮酒、高密度脂蛋白等指标存在统计学差异,见表 1。

### 2.2 冠心病组与正常组间心音心电图相关参数的比较

本研究发现 EMAT、LVST 及 S3 等心音心电图参数在 2 组无统计学差异;而 ST-T 改变和 S4 在 2 组间具有统计学差异( $P<0.05$ ),见表 2。

### 2.3 冠心病独立危险因素

二元 logistic 回归分析发现,糖尿病、ST-T 改变及 S4 与冠心病之间存在正相关性( $P<0.05$ ),是冠心病的独立危险因素;而性别、血脂异常、吸烟、饮酒及高密度脂蛋白与冠心病间无明显相关性( $P>0.05$ ),见表 3。

### 2.4 心音心电图诊断冠心病的价值

表 4 显示了心音心电图在诊断冠心病中的价值。研究显示,在冠心病的诊断中, S4 的敏感度明显高于 ST-T 改变(74.1% vs. 54.3%),但它们的特异度基本相似(82.6% vs. 84.1%)。当 S4 与 ST-T 改变进行联合诊断时,相比于单独 S4,其敏感度可以提高 13.6%。

表 1 2 组基本资料比较( $\bar{x} \pm s; n, \%$ )

| 项目                       | 冠心病组( $n=81$ ) | 正常组( $n=69$ ) | $\chi^2/t$ 值 | $P$ 值 |
|--------------------------|----------------|---------------|--------------|-------|
| 年龄/岁                     | 64.8 ± 10.0    | 61.6 ± 11.9   | -1.792       | 0.075 |
| 男性                       | 59(72.8)       | 32(46.4)      | 2.794        | 0.002 |
| BMI/(kg/m <sup>2</sup> ) | 25.1 ± 3.0     | 24.9 ± 3.1    | -0.254       | 0.800 |
| 心率/(次/min)               | 79.4 ± 13.4    | 79.2 ± 14.8   | -0.108       | 0.914 |
| 呼吸/(次/min)               | 19.6 ± 1.0     | 19.6 ± 1.1    | -0.290       | 0.837 |
| 高血压                      | 64(79.0)       | 42(60.8)      | 4.380        | 0.054 |
| 糖尿病                      | 35(43.2)       | 12(17.4)      | 7.243        | 0.001 |
| 血脂异常                     | 25(30.9)       | 11(15.9)      | 4.640        | 0.041 |
| LVEF/%                   | 60.07 ± 9.50   | 59.38 ± 8.70  | 0.465        | 0.642 |
| 吸烟史                      | 47(58.0)       | 22(31.9)      | 4.908        | 0.006 |
| 饮酒史                      | 41(50.6)       | 20(28.9)      | 4.085        | 0.015 |
| 谷胱甘肽氨基转移酶/(U/L)          | 29.9 ± 88.3    | 25.6 ± 15.9   | -0.397       | 0.692 |
| 谷胱甘肽转氨酶/(U/L)            | 21.6 ± 24.5    | 22.5 ± 9.9    | 0.296        | 0.767 |
| 肌钙蛋白 I/(μg/L)            | 0.11 ± 0.54    | 0.03 ± 0.08   | -1.301       | 0.164 |
| 肌红蛋白/(μg/L)              | 69.2 ± 70.9    | 60.1 ± 39.1   | -0.965       | 0.377 |
| 肌酸激酶同工酶/(μg/L)           | 2.7 ± 1.7      | 2.8 ± 2.5     | 0.194        | 0.819 |
| 尿素氮/(mmol/L)             | 6.8 ± 2.8      | 6.4 ± 2.4     | -0.590       | 0.433 |
| 尿肌酐/(μmol/L)             | 87.0 ± 65.3    | 76.2 ± 20.5   | -1.325       | 0.187 |
| 血尿酸/(μmol/L)             | 344.6 ± 90.1   | 350.3 ± 100.4 | 0.366        | 0.715 |
| 总胆固醇/(mmol/L)            | 3.9 ± 0.9      | 3.8 ± 0.9     | -0.863       | 0.390 |
| 甘油三酯/(mmol/L)            | 1.8 ± 1.7      | 1.7 ± 1.6     | -0.634       | 0.527 |
| 高密度脂蛋白/(mmol/L)          | 1.1 ± 0.3      | 1.2 ± 0.3     | 2.502        | 0.014 |
| 低密度脂蛋白/(mmol/L)          | 2.3 ± 0.8      | 2.5 ± 2.4     | 0.688        | 0.493 |

表 2 2 组心音心电图相关参数比较( $n, \%, \bar{x} \pm s$ )

| 项目      | 冠心病组       | 正常组        | $\chi^2/t$ 值 | $P$ 值 |
|---------|------------|------------|--------------|-------|
| ST-T 改变 | 44(54.3)   | 11(15.9)   | 16.576       | 0.004 |
| EMAT%   | 12.4 ± 2.7 | 12.8 ± 3.6 | 0.962        | 0.338 |
| LVST%   | 37.4 ± 5.9 | 38.5 ± 6.8 | 1.042        | 0.299 |
| S4      | 60(74.1)   | 12(17.4)   | 37.592       | 0.000 |
| S3      | 13(16.0)   | 18(26.1)   | 2.290        | 0.210 |

表 3 二元 logistic 回归分析的参数及结果

| 参数      | $\beta$ | OR    | 95%CI        | $P$ 值 |
|---------|---------|-------|--------------|-------|
| 性别      | 0.864   | 2.373 | 0.765~7.358  | 0.135 |
| 糖尿病     | 1.087   | 2.966 | 1.241~7.091  | 0.014 |
| 血脂异常    | 0.483   | 1.621 | 0.621~4.228  | 0.324 |
| 吸烟史     | 0.464   | 1.591 | 0.432~5.858  | 0.485 |
| 饮酒史     | 0.111   | 1.117 | 0.345~3.623  | 0.853 |
| 高密度脂蛋白  | -0.016  | 0.985 | 0.272~3.570  | 0.981 |
| ST-T 改变 | 0.955   | 2.598 | 1.035~6.523  | 0.042 |
| S4      | 1.524   | 4.588 | 2.007~10.490 | 0.000 |

表 4 S4 与 ST-T 改变对诊断冠心病的评价

| 参数         | 性别 | 敏感度/% | 特异度/% | PLR  | NLR  |
|------------|----|-------|-------|------|------|
| S4         | 全体 | 74.1  | 82.6  | 4.26 | 0.31 |
| S4         | 男性 | 73.3  | 85.3  | 4.97 | 0.31 |
| S4         | 女性 | 76.2  | 80.0  | 3.81 | 0.29 |
| ST-T 改变    | 全体 | 54.3  | 84.1  | 3.41 | 0.54 |
| ST-T 改变    | 男性 | 53.3  | 85.3  | 3.63 | 0.55 |
| ST-T 改变    | 女性 | 51.1  | 82.8  | 2.97 | 0.59 |
| S4+ST-T 改变 | 全体 | 87.7  | 81.2  | 4.66 | 0.15 |

### 3 讨论

心音心电图是利用基于小波的信号处理技术,将抽象的心音可视化,并对相关参数进行定量分析。心音心电图检测操作简单,人工智能(artificial intelligence, AI)诊断系统可快速、精准分析相关数据,在临床使用中有显著优势。近年来心音心电图在心功能不全、心律失常、冠心病等疾病诊断方面的研究均有显著进展<sup>[6-10]</sup>。Roos M 等<sup>[11]</sup>研究发现在左心室收缩功能不全的诊断中,EMAT 相对于 LVEF、QRS 时限具有更高的特异性。Zuber M 等<sup>[12]</sup>发现,当脑钠肽(brain natriuretic peptide, BNP)处于“灰区”(100 ng/L < BNP < 400 ng/L)时,心音图诊断心力衰竭的特异性比 BNP 更高。此外,Peacock WF 等<sup>[13]</sup>研究表明 S3 强度与 BNP > 500 ng/L 在诊断急性失代偿心力衰竭方面具有相似的特异性,且当 S3 与 BNP 协同诊断时,可明显提高 BNP 对急性失代偿心力衰竭诊断的特异性。虽然心电图目前在心血管疾病诊断方面取得了卓越的成效,但主要还是在心衰中应用较多,对冠心病相关的研究还不足。

目前对心绞痛患者的早期诊断与评估主要使用常规心电图检查,可通过 ST 段的改变对患者进行初步评估,但存在局限性,很多患者并没有 ST 改变的特征,同时在检测中容易受神经功能失调、电解

质紊乱、心肌肥厚、束支传导阻滞等影响,漏诊率较高<sup>[14-15]</sup>。冠状动脉造影虽然是诊断心绞痛的金标准,但它属于有创检查,并且费用高,通常不能作为普遍筛查手段。

研究表明通过经皮冠状动脉介入术<sup>[16-17]</sup>引起的急性冠状动脉闭塞或运动或心房起搏引起的缺血时,心室功能异常早于心电图变化。有研究发现,在心肌缺血的患者中,有 40% 的患者出现 S4,并且较 ST 段改变更早,且持续时间更长<sup>[18]</sup>。Aronow WS<sup>[19]</sup>观察到,在运动性心绞痛患者中,94% 的患者出现 S4,而 S3 和心电图 ST-T 变化分别仅有 60% 和 53%。本研究表明,糖尿病、ST-T 改变及 S4 与冠心病之间存在正相关性 ( $P < 0.05$ ),是冠心病的独立危险因素;在冠心病的诊断中,S4 的敏感度明显高于 ST-T 改变 (74.1% vs. 54.3%),但它们的特异度基本相似 (82.6% vs. 84.1%)。当 S4 与 ST-T 改变联合诊断时,相比于单独 S4 诊断,其敏感度提高 13.6%。本研究结果表明,对于心绞痛的诊断,心音心电图是一个快速、简捷、精准的检测手段,可以在临床广泛开展。本研究存在一定的局限性,即样本量相对较少,可能对结果有一定影响,需进一步扩大样本量。

综上所述,心音图参数 S4 是冠心病的独立危险因素,有助于快速诊断冠心病,并且当 S4 与心电图 ST-T 改变联合诊断时可提高心绞痛患者临床诊断水平。因此,心音心电图可以作为心绞痛患者的辅助诊断,成为筛查心绞痛患者的一种简单、快速、有效的方法。

## 参 考 文 献

- [1] 黄钊涛,陈业群. 心肌梗死后主要心脑血管不良事件现状及防治进展[J]. 实用心电学杂志, 2022, 31(1): 7-12.  
Huang ZT, Chen YQ. Post-myocardial infarction major adverse cardiovascular and cerebrovascular events: current perspectives, and preventive and therapeutic approach[J]. J Pract Electrocardiol, 2022, 31(1): 7-12.
- [2] 覃海鸥,卢喜烈,朱金秀. 心电图在非持续性 ST 段抬高型急性冠脉综合征中的作用: 基于 2020 ESC 对该类患者的管理指南[J]. 实用心电学杂志, 2020, 29(6): 381-385.  
Qin HO, Lu XL, Zhu JX. Roles of ECG in acute coronary syndrome among patients presenting without persistent ST-segment elevation: based on the 2020 ESC Guidelines for the management of these patients[J]. J Pract Electrocardiol, 2020, 29(6): 381-385.
- [3] Azimpour F, Caldwell E, Tawfik P, et al. Audible coronary artery Stenosis[J]. Am J Med, 2016, 129(5): 515-521. e3.
- [4] Luciani M, Saccocci M, Kuwata S, et al. Reintroducing heart sounds for early detection of acute myocardial ischemia in a porcine model - correlation of acoustic cardiography with gold standard of pressure-volume analysis[J]. Front Physiol, 2019, 10: 1090.
- [5] Lee E, Drew BJ, Selvester RH, et al. Diastolic heart sounds as an adjunctive diagnostic tool with ST criteria for acute myocardial ischemia[J]. Acute Card Care, 2009, 11(4): 229-235.
- [6] Peacock WF, Harrison A, Maisel AS. The utility of heart sounds and systolic intervals across the care continuum[J]. Congest Heart Fail, 2006, 12(Suppl 1): 2-7.
- [7] Shah SJ, Michaels AD. Hemodynamic correlates of the third heart sound and systolic time intervals[J]. Congest Heart Fail, 2006, 12(Suppl 1): 8-13.
- [8] Gerber IL, McKeown BH, Marcus G, et al. Third and fourth heart sounds are highly specific markers for elevated left ventricular filling pressure and reduced ejection fraction[J]. J Card Fail, 2004, 10(4): S36.
- [9] Harris IS, Lee E, Yeghiazarians Y, et al. Phonocardiographic timing of third and fourth heart sounds during acute myocardial infarction[J]. J Electrocardiol, 2006, 39(3): 305-309.
- [10] Cohn PF, Thompson P, Strauss W, et al. Diastolic heart sounds during static (handgrip) exercise in patients with chest pain[J]. Circulation, 1973, 47(6): 1217-1221.
- [11] Roos M, Toggweiler S, Jamshidi P, et al. Noninvasive detection of left ventricular systolic dysfunction by acoustic cardiography in cardiac failure patients[J]. J Card Fail, 2008, 14(4): 310-319.
- [12] Zuber M, Kipfer P, Attenhofer Jost CH. Usefulness of acoustic cardiography to resolve ambiguous values of B-type natriuretic peptide levels in patients with suspected heart failure[J]. Am J Cardiol, 2007, 100(5): 866-869.
- [13] Peacock WF, Harrison A, Moffa D. Clinical and economic benefits of using AUDICOR S3 detection for diagnosis and treatment of acute decompensated heart failure[J]. Congest Heart Fail, 2006, 12(Suppl 1): 32-36.
- [14] Okin PM, Kligfield P. Population selection and performance of the exercise ECG for the identification of coronary artery disease[J]. Am Heart J, 1994, 127(2): 296-304.
- [15] Okin PM, Kligfield P. Gender-specific criteria and performance of the exercise electrocardiogram[J]. Circulation, 1995, 92(5): 1209-1216.
- [16] Hauser AM, Gangadharan V, Ramos RG, et al. Sequence of mechanical, electrocardiographic and clinical effects of repeated coronary artery occlusion in human beings: echocardiographic observations during coronary angioplasty[J]. J Am Coll Cardiol, 1985, 5(2 Pt 1): 193-197.
- [17] Alam M, Khaja F, Brymer J, et al. Echocardiographic evaluation of left ventricular function during coronary artery angioplasty[J]. Am J Cardiol, 1986, 57(1): 20-25.
- [18] Lee E, Drew BJ, Selvester RH, et al. Sequence of electrocardiographic and acoustic cardiographic changes and angina during coronary occlusion and reperfusion in patients undergoing percutaneous coronary intervention[J]. Ann Noninvasive Electrocardiol, 2009, 14(2): 137-146.
- [19] Aronow WS. Postexercise phonocardiogram. Thirty-month follow-up in normal subjects[J]. JAMA, 1974, 228(12): 1569-1570.

(责任编辑:冉明会)