

现代远程心电监护

12导联实时可穿戴心电设备在家庭和基层医院患者远程早期事件监测中的应用

王晋丽 陈韵岱 郜玲 文冬凌 郭亚涛 石亚君

[摘要] **目的** 分析12导联实时可穿戴心电设备监测家庭和基层医院患者远程早期事件的价值。**方法** 在家庭和基层医院使用12导联实时可穿戴心电设备采集20 271例受检者的心电图并传输至我院基层诊断会诊中心。按照危急、急和普通的等级对全部心电图数据进行分类,并及时告知患者及其家属或基层医院。对危急心电图病例在1~12 d内完成随访。**结果** 共纳入21 253份心电图进行分析。其中,男性12 007份(56.50%),比例略高于女性;有11 695份(55.03%)来源于基层医院,比例略高于来源于家庭的心电图。有40.55%(8 619份)的心电图来自有不适症状的受检者,以胸闷胸痛和心慌心悸为主;66.63%的心电图(14 160份)出现异常,其中心肌缺血心电图占39.45%(8 385份),心律失常心电图占24.64%(5 237份)。心律失常中室性早搏最多(5.52%)。危急心电图报告占0.61%(130份),来自94例受检者,其中20.21%(19/94)发生严重的临床事件。**结论** 12导联实时可穿戴心电设备可以对家庭和基层医院患者的远程早期心律失常和心肌缺血进行监测,对远程心电进一步就诊进行危急、急和普通分类,可改善患者预后,最终惠及患者和基层医疗机构。

[关键词] 可穿戴设备;心电图;移动医疗;远程医疗;远程心电监护;心律失常;心肌缺血

[中图分类号] R319 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2095-9354(2021)05-0305-05

DOI: 10.13308/j.issn.2095-9354.2021.05.001

[引用格式] 王晋丽,陈韵岱,郜玲,等.12导联实时可穿戴心电设备在家庭和基层医院患者远程早期事件监测中的应用[J].实用心电学杂志,2021,30(5):305-309,317.

Application of 12-lead real-time wearable ECG device for remote early event detection among patients at home and in primary hospitals WANG Jinli, CHEN Yundai, GAO Ling, WEN Dongling, GUO Yatao, SHI Yajun (Department of Cardiology, the First Medical Center, PLA General Hospital, Beijing 100853, China)

[Abstract] **Objective** To analyze the value of 12-lead real-time wearable ECG device for remote early event detection among patients at home and in primary hospitals. **Methods** ECGs of 20 271 subjects were collected by using 12-lead real-time wearable ECG devices at home and in primary hospitals, and transferred to the consultation center of our hospital. All of the ECG data were classified according to the degree of severity—critical, urgent and ordinary; the ECG grading results were timely notified patients themselves and their family members or primary hospitals. Critical ECG cases were followed up within 1 to 12 days. **Results** A total of 21 253 ECGs are enrolled into analysis. Among them, male's ECGs account for 56.50% (12 007/21 253), slightly higher than female's; 55.03% (11 695/21 253) of ECGs are collected from primary hospitals, slightly higher than those collected from

基金项目:北京市科委医药协同科技创新研究项目(Z181100001918011)

作者单位:100853 北京,中国人民解放军总医院第一医学中心心血管内科

作者简介:王晋丽,副主任技师,主要从事心电学技术研究。

通信作者:石亚君,E-mail: shiyajun301@163.com

families; 40.55% (8 619/21 253) of ECGs come from subjects with symptoms of discomfort, mainly chest tightness, chest pain and palpitation. Abnormalities are found in 66.63% (14 160/21 253) of the ECGs including 39.45% (8 385/21 253) of myocardial ischemia ECGs and 24.64% (5 237/21 253) of arrhythmia ECGs with premature ventricular contraction ECGs accounting for the highest detection rate of 5.52%. Critical ECG reports account for 0.61% (130/21 253), and serious clinical events occur in 20.21% (19 cases) of the involved 94 subjects. **Conclusion** The 12-lead real-time wearable ECG device can make remote early detection for arrhythmia and myocardial ischemia among patients at home and in primary hospitals, and divide remote ECGs into critical, urgent, and ordinary grades for further diagnosis. It can improve patients' prognosis, and ultimately benefit patients and primary medical institutions.

[Key words] wearable device; electrocardiogram; mobile medicine; telemedicine; remote ECG monitoring; arrhythmia; myocardial ischemia

中国心血管病患病率处于持续上升阶段,现患者数接近 2.9 亿,且死亡率在全部疾病中位居首位^[1]。心电图监测是临床心脏病学中最常用的诊断技术,可早期识别急性 ST 段抬高或压低、心脏骤停、恶性心律失常等心血管危急症。可穿戴心电监测设备不仅体积小、操作简便,而且价格低廉;通过应用移动设备和应用程序,可以远程获得人体各项生理病理参数,从而实现远程会诊,便于早期救治,并逐步从应对急性疾病扩展到应对偶发性和慢性疾病^[2]。中国移动医疗产业蓬勃发展,据统计,2020 年中国移动医疗用户规模达 6.61 亿人。虽然可穿戴设备种类繁多,但针对其有效性,通常缺乏严格的循证医学证据^[3]。本研究旨在应用自主研发的新型 12 导联实时可穿戴心电设备,对家庭和基层医院患者进行远程早期事件监测,以探讨其临床有效性。

1 对象与方法

1.1 研究人群

2019 年 1 月 1 日至 6 月 30 日我院基层诊断会诊中心采用 12 导联实时可穿戴心电设备,远程采集了 20 271 例受检者的心电数据;这些受检者分布于 24 个省和 2 个直辖市。采集信息主要包括受检者人口统计学特征、采集场所(家庭或基层医院)和部分随访患者的心血管事件及生存状况等。

1.2 相关定义

本研究为单中心回顾性研究。根据远程心电图诊断医生告知标准国际专家共识^[4]、《心电图危急值 2017 中国专家共识》^[5]和中国人民解放军总医院危急值报告要求,对采集到的心电数据进行分类。心电图分为危急、急和普通 3 个等级。

1.2.1 危急心电图 ① 疑似急性冠状动脉综合征的心电图改变。② 严重的快速性心律失常:心

室扑动、心室颤动、室速(心室率 ≥ 150 次/min)、尖端扭转型室速、多形性室速、双向性室速、各种类型的室上性心动过速(心室率 ≥ 150 次/min)、房颤伴心室预激。③ 严重的缓慢性心律失常:严重的心动过缓、高度及三度房室阻滞,平均心室率 ≤ 35 次/min,长 RR 间期 ≥ 3.0 s 伴症状。④ 其他:提示严重的电解质紊乱心电图,如 QT 间期或 QTc 显著延长、窦室传导、帐篷样 T 波改变;结合实验室检查,疑似急性肺栓塞心电图表现:QT 间期延长:QTc ≥ 550 ms;显性 T 波电交替;RonT 型室性早搏。一旦发现危急心电图,立即报告并电话联系患者、家属或基层医院医生,同时启动我院就诊绿色通道。

1.2.2 急心电图 ① 缓慢性心律失常:二度房室阻滞,平均心室率 ≤ 45 次/min,RR 间期 > 2.5 s。② 快速性心律失常:室上性心动过速 < 150 次/min,心房扑动,房颤。③ 其他:佩戴起搏器出现的任何起搏异常、感知异常或起搏器相关心律失常。24 h 内将标记为“急”的心电图告知患者或家属,并建议患者于 24 h 内就诊。

1.2.3 普通心电图 包括局限性右束支阻滞、早期复极、短 PR 间期、窦性心动过缓、窦性心动过速、偶发房性早搏、偶发室性早搏、电轴偏移及电压异常等。对这类心电图,可在工作时间内告知患者并嘱其择期就医。

1.3 数据收集

1.3.1 数据采集与分组 12 导联实时可穿戴心电设备[心韵恒安医疗科技(北京)有限公司]可快速采集心电图,采集终端为手机或平板电脑,采用 Mason-Likar 导联体系,上下肢放置心电电极片,胸前束带内置可导电心电测量电极,采集胸前 V₁—V₆ 导联心电图(图 1)。每份 12 导联心电图可采集最长 60 s 心电信息,经手机及移动网络传输至

我院基层诊断会诊中心; 医生远程在线评估和审核心电图, 确定危急等级, 并将心电评估结果反馈给受检者。受检者所在的基层医院包括二级以下医疗单位、门诊部、干休所、社区卫生所及村卫生所等机构。

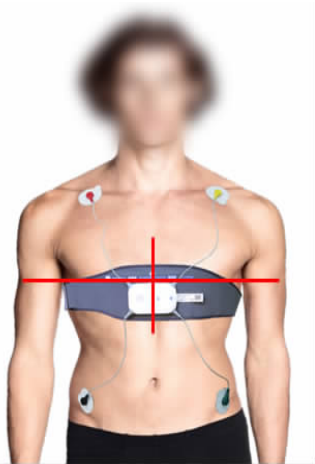


图 1 12 导联实时可穿戴心电设备导联佩戴示意图
Fig. 1 Schematic diagram of 12-lead real-time wearable ECG device

1.3.2 危急病例随访 由专业人员对危急心电图病例在 1~12 d 内完成随访。根据随访结果将患者结局分为死亡、冠状动脉支架植入、射频消融术、起搏器植入、药物治疗、无特殊处理、拒绝治疗及失访。

1.4 统计学分析

使用 SPSS 23.0 软件进行所有计算和分析。连续变量用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 分类变量用计数和百分比表示。描述性统计用于评估变量的分布。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 研究人群一般信息

共采集 20 271 例受试者的共 21 844 份心电图,

并传输至我院会诊中心。其中, 因数据质量差无法分析 591 份, 共计 21 253 份心电图数据纳入分析。21 253 份中男性 12 007 份 (56.50%), 女性 9 246 份 (43.50%)。按监测结果分类, 普通心电图 20 778 份 (97.77%), 患者平均年龄 (54.6 ± 15.9) 岁; 急心电图 345 份 (1.62%), 患者平均年龄 (60.3 ± 15.9) 岁; 危急心电图 130 份 (0.61%), 患者平均年龄 (58.0 ± 16.6) 岁。12 634 份 (59.45%) 心电图来自监测前无症状的受检者, 8 619 份 (40.55%) 来自监测前有症状者。临床症状按患者占比由高到低依次为无症状, 胸闷、胸痛、腹痛, 心悸心慌, 肩背不适和 (或) 乏力, 头晕、黑矇、大汗及呼吸困难。

根据患者来源分为家庭组 (9 558 份, 占 44.97%) 和基层医院组 (11 695 份, 占 55.03%); 家庭组上报心电图危急值比例 (0.18%, 17/9 558) 明显低于基层医院组 (0.97%, 113/11 695; $\chi^2 = 152.01, P < 0.01$)。见表 1。

2.2 心电异常人群的分类

将入选的 21 253 份心电图按主导节律类别、心律失常、ST-T 异常、传导异常和电压电轴等其他改变归类, 其中正常心电图占总检测心电图的 33.37% (7 093/21 253), 异常心电图占总检测心电图的 66.63% (14 160/21 253)。房性节律 (包括房性逸搏心律、房性心动过速、房颤和心房扑动) 心电图占 5.55% (1 179/21 253), 其中以房颤为主, 占 4.22%。心肌缺血 (ST-T 异常) 心电图占 39.45%。心律失常 [包括主导节律异常 (除窦性心律外的节律类别)、早搏和传导异常] 心电图占 24.64% (5 237/21 253), 其中室性早搏占比 (5.52%) 最高, 其次为右束支阻滞 (5.42%), 房颤 (4.22%), 房性早搏 (3.79%) 和一度房室阻滞 (2.93%)。其他异常中电轴右偏最多见 (7.66%), 其次为左心室高电压 (5.72%)、异常 Q 波 (5.53%)。见表 2。

表 1 监测人群一般信息
Tab. 1 Baseline data of monitored population n (%)

参数	普通心电图组 (n = 20 778)	急心电图组 (n = 345)	危急心电图组 (n = 130)	总计 (n = 21 253)
男性	11 716 (56.39)	203 (58.84)	88 (67.69)	12 007 (56.50)
监测前症状				
胸闷、胸痛、腹痛	3 449 (16.60)	90 (26.09)	51 (39.23)	3 590 (16.89)
呼吸困难	494 (2.38)	20 (5.80)	5 (3.85)	519 (2.44)
心悸心慌	2 767 (13.32)	95 (27.54)	35 (26.92)	2 897 (13.63)
头晕、黑矇、大汗	544 (2.62)	11 (3.19)	6 (4.62)	561 (2.64)
肩背不适和 (或) 乏力	1 028 (4.95)	18 (5.22)	6 (4.62)	1 052 (4.95)
无明显症状	12 496 (60.14)	111 (32.17)	27 (20.77)	12 634 (59.45)
患者来源				
家庭	9 476 (45.61)	65 (18.84)	17 (13.08)	9 558 (44.97)
基层医院	11 302 (54.39)	280 (81.16)	113 (86.92)	11 695 (55.03)

表 2 监测人群心电图表现

n(%)

Tab. 2 ECG manifestations of monitored population

心电图表现	普通心电图组 (n = 20 778)	急心电图组 (n = 345)	危急心电图组 (n = 130)	总计 (n = 21 253)
正常	7 093(34.14)	0(0)	0(0)	7 093(33.37)
主导节律类别				
窦性心律	19 648(94.56)	239(69.28)	103(79.23)	19 990(94.06)
房性逸搏心律	81(0.39)	1(0.29)	1(0.77)	83(0.39)
房性心动过速	3(0.01)	0(0)	0(0)	3(0.01)
房颤	826(3.98)	63(18.26)	8(6.15)	897(4.22)
心房扑动	169(0.81)	25(7.25)	2(1.54)	196(0.92)
室上性心动过速	32(0.15)	17(4.93)	15(11.54)	64(0.30)
交界性逸搏心律	5(0.02)	0(0)	0(0)	5(0.02)
室速	0(0)	0(0)	2(1.54)	2(0.01)
心房起搏心律	9(0.04)	0(0)	0(0)	9(0.04)
心室起搏心律	2(0.01)	0(0)	0(0)	2(0.01)
房室顺序起搏心律	2(0.01)	0(0)	0(0)	2(0.01)
ST-T 异常				
T 波异常	4 395(21.15)	69(20.00)	10(7.69)	4 474(21.05)
ST 段异常	3 612(17.38)	191(55.36)	108(83.08)	3 911(18.40)
早搏				
房性早搏	786(3.78)	14(4.06)	6(4.62)	806(3.79)
室性早搏	1 141(5.49)	24(6.96)	8(6.15)	1 173(5.52)
传导异常				
一度房室阻滞	614(2.96)	7(2.03)	2(1.54)	623(2.93)
二度房室阻滞	44(0.21)	1(0.29)	2(1.54)	47(0.22)
三度房室阻滞	0(0)	5(1.45)	0(0)	5(0.02)
右束支阻滞	1 090(5.25)	42(12.17)	20(15.38)	1 152(5.42)
左束支阻滞	98(0.47)	2(0.58)	1(0.77)	101(0.5)
左前分支阻滞	17(0.08)	1(0.29)	1(0.77)	19(0.09)
室内阻滞	38(0.18)	5(1.45)	1(0.77)	44(0.21)
窦房阻滞	4(0.02)	0(0)	0(0)	4(0.02)
其他异常				
左心室高电压	1 168(5.62)	34(9.86)	13(10.00)	1 215(5.72)
右心室高电压	17(0.08)	4(1.16)	1(0.77)	22(0.10)
QRS 低电压	88(0.42)	0(0)	2(1.54)	90(0.42)
异常 Q 波	1 130(5.44)	20(5.80)	26(20.00)	1 176(5.53)
电轴左偏	554(2.67)	9(2.61)	3(2.31)	566(2.66)
电轴右偏	1 571(7.56)	41(11.88)	17(13.08)	1 629(7.66)
电轴不确定	87(0.42)	3(0.87)	1(0.77)	91(0.43)
P 波增宽	470(2.26)	11(3.19)	3(2.31)	484(2.28)
P 波增高	265(1.28)	14(4.06)	4(3.08)	283(1.33)

2.3 危急心电异常随访情况

共有 94 例患者的 130 份(0.61%, 130/21 253)心电图提示危急;本中心通过电话紧急通知患者、家属或基层医生,并在 1~12 d 内完成随访。随访

结果显示,94 例患者中,紧急药物治疗 3 例,急诊支架植入 11 例,射频消融 1 例,起搏器植入 1 例;死亡 1 例;1 例先前在诊所确诊的快速性房颤患者因治疗费用方面的原因,拒绝进一步治疗;1 例 2:1 房室

阻滞患者的远程诊断与之前当地医院门诊结果一致,本次再次就诊未感觉不适,拒绝进一步治疗。心电图危急的 94 例患者中,共有 20.21% (19/94) 的患者发生严重临床事件。见表 3。

表 3 94 例患者危急心电图随访情况 例
Tab.3 Follow-up outcomes of 94 patients in critical ECG group

随访结局	家庭组 (n = 12)	基层医院组 (n = 82)	总计 (n = 94)
无特殊处理	9	56	65
药物治疗	1	2	3
支架植入	1	10	11
射频消融	0	1	1
起搏器植入	0	1	1
死亡	0	1	1
拒绝治疗	0	3	3
失访	1	8	9

3 讨论

本文回顾性分析了家庭和基层医院患者的远程心电图监测资料,结果显示,受检者中男性比例略高于女性(56.50% vs. 43.50%),来自基层医院的受检者多于来自家庭的受检者(55.03% vs. 44.97%)。有 40.55% 心电图来自出现不适症状的患者,以胸闷胸痛和心悸心慌为主;66.63% 的心电图出现异常,其中心肌缺血(ST-T 异常)心电图占 39.45%,心律失常心电图占 24.64%。心律失常中,以室性早搏占比最高(5.52%)。危急心电图报告占 0.61%,其中 20.21% 的患者发生严重临床事件。

不明原因心慌心悸、胸闷胸痛等的诊断依赖于患者出现症状时的心电图记录。随着心电监测技术的迅速发展、通信条件的改善,心电监测技术日新月异,其应用也越来越广泛^[6]。远程心电医疗的变革可减少患者门诊就诊、住院次数,降低死亡率,其中最重要的两项技术是体外远程心电监护设备和心脏植入式电子设备的应用。目前应用的体外远程心电监护设备种类繁多,研究发现,单导联心电监护在房颤监测、QT 间期监测等方面具有重要价值^[7-8]。本研究结果同样表明,应用 12 导联实时可穿戴心电设备可早期检出心房扑动或房颤。

然而,单导联心电监测提供的信息有限,与标准心电图检查相比,敏感性和特异性有所下降^[9],尤其对于心肌缺血的筛查更是如此。12 导联心电图可用于诊断 ST 段抬高型心肌梗死。12 导联心电

图的快速采集和专家诊断,是早期开展再灌注管理、防止心肌进一步受损的关键。农村以及偏远地区由于缺乏专业医生,对心脏病患者的诊断过分依赖心电图机的自动诊断,可能会导致患者预后不良^[10]。基于此,本研究采用的实时可穿戴心电设备采用国际公认的 Mason-Likar 导联体系,目前已广泛应用于动态心电图监测和运动试验监测中,心肌缺血(ST-T 异常)心电图占比 39.45%,其中有 11 例因早期预警而及时植入支架。在远程心电监护模式下,心电异常的检出取决于设备自动判断和人工审核两个方面。能否缩短心肌缺血患者的救治时间,取决于心电诊断时间和冠脉开通时间,而心电诊断时间又会影响冠脉开通时间^[11]。因此,心电早期诊断对于早期治疗和干预至关重要。

远程心电会诊中,通常根据实际需要心电图划分轻重缓急。本研究根据我院危急值报告规范并参照动态心电专家共识,对远程心电检查后进一步就诊的迫切性按照危急、急和普通进行了分类。此举既能改善患者的预后,又不过度浪费医疗资源,最终可惠及患者和基层医疗机构。

由于远程心电信息由家庭和基层单位采集完成,数据质量可能不太理想,且无法提供较多的临床信息,心电图诊断可能存在偏差。此外,尽管本研究采用的是公认的 Mason-Likar 导联体系,但该导联体系本身可引起电轴偏右、下壁导联电压增高和 Q 波丢失,aVL 导联可能出现新的 Q 波。远程会诊医师应当注意到该方法所得结果和标准 12 导联静息心电图之间尚有一定区别。

参考文献

[1] 国家心血管病中心. 中国心血管病报告(2018 年) [M]. 北京: 中国大百科全书出版社,2019.

[2] Dorsey ER, Topol EJ. State of telehealth [J]. N Engl J Med, 2016,375(2): 154-161.

[3] Ida S. Mobile devices and health [J]. N Engl J Med, 2019,381(10): 956-968.

[4] Steinberg JS, Varma N, Cygankiewicz I, et al. 2017 ISHNE-HRS expert consensus statement on ambulatory ECG and external cardiac monitoring/telemetry [J]. Heart Rhythm, 2017,14(7): e55-e96.

[5] 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): 401-402.

[6] Mittal S. Smartphone-based electrocardiographic and cardiac implantable electronic device monitoring [J]. Cardiol Rev, 2017,25(1): 12-16.

(下转第 317 页)

- [5] 王红宇. 远程心电监测面临的困境与展望[J]. 实用心电学杂志, 2017, 26(5): 305-307.
- [6] 王宏治, 景显超. 远程心电诊断在分级诊疗中的应用[J]. 实用心电学杂志, 2018, 27(5): 348-350.
- [7] 刘云高. 企业管理中有效沟通技巧探析[J]. 化工管理, 2019(12): 10-11.
- [8] 翁拥军. 有效沟通在企业管理中的作用及策略研究[J]. 现代营销(创富信息版), 2019(3): 116-117.
- [9] 黎凤梅. 贵州省基层卫生人员医疗风险知识及行为调查研究[D]. 贵阳: 贵州医科大学, 2018.
- [10] 马如慧. 互联网心电网络系统在提升区域内电生理诊断水平的应用[J]. 中国医疗设备, 2017, 32(9): 123-126.
- [11] 吴岳平, 林苏华, 李煜, 等. 区域性远程心电学专业质控体系建设探讨[J]. 实用心电学杂志, 2016, 25(2): 84-89.
- [12] 郭丽娜. 心电信息管理系统的应用与展望[J]. 中医药管理杂志, 2016, 24(22): 20-21.
- [13] 虞春宜. 远程心电网络信息系统在基层医院的临床应用[J]. 临床医药文献电子杂志, 2014, 1(9): 1659, 1663.
- [14] 陈国锋, 方雅, 屠海霞, 等. 县级区域心电会诊网络的构建和应用[J]. 心电与循环, 2015, 34(5): 365-366.
- [15] 郭刚, 廖廓, 陈灿. 心电分析系统的网络设计与实现[J]. 中国医疗设备, 2012, 27(11): 70-71.
- [16] 叶焕文, 王云飞, 吴庆和. 心电网络信息管理与远程会诊平台的建设经验[J]. 实用心电学杂志, 2015, 24(5): 311-315.
- [17] 辛胜昌, 张倩, 张晓华. 浅析德州市人民医院迪姆软件心电信息系统[J]. 中国医学工程, 2017, 25(4): 69-72.
- [18] Chaudhari U, Nemade H, Wagh V, et al. Identification of genomic biomarkers for anthracycline-induced cardiotoxicity in human iPSC-derived cardiomyocytes: An *in vitro* repeated exposure toxicity approach for safety assessment[J]. Arch Toxicol, 2016, 90(11): 2763-2777.

(收稿日期: 2021-07-02)

(本文编辑: 顾艳)

(上接第309页)

- [7] Halcox JPI, Wareham K, Cardew A, et al. Assessment of remote heart rhythm sampling using the AliveCor heart monitor to screen for atrial fibrillation: The REHEARSE-AF study[J]. Circulation, 2017, 136(19): 1784-1794.
- [8] Castelletti S, Dagradi F, Goulene K, et al. A wearable remote monitoring system for the identification of subjects with a prolonged QT interval or at risk for drug-induced long QT syndrome[J]. Int J Cardiol, 2018, 266: 89-94.
- [9] Tison GH, Sanchez JM, Ballinger B, et al. Passive detection of atrial fibrillation using a commercially available smart-watch[J]. JAMA Cardiol, 2018, 3(5): 409-416.
- [10] Hood ML. The role of technology and telemetry medicine in the initial management of a ST-segment elevated myocardial infarction in a rural emergency department[J]. Rural Remote Health, 2018, 18(2): 4478.
- [11] Coyne C, Testa N, Desai S, et al. Improving door-to-balloon time by decreasing door-to-ECG time for walk-in STEMI patients[J]. West J Emerg Med, 2015, 16(1): 184-189.

(收稿日期: 2020-12-10)

(本文编辑: 陈海林)