

12 导联穿戴心电设备在院前诊断急性 ST 段抬高型心肌梗死中的应用

沈娟^{1,2}, 陈韬¹, 赖杰伟³, 阳维³, 修建成³, 韩宝石¹, 石亚君¹, 陈韵岱¹, 郭军¹

¹解放军总医院第六医学中心心血管学部, 北京 100048; ²解放军医学院, 北京 100853; ³南方医科大学, 广东广州 510515

摘要:目的 探索 12 导联穿戴心电设备在院前诊断急性 ST 段抬高型心肌梗死(STEMI)的应用价值。方法 选取 2019 年 1 月~2021 年 8 月“全国心电一张网”中使用 12 导联穿戴心电设备危急值预警 ST 改变的 441 例患者心电图, 回顾性分析 STEMI 病例的基本特点、响应时间及被检者主诉; 分析院前穿戴心电图人工判读的 STEMI 病例、穿戴设备 AI 智能诊断的 STEMI 病例的诊断准确性。结果 院前穿戴心电图医生判读为 STEMI 的患者共 89 例, 其中 58 例线上预警后去医院就诊, 转诊率为 65.17%。心电图诊断评估平均用时为 153.02 s, 心电图诊断审核平均用时为 178.06 s。院前穿戴心电图人工判读 STEMI、院前穿戴心电设备 AI 诊断 STEMI 的敏感度分别为 100%、88.37%, 特异度分别为 95.40%、79.31%。院前穿戴心电图人工判读 STEMI、穿戴心电设备 AI 智能诊断 STEMI 与临床确诊 STEMI 具有较高的一致性。结论 12 导联穿戴心电设备能够在医院外场景准确记录 STEMI 患者的心电图, 并实现短时间内上传且快速获得诊断。院前穿戴心电图无论是人工判读还是 AI 诊断 STEMI 的准确性率均较高。关键词: 12 导联穿戴心电设备; ST 段抬高型心肌梗死; 敏感度; 特异度

Application of wearable 12-lead electrocardiogram devices in pre-hospital diagnosis of acute ST segment elevation myocardial infarction

SHEN Juan^{1,2}, CHEN Tao¹, LAI Jiewei³, YANG Wei³, XIU Jiancheng³, HAN Baoshi¹, SHI Yajun¹, CHEN Yundai¹, GUO Jun¹

¹Department of Cardiology, Sixth Medical Center of Chinese PLA General Hospital, Beijing 100048, China; ²Medical School of Chinese PLA, Beijing 100853, China; ³Southern Medical University, Guangzhou 510515, China

Abstract: Objective To assess the value of wearable 12-lead electrocardiogram (ECG) devices in pre-hospital diagnosis of acute ST segment elevation myocardial infarction (STEMI). **Methods** This analysis was conducted among 441 patients selected from the "National ECG Network", who used wearable 12-lead ECG device with critical situation warning of ST change between January 2019, and August, 2021. The general characteristics, response time and complaints of the patients with STEMI were analyzed. The accuracy of pre-hospital diagnosis of STEMI was compared between clinician's interpretation of ECGs and AI diagnosis by the wearable ECG device. **Results** In 89 of the patients, a pre-hospital diagnosis of STEMI was made by physicians based on ECGs from the wearable devices, and 58 of them sought medical attention after online warning, with a referral rate of 65.17%. The average time for diagnostic assessment of the ECGs was 153.02 s, and the average time for confirmation of the diagnosis was 178.06 s. The sensitivity for pre-hospital diagnosis of STEMI by clinician's interpretation of the ECGs and by AI diagnosis was 100% and 88.37%, respectively, with a specificity of 95.40% and 79.31%, respectively. The pre-hospital diagnosis by clinicians and AI diagnosis of STEMI both showed a high consistency with the subsequent definite clinical diagnosis of STEMI. **Conclusion** Wearable 12-lead ECG devices can accurately record ECG characteristics of STEMI patients outside the hospital and allow immediate data uploading for an early diagnosis. The diagnoses of STEMI made based on AI technology are highly consistent with those by clinicians, demonstrating excellent clinical performance of the wearable ECG devices.

Keywords: 12-lead ECG wearable devices; ST segment elevation myocardial infarction; sensitivity; specificity

心血管疾病是全球主要的死亡原因, 其中急性心肌梗死的死亡率总体呈上升趋势, 尤其是急性 ST 段抬高型心肌梗死的死亡率在我国农村地区呈现急剧上升趋势^[1-4]。早期快速开通梗死相关血管是改善 STEMI 预后、降低死亡率的关键^[5,6]。我国 2019 年急性 ST 段抬高型心肌梗死(STEMI)指南建议医疗急救系统在第一次医疗接触后 10 min 内获得心电图^[5,7], 12 导联心电图对

于早期诊断及治疗 STEMI 中至关重要, 院前心电图的使用能有效缩短心肌缺血时间^[2,6,8]。但有研究显示 120 转运的患者只有 27% 在到达医院之前获得心电图^[9]。目前, 急性心梗救治延误主要发生在医院外^[10], 借助穿戴心电设备在医院外及早诊断并指导就医急救是优化急性 STEMI 救治流程的有效策略。现有的穿戴心电设备, 绝大多数为单导联或模拟多导联心电图, 仅能检测到 ST-T 改变, 在诊断 STEMI 中仍存在不足^[11-17]。12 导联穿戴心电设备在院内医护人员操作下的 STEMI 患者中的定位诊断与识别中不亚于传统 12 导联心电图^[18]。国内外可穿戴设备研究多局限于心律失常中的应用^[15,19-22],

收稿日期: 2022-05-17

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFC2001205)

作者简介: 沈娟, 在读硕士研究生, 医师, E-mail: shenj1214@163.com

通信作者: 郭军, 教授, 主任医师, E-mail: guojun301@126.com

穿戴心电设备在急性ST段抬高型心肌梗死的应用及研究较少。如何有效且快速地实现院外心电图对心梗的诊断及诊疗亟待更多的临床验证。因此,本研究依托“全国心电一张网”,基于12导联穿戴心电设备对院前STEMI的诊断效能进行相关研究,对实际应用中发生的STEMI危急值预警的心电图进行分析,旨在明确其在急性ST段抬高型心肌梗死的应用价值。

1 资料和方法

1.1 研究对象

本研究为依托“心电一张网”共纳入2019年1月~2021年8月使用12导联穿戴心电设备预警ST段改变的危急值心电图的患者共441例。其中男性302例,女性139例,年龄 60.16 ± 14.68 (21~93)岁,心率为 84.97 ± 32.861 次/min。本研究由解放军总医院中央医学伦理委员会批准(批准号:S2019-318-03)。

1.2 纳入、排除标准

纳入标准:选取使用12导联穿戴心电设备采集的心电图,根据“心电图危急值2017年专家共识”^[23]关于危急值的建议。疑似急性冠脉综合征:ST段抬高:J点后60~80 ms处弓背向上抬高 ≥ 0.10 mV,右胸导联 ≥ 0.25 mV,左胸导联 ≥ 0.10 mV;ST段下降:J点后60~80 ms处ST段下斜性或水平型下降 ≥ 0.15 mV。排除标准:心电图图像质量差、影响分析;其他类型危急值预警的患者。

1.4 研究方法

1.4.1 资料收集 记录患者年龄、症状、心率、危急值响应时间、心电数据等。其中患者出现症状后使用穿戴设

备采集心电图上传至评估医生诊断心电图的时间为心电图诊断评估用时,审核医生完成审核并反馈最终诊断的时间为心电图诊断审核用时。并对危急值预警的患者进行后续随访,记录就诊医院的临床诊断。

1.4.2 研究内容 由两名资深心内科医生对危急值预警心电图资料进行汇总,分析STEMI患者的基本特点、危急值响应时间、临床确诊STEMI病例的主诉等数据。以临床确诊STEMI为金标准,统计院前穿戴设备AI智能诊断STEMI、院前穿戴设备人工判读STEMI的诊断结果,并计算敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值、诊断符合率。

1.4.3 院前穿戴设备AI智能诊断STEMI 本研究团队前期基于DenseNet(密集连接型网络)的心电数据构建穿戴设备STEMI的心电智能诊断模型^[24,25],将穿戴设备危急值预警的原始心电资料使用STEMI的智能诊断模型进行AI智能诊断。所有的原始心电资料均为二进制心电数据(北京心韵恒安医疗科技有限公司)。

1.4.4 院前穿戴心电图人工判读STEMI 由两名经验丰富的心内科临床医生分析院前使用穿戴心电设备并危急值预警的心电图数据,根据第四版“全球心肌梗死定义”^[26]的STEMI心电图特点“至少2个相邻导联J点后新出现ST段弓背向上抬高V2-V3导联 ≥ 0.25 mV(<40岁,男性)、 ≥ 0.2 mV(≥ 40 岁,男性)或 ≥ 0.15 mV(女性),其他相邻胸导或肢体导联 ≥ 0.1 mV、伴或不伴病理性Q波、R波减低”人工判读心电图为STEMI。急性心肌梗死实例(图1)。

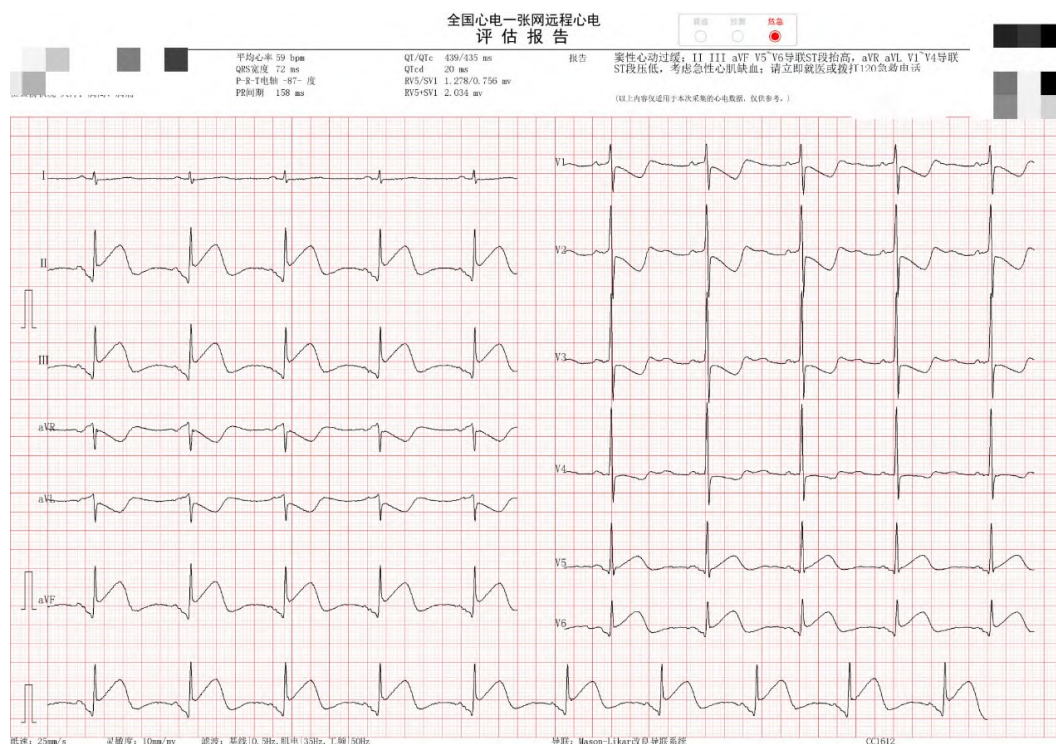


图1 急性心肌梗死穿戴式心电图实例

Fig.1 A representative ECG of acute myocardial infarction recorded by a wearable ECG device.

1.4.5 院内临床确诊STEMI的标准 根据患者心电图危急值预警情况,对预警后的患者进行两次随访,并根据第四版“全球心肌梗死定义”标准^[26],结合患者的症状、心电图及入院后的心肌损伤标志物、影像学检查等做出STEMI的临床诊断。

1.5 统计学方法

使用SPSS 20.0软件对数据进行统计分析,计数资料用率进行描述;计量资料用均数±标准差表示;分类变量用卡方检验进行分析。以 $P<0.05$ 为差异有统

计学意义。

2 结果

2.1 STEMI患者的基本情况

共收集院前危急值ST改变心电图资料共441例,年龄 60.16 ± 14.68 岁,心率为 84.97 ± 32.86 次/min。院前穿戴心电图医生判读为STEMI的患者共89例,其中线上预警后于医院就诊的患者共58例,转诊率为65.17%,43例临床确诊STEMI(图2)。

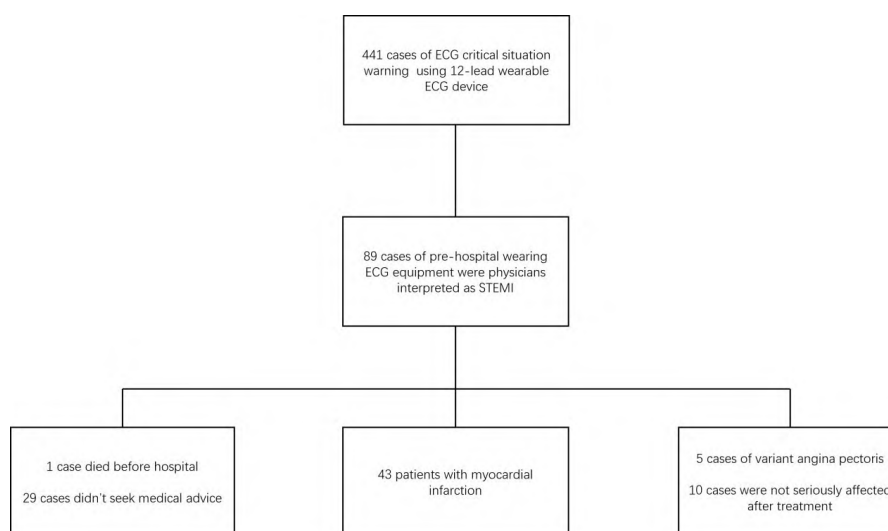


图2 STEMI患者的基本情况

Fig.2 General information of the patients with STEMI.

2.2 院内临床确诊STEMI的平均响应时间及上传特点

43例临床确诊STEMI患者的心电图诊断评估平均用时为153.02 s,心电图诊断审核平均用时为178.06 s。43例均来自于院外采集,其中37例(86.04%)来自于基层诊所等,6例(13.95%)来源于自行居家采集。

43例临床确诊STEMI心电图定位:高侧壁3例(7%),前间壁8例(18%),前壁9例(21%),广泛前壁2例(5%),下壁21例(49%)(图3)。

2.3 临床确诊STEMI患者的主诉分析

43例院内临床确诊STEMI的患者中主诉主要以胸闷、胸痛为主,同时大汗、乏力、呼吸困难、心悸、心慌、乏力等不适较为常见。但仍有14.0%的STEMI的患者无特殊不适主诉(表1)。

2.4 院前穿戴设备AI智能判读STEMI的结果

以院内临床确诊STEMI为金标准,12导联穿戴心电图设备院前心电图AI诊断情况如下:院前穿戴心电图AI判读STEMI的患者共74例,临床确诊STEMI的患者共43例,院前穿戴心电图AI判读的敏感性为88.37%,特异性79.31%,阳性预测值51.35%,阴性预测值96.50%,诊断符合率81.11%(表2)。

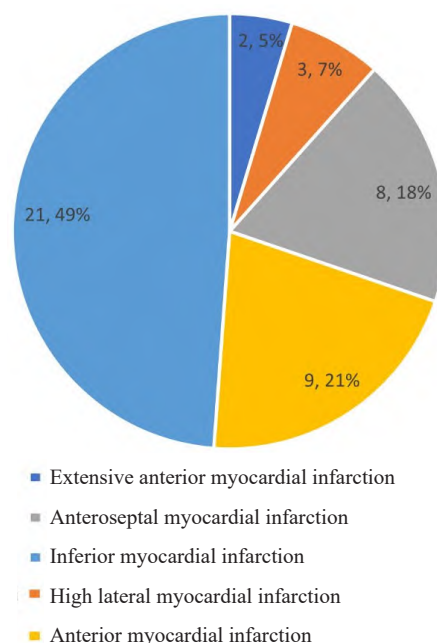


图3 43例临床确诊STEMI的定位构成

Fig.3 Sites of myocardial infarction in 43 cases of clinically diagnosed STEMI.

表1 临床确诊STEMI被检者主诉情况

Tab.1 Complaints of the patients with clinically diagnosed STEMI

Complaints	Cases	Percentage
No obvious discomfort	6	14.0%
Chest pain, chest tightness	30	69.8%
Palpitation	6	14.0%
Dyspnea	7	16.3%
Dizziness and amaurosis	3	7.0%
Sweating	12	27.9%
Nausea and vomiting	5	11.6%
Epigastric discomfort	4	9.3%
Shoulder and back discomfort	6	14.0%
Pharyngeal discomfort	6	14.0%
Weakness	7	16.3%

2.5 院前穿戴心电图人工判读STEMI的结果

以院内临床确诊的STEMI为金标准,院前穿戴心电图人工判读急性心肌梗死情况如下:院前穿戴心电图人工判读STEMI的患者共89例,其中58例前往医院就诊,院内临床确诊STEMI的患者共43例,院前穿戴心电图医生判读STEMI的敏感度为100%,特异性91.38%,阳性预测值74.14%,阴性预测值100%,诊断符合率93.08%(表3)。

3 讨论

心电图在急性STEMI的诊疗治疗中具有重要的价值。在目前急性心肌梗死救治体系下,院内救治时间已经很短,但院外延误时间较长,主要原因之一可能为基层诊所、家庭等院外环境缺乏易用可靠的心电图设

表2 院前穿戴心电图AI判读STEMI的结果

Tab.2 Results of pre-hospital AI diagnosis of STEMI by wearable ECG device

AI intelligent diagnosis of STEMI	In-hospital clinical diagnosis of STEMI		Total
	+	-	
+	38	36	74
-	5	138	143
Total	43	174	217

表3 院前穿戴心电图人工判读STEMI的结果

Tab.3 Results of pre-hospital physician diagnosis of STEMI based on ECG from wearable ECG device

Physicians diagnosis of STEMI	In-hospital clinical diagnosis of STEMI		Total
	+	-	
+	43	15	58
-	0	159	159
Total	43	174	217

备^[10, 27, 28],从而无法及时诊断心梗并尽快就医随着科技的日益进步及人工智能的迅猛发展,实现了院外心电图与上级医院之间的心电图传输和诊断,使心血管疾病的院前诊断及转运成为了可能^[19, 29, 30]。本团队前期研究显示,穿戴12导联心电设备与标准12导联心电设备在诊断急性冠脉综合征中相比,心电图具体测量值有细微的差异,但ACS的定性诊断有很高的准确性^[31]。本研究使用穿戴十二导联穿戴心电设备,共检出ST改变危急值441例,其中院前穿戴心电图医生判读为STEMI共89例,线上预警后于医院就诊的患者58例,转诊率为65.17%,就诊后临床确诊STEMI的患者共43例。12导联穿戴心电设备的使用实现了STEMI的院前诊断及远程就医指导。

本研究使用12导联穿戴设备院前采集心电图,86.04%来源于基层诊所,13.95%来源于自行居家采集,并分析了心电图诊断评估平均用时为153.02 s,心电图诊断审核平均用时为178.06 s,心电图上传至诊断审核平均用时为331.62 s。利用穿戴设备,患者可在症状发作后于基层诊所或自行在家行心电图检查,STEMI响应时间快,不受时间、场景限制就能快速获取STEMI的诊断,使患者能及时有效的进行院前转运至具有PCI能力的医院,避免因患者对心梗的认识不足或是转运至非PCI医院造成院前延误,优化院前转运流程,做到绕行急诊,减少心肌缺血时间。

目前已有的穿戴心电设备,绝大多数为单导联或模拟多导联心电图,再诊断STEMI中存在不足。本研究

使用已构建并验证的STEMI的12导联穿戴设备AI智能诊断模型,初步实现了STEMI患者心电图的自动筛查、快速诊断及预警。本研究以临床确诊的STEMI病例为金标准,对院前穿戴心电设备AI智能诊断STEMI和院前穿戴心电图人工判读STEMI两种不同诊断方式进行比较,两种方式诊断STEMI的敏感度分别为88.37%、100%、,特异度为79.31%、91.38%,较他人研究发表的Apple Watch单导联心电图识别ST-T改变敏感度为34%,Q波异常的敏感性为7%均明显增高^[15]。由于急性心梗诊治关乎生命,漏诊会造成严重后果,因此,院前诊断主要是筛查,对灵敏度的要求相对更高。目前穿戴设备AI智能诊断STEMI的敏感度为88.37%,仍存在不足,而经过临床医生心电图审核,穿戴设备人工判读STEMI的敏感度为100%,可以实现快速院前筛查并诊断急性心肌梗死,避免因漏诊延误心梗患者的诊断及救治。

本研究院前穿戴心电图人工判读STEMI病例的假阳性率为8.62%,造成假阳性的部分原因是假阳性的患者中有5例为变异性心绞痛。发作时心电图是诊断变异性心绞痛的重要依据,由于变异性心绞痛多在凌晨发作的特点及发作具体时间的不确定性,患者行常规心电图检查时心电图可能恢复正常,即使记录48 h长程心电图,能捕捉发作的概率也仅为20%~30%^[32-34]。本研究中5例患者心电图显示ST段抬高,但临床酶学检查及冠脉造影排除了STEMI,提示12导联穿戴心电图设备可在患者症状发作时及时采集心电图,在提高变异性心绞痛的检出率方面有重要的意义。

本研究存在一定局限性:本研究纳入的研究患者的数量相对较少,有待纳入更多的样本量进行分析,并针对不同类型心梗患者进行分析,进一步提高12导联穿戴心电设备对不同类型急性心肌梗死的诊断价值。本研究院前穿戴心电设备人工判读STEMI仍有5例为变异性心绞痛的患者,存在假阳性结果,需进一步结合临床因素进行分析。本研究只针对单份穿戴设备采集的心电图进行了分析,但STEMI患者的病情变化是一个动态、连续的过程,动态、多次记录患者心电图变化进行前后比对,可以进一步提高诊断的准确性。

12导联穿戴心电设备操作简单,可以在症状发作第一时间获取诊断级别STEMI的心电图数据;同时,基于12导联穿戴心电设备对于急性STEMI,无论是人工诊断还是AI诊断准确率均很高。因此,在基层诊所、家庭等医院外场景应用12导联穿戴心电设备可以实现急性心肌梗死的快速筛查及早期诊断,有利于急性心肌梗死患者及时就诊或转运,对于优化STEMI救治流程、提高救治有效率具有较高的应用价值,对于建立更高效的急性ST段抬高性心肌梗死院前诊疗模式具有重要意义。

参考文献:

- [1] Vogel B, Claessen BE, Arnold SV, et al. ST-segment elevation myocardial infarction[J]. Nat Rev Dis Primers, 2019, 5(1): 39-45.
- [2] Bergmark BA, Mathenge N, Merlini PA, et al. Acute coronary syndromes[J]. Lancet, 2022, 399(10332): 1347-58.
- [3] 中国胸痛中心联盟,中国心血管健康联盟,苏州工业园区心血管健康研究院,等.《中国胸痛中心质控报告(2021)》概要[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2022, 30(5): 321-7.
- [4] 《中国心血管健康与疾病报告》编写组.《中国心血管健康与疾病报告2021》概述[J]. 中国心血管病研究, 2022, 20(7): 577-96.
- [5] Gulati M, Levy PD, Mukherjee D, et al. 2021 AHA/ACC/ASE/CHEST/SAEM/SCCT/SCMR guideline for the evaluation and diagnosis of chest pain: a report of the American college of cardiology/American heart association joint committee on clinical practice guidelines[J]. Circulation, 2021, 144(22): e368-454.
- [6] Baaney KR, Engström T, Smits PC, et al. Complete vs culprit-lesion-only revascularization for ST-segment elevation myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis [J]. JAMA Cardiol, 2020, 5(8): 881-8.
- [7] Chinese Society of Cardiology of Chinese Medical Association, Editorial Board of Chinese Journal of Cardiology. 2019 Chinese Society of Cardiology (CSC) guidelines for the diagnosis and management of patients with ST-segment elevation myocardial infarction[J]. Chin J Cardiovasc Res, 2019, 47(10): 766-83.
- [8] Kahlon TS, Barn K, Akram MMA, et al. Impact of pre-hospital electrocardiograms on time to treatment and one year outcome in a rural regional ST-segment elevation myocardial infarction network [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2017, 89(2): 245-51.
- [9] Mathews R, Peterson ED, Li S, et al. Use of emergency medical service transport among patients with ST-segment-elevation myocardial infarction: findings from the national cardiovascular data registry acute coronary treatment intervention outcomes network registry-get with the guidelines[J]. Circulation, 2011, 124(2): 154-63.
- [10] Zhou TN, Li X, Lu Y, et al. Changes in ST segment elevation myocardial infarction hospitalisations in China from 2011 to 2015 [J]. Open Heart, 2021, 8(2): e001666-73.
- [11] Muhlestein JB, Le V, Albert D, et al. Smartphone ECG for evaluation of STEMI: results of the ST LEUIS Pilot Study[J]. J Electrocardiol, 2015, 48(2): 249-59.
- [12] Barbagelata A, Bethea CF, Severance HW, et al. Smartphone ECG for evaluation of ST-segment elevation myocardial infarction (STEMI): design of the ST LEUIS International Multicenter Study [J]. J Electrocardiol, 2018, 51(2): 260-4.
- [13] Avila CO. Novel use of apple watch 4 to obtain 3-lead electrocardiogram and detect cardiac ischemia[J]. Perm J, 2019, 23: 19-025.
- [14] Muhlestein JB, Anderson JL, Bethea CF, et al. Feasibility of combining serial smartphone single-lead electrocardiograms for the diagnosis of ST-elevation myocardial infarction [J]. Am Heart J, 2020, 221: 125-35.
- [15] Caillol T, Strik M, Ramirez FD, et al. Accuracy of a smartwatch-derived ECG for diagnosing bradyarrhythmias, tachyarrhythmias, and cardiac ischemia[J]. Circ Arrhythm Electrophysiol, 2021, 14(1): e009260-8.

- [16] Hung G, Yang WE, Marvel FA, et al. Mobile health application platform 'Corrie' personalises and empowers the heart attack recovery patient experience in the hospital and at home for an underserved heart attack survivor[J]. *BMJ Case Rep*, 2020, 13(2): e231801-12.
- [17] Koltowski L, Balsam P, Glowczynska R, et al. Kardia Mobile applicability in clinical practice: a comparison of Kardia Mobile and standard 12-lead electrocardiogram records in 100 consecutive patients of a tertiary cardiovascular care center[J]. *Cardiol J*, 2021, 28(4): 543-8.
- [18] 王清松, 陈 韬, 石亚君, 等. 可穿戴式心电图诊断急性冠脉综合征的准确性研究[J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2020, 12(12): 1439-42.
- [19] le VT, Muhlestein JB. Use of wearable technologies for early diagnosis and management of acute coronary syndromes and arrhythmias[J]. *Curr Cardiovasc Risk Rep*, 2018, 12(10): 1-5.
- [20] Steinhubl SR, Waalen J, Edwards AM, et al. Effect of a home-based wearable continuous ECG monitoring patch on detection of undiagnosed atrial fibrillation[J]. *JAMA*, 2018, 320(2): 146-56.
- [21] Guo YT, Wang H, Zhang H, et al. Mobile photoplethysmographic technology to detect atrial fibrillation[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 74(19): 2365-75.
- [22] Guo YT, Guo J, Shi XM, et al. Mobile health technology-supported atrial fibrillation screening and integrated care: a report from the MAFA-II trial Long-term Extension Cohort[J]. *Eur J Intern Med*, 2020, 82: 105-11.
- [23] 中国心电学会危急值专家工作组. 心电图危急值2017中国专家共识: [J]. *临床心电学杂志*, 2017, 26(6): 401-2.
- [24] 赖杰伟, 陈韵岱, 韩宝石, 等. 基于DenseNet的心电数据自动诊断算法[J]. *南方医科大学学报*, 2019, 39(1): 69-75.
- [25] Tan HX, Lai JW, Liu YB, et al. Neural architecture search for real-time quality assessment of wearable multi-lead ECG on mobile devices[J]. *Biomed Signal Process Control*, 2022, 74: 103495-508.
- [26] Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, et al. Fourth universal definition of myocardial infarction (2018)[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2018, 72(18): 2231-64.
- [27] Escobar-Curbelo L, Franco-Moreno AI. Application of telemedicine for the control of patients with acute and chronic heart diseases[J]. *Telemed J E Health*, 2019, 25(11): 1033-9.
- [28] Kahlon TS, Barn K, Akram MMA, et al. Impact of pre-hospital electrocardiograms on time to treatment and one year outcome in a rural regional ST-segment elevation myocardial infarction network [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2017, 89(2): 245-51.
- [29] 陈 韬, 刘 阁, 韩宝石, 等. 基于“互联网+”的可穿戴式心电图应用分析[J]. *中华保健医学杂志*, 2020, 22(1): 16-8.
- [30] Sana F, Isselbacher EM, Singh JP, et al. Wearable devices for ambulatory cardiac monitoring: JACC state-of-the-art review [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2020, 75(13): 1582-92.
- [31] 王清松, 陈 韬, 石亚君, 等. 可穿戴式心电图诊断急性冠脉综合征的准确性研究[J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2020, 12(12): 1439-42.
- [32] 向定成, 曾定尹, 霍 勇. 冠状动脉痉挛综合征诊断与治疗中国专家共识[J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2015, 23(4): 181-6.
- [33] Beltrame JF, Crea F, Kaski JC, et al. International standardization of diagnostic criteria for vasospastic angina[J]. *Eur Heart J*, 2017, 38(33): 2565-8.
- [34] Knuuti J, Wijns W, Saraste A, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes[J]. *Eur Heart J*, 2020, 41(3): 407-77.

(编辑:林 萍)