

• 论 著 •

非接触式生理参数测量用于远程急诊分诊的可行性研究*

夏梦¹, 赵金川¹, 江南¹, 罗杰¹, 黄健^{2△}

(1. 重庆市急救医疗中心急诊科, 重庆 400010; 2. 中山大学附属第八医院, 广东 深圳 518055)

[摘要] **目的** 通过分析急诊患者危重症及轻症的就诊特征, 评估非接触式生理测量及远程预检分诊的准确性, 探讨远程协助患者就诊的可行性方法。**方法** 纳入重庆市急救医疗中心 2022 年 6 月 1 日至 10 月 31 日急诊科就诊的 419 例患者。根据急诊预检分诊结果分为危重症组(221 例)和轻症组(198 例), 比较 2 组患者就诊信息特征的差异; 用手机应用程序非接触式测量心率和呼吸频率参数, 与接触式测量结果进行比较, 评估非接触式测量心率及呼吸频率的准确性; 与急诊科现场预检分诊分级比较, 评估远程预检分诊分级的准确性。**结果** 轻症组患者中 18~<45 岁者明显高于危重症组, 差异有统计学意义($P<0.05$); 危重症组患者中意识状态为“对声音刺激有反应”和“对疼痛刺激有反应”者均明显高于轻症组, 轻症组患者多为“意识清楚”, 差异均有统计学意义($P<0.05$); 危重症组患者主诉为“胸痛、意识障碍、便血”者均明显高于轻症组, 轻症组患者以“关节痛”居多, 差异均有统计学意义($P<0.05$); 2 组患者排前 3 位既往史均为高血压、糖尿病、冠心病。危重症组患者既往有肿瘤、消化道出血病史者均明显高于轻症组, 差异均有统计学意义($P<0.05$); 非接触式测量心率与接触式比较, 差异有统计学意义($P<0.05$); 非接触式测量呼吸频率与接触式比较, 差异无统计学意义($P>0.05$); 急诊预检分诊的危重症患者明显高于远程预检分诊, 差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 非接触式测量的心率、呼吸频率准确性尚有待于进一步研究, 但结合急诊患者的就诊信息特征, 远程急诊预检分诊的可靠性将会逐步提高。

[关键词] 预检分诊; 非接触式生理参数测量; 远程医疗

DOI: 10.3969/j.issn.1009-5519.2024.03.001

中图法分类号: R459.7

文章编号: 1009-5519(2024)03-0361-05

文献标识码: A

Feasibility study of non-contact physiological parameter measurements

for remote emergency triage*

XIA Meng¹, ZHAO Jinchuan¹, JIANG Nan¹, LUO Jie¹, HUANG Jian^{2△}

(1. Department of Emergency, Chongqing Emergency Medical Center, Chongqing 400010, China;

2. The Eighth Affiliated Hospital, Sun Yat-sen University, Shenzhen, Guangdong 518055, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate the accuracy of non-contact physiological measurements and remote prediction triage by analyzing the characteristics of emergency patients with critical illness and mild illness, and to explore the feasible methods of remote assistance for patients. **Methods** The information characteristics of 419 patients admitted to the emergency department of Chongqing Emergency Medical Center from June 1st to October 31st, 2022 were included. The patients were divided into the critical group(221 cases) and the mild group(198 cases) based on the findings of the emergency pre-examination triage, and the differences of medical information characteristics between the two groups were compared. The mobile phone application was used to measure heart rate and respiratory rate parameters in a non-contact way, and the results were compared with contact measurement results to evaluate the accuracy of non-contact measurement of heart rate and respiratory rate. Compared with the on-site pre-screening and triage classification in emergency department, the accuracy of remote pre-examination triage classification was evaluated. **Results** The number of patients aged 18—<45 in the mild group was significantly higher than that in the critical group, with statistical significance($P<0.05$). In the critical group, the conscious states of “responding to sound stimuli” and “responding

* 基金项目: 重庆市科卫联合医学科研项目(2020FYYX199)。

作者简介: 夏梦(1991—), 硕士研究生, 主治医师, 主要从事急危重症、信息化建设的研究。△ 通信作者, E-mail: 277703475@qq.com。

to pain stimuli” were significantly higher than those in the mild group, and most of the patients in the mild group were “conscious”, with statistical significance($P<0.05$). The chief complaints of patients in the critical group were “chest pain, disturbance of consciousness and bloody stool” which were significantly higher than those in the mild group, and the patients in the mild group were mostly “joint pain”, and the differences were statistically significant($P<0.05$). The top three patients in the two groups were hypertension, diabetes and coronary heart disease. The patients with previous history of tumor and gastrointestinal bleeding in the critical group were significantly higher than those in the mild group, and the differences were statistically significant($P<0.05$). Comparing the heart rate measured by non-contact method with that measured by contact method, the difference was statistically significant($P<0.05$). There was no significant difference between non-contact respiratory rate measurement and contact respiratory rate measurement($P>0.05$). The emergency pre-examination triage of critically ill patients was significantly higher than that of remote pre-examination triage, and the difference was statistically significant($P<0.05$). **Conclusion** The accuracy of non-contact measurements of heart rate and respiratory rate needs further study, but the reliability of remote emergency pre-examination triage will be gradually improved when combined with the characteristics of emergency patients’ s medical information.

[Key words] Pre-examination triage; Non-contact physiological parameter measurement; Telemedicine

随着人工智能、移动互联网和视频通讯技术的进步,急救模式不再是等待患者来医院,而是将急救提前至现场或急救车上。蔡平军等^[1]研发了“视频 120 报警系统”,实现了“一键报警、即时定位、视频通话、远程指导、智慧调度”等多个功能,提升了急救各个环节的效率,提高了急救资源的可及性,目前,已在重庆市及其他省市推广应用。利用视频“120”远程急救指导的同时在现场和救护车上预检分诊并进行病情评估,将预检分诊提前,危重病患者提前向医院内预警,直接由绿色通道进入抢救室救治,对提高急诊急救效率、节约急救资源具有重要意义。因此,本研究利用手机应用程序(APP)测量心率及呼吸频率,结合对急诊就诊患者的特征进行分析,以探讨远程预检分诊的可行性。

1 资料与方法

1.1 研究对象 纳入重庆市急救医疗中心 2022 年 6 月 1 日至 10 月 31 日急诊科就诊的 419 例患者作为研究对象。排除观察指标缺失、指标存在明显错误及无法进行面部识别的患者。

1.2 方法

1.2.1 接触式与非接触式心率、呼吸频率测量方法 接触式采用心电监护仪(Mindray BeneVision N12,深圳迈瑞)。非接触式采用华为研发的“芯心相容”APP(版本 V3.1),手机选取 6 400 万后摄像头、2 700×1 228 分辨率较高的华为 P50Pro。同一时间采集两种方式的心率和呼吸频率参数,即先通过心电监护仪采集患者心率和呼吸频率后再用手机 APP 非接触式采集患者心率和呼吸频率。

1.2.2 急诊分级及分组 由急诊护士参照《急诊预检分诊专家共识》2018 版的 4 级分级方法^[2]及改良早期预警评分(MEWS)^[3-4]对患者进行病情分级,1、2 级定义为“危重症”,3、4 级定义为“轻症”。按分级结果分为危重症组(221 例,占 52.7%)和轻症组(198 例,占 47.3%)。

1.2.3 远程预检分诊评分 由急诊护士参照《急诊预检分诊专家共识》2018 版的 4 级分级方法和院前指数法/快速急诊内科评分/MEWS 中的部分指标^[5-6]将年龄、非接触式测量的呼吸频率及心率、意识、是否合并胸/腹贯通伤、主诉、既往史进行评分,年龄共计 6 分,心率、呼吸频率、创伤情况各共计 4 分,意识共计 3 分,主诉共计 3 分,既往史共计 3 分,总分为 27 分。3~<12 分为 4 级,12~<18 分为 3 级,18~<25 分为 2 级,25~27 分为 1 级,若符合危急征象/情况者指标中任意 1 项即为 2 级以上^[7]。见表 1。由于目前国内尚无完整的结构化的主诉列表,为更好地研究患者主诉与病情分级的关系,建议采用明确的主诉分类,参考了国家卫生健康委员会“十二五”规范教材诊断学第 9 版常见症状作为主诉分类。

1.2.4 资料收集 所有观察指标以问卷形式采用实时问诊,及时记录。

1.3 统计学处理 应用 SPSS27.0 统计软件进行数据分析,进行正态性检验,符合正态分布计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,不符合正态分布计量资料以中位数(四分位间距)[$M(P_{25}, P_{75})$]表示,计数资料以率或构成比表示,采用独立样本 t 检验、Mann-Whitney U 检验、 χ^2 检验等。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

表 1 远程预检分诊评分

项目	0 分	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分	6 分
年龄(岁)	<45		45~<55	55~<65	—	65~<75	≥75
心率(次/分)	70~109	—	55~<70	40~<55	<40	—	—
			110~<150	140~<179	≥179		
呼吸频率(次/分)	12~24	10~<12	6~<10	35~<49	≥49	—	—
		25~<35					
意识	清楚	对声音刺激有反应	对疼痛刺激有反应	无反应	—	—	—
胸/腹穿通伤	无	—	—	有	—	—	—
主诉(项)	0	1	2	≥3	—	—	—
既往史(个)	0	1	2	≥3	—	—	—

注：—表示无此项。

2 结 果

2.1 手机与监护仪测量的呼吸频率、心率比较 手机测量的心率与监护仪比较,差异有统计学意义($P<0.05$);手机测量的呼吸频率与监护仪比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。见表 2。

表 2 手机与监护仪测量的呼吸频率、心率比较[$M(P_{25},P_{75})$,次/分, $n=419$]

项目	手机测量	监护仪测量	Z	P
心率	76(66,89)	80(69,92)	-2.499	0.012
呼吸频率	18(17,21)	19(16,20)	-0.890	0.373

2.2 一般资料 419 例患者中男 260 例(62.1%),女 159 例(37.9%);年龄 14~103 岁,中位 63(50,75)岁;未成年组(14~<18 岁)12 例(2.9%),青年组(18~<45 岁)64 例(15.3%),中年组(45~<60 岁)119 例(28.4%),老年组(60~<75 岁)116 例(27.7%),高龄组(≥75 岁)108 例(25.8%)。轻症组患者中 18~<45 岁者明显高于危重症组,差异有统计学意义($P<0.05$)。见表 3。

表 3 2 组患者年龄分层比较[$n(\%)$]

年龄(岁)	危重症组 ($n=221$)	轻症组 ($n=198$)	χ^2	P
14~<18	4(1.8)	8(4.0)	1.868	0.172
18~<45	25(11.3)	39(19.7)	5.673	0.017
45~<60	62(28.1)	57(28.8)	0.028	0.868
60~<75	69(31.2)	47(23.7)	2.922	0.087
≥75	61(27.6)	47(23.7)	0.815	0.367

2.3 生命体征在病情分级中的情况 轻症组患者中意识清楚者明显高于危重症组,危重症组患者中意识状态为“对声音刺激有反应”和“对疼痛刺激有反应”者均明显高于轻症组,轻症组患者多为“意识清楚”,差异均有统计学意义($P<0.05$)。见表 4。2 组患者监护仪测量的心率比较,差异无统计学意义($P>$

0.05);监护仪测量的呼吸频率比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。见表 5。

表 4 2 组患者意识状态比较[$n(\%)$]

意识状态	危重症组 ($n=221$)	轻症组 ($n=198$)	χ^2	P
清楚	189(85.5)	192(97.7)	16.601	<0.001
对声音刺激有反应	16(7.2)	2(1.0)	9.858	0.002
对疼痛刺激有反应	16(7.2)	4(2.0)	6.260	0.012
无反应	0	0	—	—

注：—表示无此项。

表 5 2 组患者监护仪测量的心率、呼吸频率比较[$M(P_{25},P_{75})$,次/分]

项目	危重症组 ($n=221$)	轻症组 ($n=198$)	Z	P
心率	81(67,94)	79(70,89)	-0.418	0.676
呼吸频率	19(16,21)	18(15,20)	-2.386	0.017

2.4 主诉在病情分级中的情况 同一例患者合并主诉类别数最多 4 种。危重症组患者排前 3 位主诉依次为胸痛(18.6%)、意识障碍(12.7%)、腹痛(10.9%)。轻症组患者排前 3 位主诉依次为关节疼(21.7%)、眩晕(14.6%)、腰背痛(13.1%)。危重组患者以胸痛、意识障碍、便血为主诉者均明显高于轻症组,轻症组以关节痛为主诉者明显高于危重症组,差异均有统计学意义($P<0.05$)。见表 6。

表 6 2 组患者主诉比较[$n(\%)$]

主诉	危重症组 ($n=221$)	轻症组 ($n=198$)	χ^2	P
发热	6(2.7)	10(5.1)	1.551	0.213
头痛	13(5.9)	16(8.1)	1.551	0.213
水肿	2(0.9)	0	1.800	0.180
咳嗽与咳痰	15(6.8)	10(5.1)	0.561	0.454
咯血	3(1.4)	2(1.0)	0.107	0.744

续表 6 2 组患者主诉比较[n(%)]				
主诉	危重症组 (n=221)	轻症组 (n=198)	χ^2	P
胸痛	41(18.6)	18(9.1)	7.727	0.005
呼吸困难	22(10.0)	11(5.6)	2.786	0.095
心悸	19(8.6)	17(8.6)	0.000	0.997
恶心与呕吐	14(6.3)	15(7.6)	0.250	0.617
吞咽困难	1(0.5)	1(0.5)	0.006	0.938
腹痛	24(10.9)	24(12.1)	0.164	0.686
呕血	3(1.4)	0	2.707	0.100
便血	12(5.4)	2(1.0)	6.317	0.012
腹泻	2(0.9)	2(1.0)	0.012	0.912
便秘	2(0.9)	1(0.5)	0.231	0.631
黄疸	1(0.5)	1(0.5)	0.006	0.938
尿失禁	2(0.9)	0	1.800	0.180
排尿困难	1(0.5)	2(1.0)	0.457	0.499
腰背痛	17(7.7)	26(13.1)	3.355	0.067
关节痛	14(6.3)	43(21.7)	21.025	<0.001
眩晕	19(8.6)	29(14.6)	3.767	0.052
晕厥	11(5.0)	9(4.5)	0.043	0.836
抽搐与惊厥	3(1.4)	0	2.707	0.100
意识障碍	28(12.7)	5(2.3)	14.921	<0.001
情感症状	0	1(0.5)	1.119	0.290
其他	24(10.9)	18(9.1)	0.362	0.547

2.5 既往史在病情分级中的情况 同一例患者合并既往史数量最多 4 种。2 组患者排前 3 位既往史均为高血压、糖尿病、冠心病,危重症组患者中排前 3 位既往史者比例均高于轻症组,但差异均无统计学意义($P>0.05$)。危重症组患者中既往有肿瘤、消化道出血病史者比例明显高于轻症组,差异均有统计学意义($P<0.05$)。见表 7。

表 7 2 组患者既往史比较[n(%)]				
既往史	危重症组 (n=221)	轻症组 (n=198)	χ^2	P
无	95(43.0)	97(49.0)	1.516	0.218
脑梗死	10(4.5)	11(5.5)	0.233	0.629
脑出血	3(1.4)	0	2.707	0.100
癫痫	0	1(0.5)	1.119	0.290
支气管炎	1(0.5)	0	0.898	0.343
慢性阻塞性肺疾病	2(0.9)	5(2.5)	1.669	0.196
哮喘	2(0.9)	0	1.800	0.180
支气管扩张	1(0.5)	0	0.898	0.343
肺结核	1(0.5)	1(0.5)	0.006	0.938
肺栓塞	1(0.5)	0	0.898	0.343

续表 7 2 组患者既往史比较[n(%)]				
既往史	危重症组 (n=221)	轻症组 (n=198)	χ^2	P
心力衰竭	3(1.4)	3(1.5)	0.018	0.892
冠心病	33(14.9)	24(12.1)	0.702	0.402
高血压	71(32.1)	56(28.3)	0.731	0.393
心律失常	0	1(0.5)	1.119	0.290
心脏瓣膜病	0	2(1.0)	2.243	0.134
主动脉夹层	1(0.5)	0	0.898	0.343
自身免疫性肝病	3(1.4)	2(1.0)	0.107	0.774
胰腺炎	1(0.5)	1(0.5)	0.006	0.938
胆结石	1(0.5)	0	0.898	0.343
肝硬化	4(1.8)	0	3.618	0.057
消化道出血	6(2.7)	0	5.454	0.020
肾结石	0	1(4.5)	1.119	0.290
肾病综合征	0	2(1.0)	2.243	0.134
慢性肾功能不全	4(1.8)	1(0.5)	1.508	0.219
贫血	1(0.5)	1(0.5)	0.006	0.938
白细胞减少和粒细胞缺乏	3(1.4)	2(0.9)	0.107	0.774
凝血障碍	1(0.5)	0	0.898	0.343
血栓性疾病	2(0.9)	0	1.800	0.180
糖尿病	36(16.3)	26(13.1)	0.826	0.363
甲状腺功能减退	2(0.9)	0	1.800	0.180
甲状腺功能亢进	1(0.5)	2(0.9)	0.457	0.499
类风湿性关节炎	3(1.4)	0	2.707	0.100
系统性红斑狼疮	0	1(0.5)	1.119	0.290
痛风	3(1.4)	2(1.0)	0.107	0.774
手术史	12(5.4)	12(6.1)	0.077	0.781
肿瘤	12(5.4)	2(1.0)	6.317	0.012
其他	10(4.5)	13(6.6)	0.838	0.360

2.6 急诊预检分诊与远程预检分诊病情分级比较 远程预检分诊的危重症患者明显少于急诊预检分诊,差异有统计学意义($P<0.05$)。见表 8。

表 8 急诊预检分诊与远程预检分诊的病情分级比较 [n(%),n=419]		
病情分级	急诊预检分诊	远程预测分诊
危重症	221(52.7)	65(15.5) ^a
轻症	198(47.3)	354(84.5)

注:与急诊预检分诊比较, $\chi^2=129.178$,^a $P<0.001$ 。

3 讨 论

远程医疗利用信息化手段打造高效的急救医疗平台,为急救现场的伤病员提供优质的急救医疗服务,在急救医学领域具备了发展的必要和广阔的应用空间^[8]。目前,远程医疗在院前与院内、医疗机构间

信息交互上是可做到完全互通的,蔡平等^[1]研发了视频“120”实现院前与院内互联互通、救治一体化。美国 e 急救医疗服务建设通过网络视频会议技术建立其偏远地区急救医护人员与 e 急救医疗服务中心医护人员互通桥梁,使抢救质量得到明显提高的同时也减少了很多不必要的转诊^[9]。但远程医疗在面对非医疗机构的患者端时难以获得相对准确的生命体征相关数据。病史采集和患者意识、精神状态等可通过音视频,如视频“120”系统等获得,在该类信息提取方面可做到与来院就诊患者高度一致,但对心率、呼吸频率、血压、血氧饱和度等生命体征相关数据的获取较困难。

基于移动互联网及视频通讯技术的进步^[10],许多健康监测类的电子产品不断涌现,有接触测量类的智能手表、非接触测量类的智能手机等通过传感器或手机摄像头实现包括心率、呼吸频率等人体体征的测量,但目前对非接触式测量心率及呼吸频率准确性的研究较少见,是否可真实作为生命体征的评估不明确。因其在远程医疗方面具有重要的影响,本研究通过对非接触式心率、呼吸频率测量与心电监护进行比较,评估了非接触式测量方法的准确性。结果显示,非接触式测量心率的准确性尚不能达到要求。

非接触式测量原理为光电体积描述方法,对环境要求高,需要光线充足,对贫血患者测量结果会存在影响,干扰及影响因素较多,其算法的不同,准确性也存在差异。有研究将自寻优归一化最小均方误差算法的非接触式心率测量与指夹式血氧仪测得心率比较分析,平均绝对百分比误差为 2.6%,其准确性及稳定性均较高^[11]。从现有的研究进展来看,光电体积描述方法也可用于血压、呼吸频率、血氧饱和度等其他生理指标的测量,在医学领域具有较大应用前景^[12-13]。随着该技术不断成熟,算法更加精准,可实现将音视频、非接触式生理指标和专家指导实时共享,更准确地判断病情,有效指导现场急救的同时提前分诊,医院内做好完备接诊工作,提高急诊急救效率。

如上所述,目前,非接触式测量的生理指标相对单一,部分生理指标的准确性尚有待于进一步提高,因此,在远程病史采集中是否可获得更多有利于评估病情的特征协助远程分诊呢?本研究通过对患者就诊的特征进行分析,进一步探索了分级为危重症患者与轻症患者在年龄、主诉、既往史等信息方面的差异,尤其是对危重症患者特征进行了分析,以在远程分诊中给予警示。

危重症患者生命体征往往不稳定,MEWS 评分高,预检分诊等级高。本研究发现,危重症患者意识状态为“对声音刺激有反应”和“对疼痛刺激有反应”

的例数高于轻症组,呼吸频率也较快,轻症患者则多表现为意识清楚。可见危重症患者意识状态改变更明显,呼吸频率更快,在远程分诊时对此类患者需提高警惕。

主诉是患者急诊的主要原因,可为分诊提供决策依据。目前,国内外虽有关于主诉的研究^[14],但以病情程度分组进行来研究者较少见。张展羿等^[15]统计了北京某三甲医院老年患者的九大常见主诉,最常见的三大主诉为腹痛、胸闷或胸痛及发热。本研究中急诊就诊患者排前 3 位主诉为胸痛、关节痛、腹痛/眩晕。危重症组患者以胸痛、意识障碍、便血为主诉者高于轻症组。因此,在分诊时遇到具有上述主诉的患者往往提示病情程度较重,更有可能属于危重症。当然由于所处季节及地域不同患者常见主诉及危重症主诉可能存在一定差异。

本研究结果显示,2 组患者排前 3 位的既往史均为高血压、糖尿病、冠心病,危重症组患者此 3 种既往史所占比例均高于轻症组,但差异无统计学意义($P > 0.05$)。而既往患有肿瘤、消化道出血病史者往往病情程度更重。肿瘤患者全身机体状态欠佳,放化疗、免疫治疗或终末期姑息治疗均会对机体造成影响,一旦合并其他系统疾病,对患者来说均易造成致命性打击。消化道出血患者往往消化系统本身存在问题,如消化道溃疡等或其他疾病并发症,如肝硬化食管静脉曲张破裂出血,因心脑血管疾病口服抗血小板聚集药物、风湿免疫类疾病口服非甾体类药物等相关因素影响,消化道出血事件易反复发生,起病隐匿,对黑便等临床表现易忽视,一经发现往往出现休克征象。这些既往史也是远程分诊时应着重考虑的因素。

在我国,急诊信息化、智慧化、数字化等平台建设已相当成熟,但在分诊方式方面仍停留在急诊预检分诊模式。目前的分诊方式已不能满足现在急救医疗模式,远程分诊势必成为未来一种发展方式。王文进等^[16]研究中有提及在突发公共卫生事件中多平台远程预检分诊模式的构建,其突破了时间及空间限制,可充分优化医疗资源配置,为患者提供更加便捷和高质量的服务。MOSCH 等^[17]利用无人机镜头进行非接触式心率测量,远程评估生命体征作为急救人员挽救生命的决策辅助。RYAN 等^[18]利用人口统计、症状、并发症建立模型预测新型冠状病毒感染相关疾病的严重后果用于远程分诊,避免了不必要的候诊室暴露。目前,尚无公认的远程分级分诊方法,本研究尝试通过包含就诊信息特征和非接触式生理参数相结合的方式制定远程预检分诊评分表进行急诊病情分级,评估其可靠性,以期为急诊远程分诊提供有效的方法。因远程预检分诊所能获取的指标比急诊预检分诊少,非接触的心率、呼吸频率测量准确性尚需进一

步提高,各指标所占权重是否适合等多种因素均对其可靠性存在影响。随着生物工程、人工智能等技术的发展,将来可获得更准确及多样化的指标,利用大数据分析危重症患者的就诊特征,设计权重分值,有希望研究出一套有效的远程分诊系统,可进一步将急诊分诊救治提前,提高急诊急救效率,节约急救资源。

参考文献

[1] 蔡平军,许毅,钟森,等. 视频 120 急救报警系统的开发及初步应用[J]. 中华急诊医学杂志, 2019,28(8):1058-1060.

[2] 急诊预检分诊专家共识组. 急诊预检分诊专家共识[J]. 中华急诊医学杂志, 2018, 27(6): 599-604.

[3] SUBBE C P, KRUGER M, RUTHERFORD P, et al. Validation of a modified early warning score in medical admissions[J]. QJM, 2001, 94(10):521-526.

[4] 马亮亮,刘柯君,曹莹,等. 校正改良早期预警评分与标准化沟通在多发伤患者病情评估中的应用[J]. 齐鲁护理杂志, 2019, 25(21): 131-133.

[5] KOEHLER J J, BAER L J, MALAFA S A, et al. Prehospital index: A scoring system for field triage of trauma victims[J]. Ann Emerg Med, 1986, 15(2):178-182.

[6] OLSSON T, TERENT A, LIND L. Rapid emergency medicine score: A new prognostic tool for in-hospital mortality in non-surgical emergency department patients [J]. J Intern Med, 2004, 255(5):579-587.

[7] 中华护理学会急诊专业委员会, 浙江省急诊医学质量控制中心. 急诊预检分级分诊标准[J]. 中华急诊医学杂志, 2016, 25(4):415-417.

[8] SHAH M N, MCDERMOTT R, GILLESPIE S M, et al. Potential of telemedicine to provide acute medical care for adults in senior living communities[J]. Acad Emerg Med, 2013, 20(2):162-168.

[9] STINGLEY S, SCHULTZ H. Helmsley trust support for telehealth improves access to care in rural and frontier areas[J]. Health Aff(Millwood), 2014, 33(3):336-341.

[10] 中华人民共和国国家发展和改革委员会、中华人民共和国科学技术部、中华人民共和国工业和信息化部、中共中央网络安全和信息化委员会办公室. 四部门关于印发《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》的通知[EB/OL]. (2016-05-18) [2023-06-21]. https://www.gov.cn/xinwen/2016-05/23/content_5075944.htm?s94qe1=350819.

[11] 吴芬,彭力,韩膨,等. 基于自寻优归一化最小均方误差算法的非接触式心率测量方法研究[J]. 激光与光电子学进展, 2021, 58(20):311-318.

[12] 朱娟,张列亮,徐磊. 光电容积脉搏波的临床应用研究及进展[J/CD]. 中华临床医师杂志(电子版), 2013, 27(22):10244-10247.

[13] RAHMAN H, AHMED M U, BEGUM S. Non-contact physiological parameters extraction using facial video considering illumination, motion, movement and vibration[J]. IEEE Trans Biomed Eng, 2020, 67(1):88-98.

[14] PLATTS-MILLS T F, TRAVERS D, BIESE K, et al. Accuracy of the emergency severity Index triage instrument for identifying elder emergency department patients receiving an immediate lifesaving intervention [J]. Acad Emerg Med, 2010, 17(3):238-243.

[15] 张展弈,贾乘兴,马青变,等. 老年急诊患者的就诊特征分析[J]. 中国急救医学, 2020, 40(11): 1086-1089.

[16] 王文进,褚沛,唐占凯,等. 突发公共卫生事件中多平台远程预检分诊模式的构建[J]. 甘肃中医药大学学报, 2021, 38(3):109-114.

[17] MOSCH L, BARZ I, MULLER A, et al. For heart rate assessments from drone footage in disaster scenarios[J]. Bioengineering (Basel), 2023, 10(3):336.

[18] RYAN C, MINC A, CACERES J, et al. Predicting severe outcomes in COVID-19 related illness using only patient demographics, comorbidities and symptoms[J]. Am J Emerg Med, 2021, 45:378-384.

(收稿日期:2023-07-20 修回日期:2023-08-16)