

## 一种重症医学用心跳恢复器的设计与应用

陈武 钱明江 吴航 肖玄 刘国跃

遵义医科大学第二附属医院重症医学科, 遵义 563000

通信作者: 刘国跃, Email: liuguoyue@zmu.edu.cn

**【摘要】** 心搏骤停是临床中常见疾病, 具有发病率高、发病突然、抢救困难及抢救成功率低等特点, 而及时有效的心肺复苏(CPR)是提高患者抢救成功率的关键。目前临床上主要以徒手 CPR 为主, 但徒手 CPR 因高强度的体力损耗, 会导致胸外按压深度和频率随着 CPR 时间的延长而下降, 造成 CPR 成功率降低。现有机械复苏设备虽然保证了按压频率和幅度, 减轻了医护人员的体能消耗, 但 CPR 过程易造成患者胸骨、肋骨骨折等并发症, 且设备昂贵、笨重以及需要外接电源等因素限制了临床应用。为解决上述问题, 遵义医科大学第二附属医院重症医学科的医护人员设计了一种重症医学用心跳恢复器, 并获得了国家实用新型专利(专利号: ZL 2019 2 2003762.8)。该设备长 25 cm、宽 20 cm、高 25 cm, 重量约 2.5 kg。设备主体一侧纵行排列有调节旋钮、电源开关、电源插孔和散热窗, 其左侧设有可触摸显示器, 能显示屏幕对比度、报警音量、电除颤能量、时间、电池电量、心率、心电图波形等。显示器下方为操控界面, 可通过上下键、左右键及按钮调节显示器上的所有参数。操控界面右侧设有冲击电流装置, 可直接取下紧贴患者进行电除颤治疗。设备内有 48 V 锂电池; 主体另一侧壁有太阳能电池板, 能通过太阳自动充电。主体另一侧壁上设有背带, 其内含有柔性海绵层, 穿戴舒适。主体上壁设有扶手, 方便拿取。重症医学用心跳恢复器结构简单、体积小、重量轻、成本低廉、操作简便, 移动性强, 可满足不同场所的心搏骤停患者, 特别是灾区等无法及时送至医院抢救的重症患者, 值得临床推广与应用。

**【关键词】** 心搏骤停; 心肺复苏; 心跳恢复器; 设计

**基金项目:** 国家实用新型专利(ZL 2019 2 2003762.8)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20250123-00054

### Design and application of a heartbeat restorer for critical care medicine

Chen Wu, Qian Mingjiang, Wu Hang, Xiao Xuan, Liu Guoyue

Department of Critical Care Medicine, the Second Affiliated Hospital of Zunyi Medical University, Zunyi 563000, China

Corresponding author: Liu Guoyue, Email: liuguoyue@zmu.edu.cn

**【Abstract】** Cardiac arrest is a prevalent clinical emergency characterized by its high incidence, sudden onset, challenges in resuscitation, and low success rates. Timely and effective cardiopulmonary resuscitation (CPR) is the key to improving the success rate of patient rescue. Currently, manual CPR serves as the primary clinical approach. Due to the high intensity of physical exertion, the depth and frequency of external chest compression decrease with the extension of CPR time, resulting in a lower success rate of CPR. Although existing mechanical resuscitation devices address issues such as compression frequency, amplitude, and reduce the physical burden on medical staff, they are associated with complications for patients (e.g., sternum and rib fractures). Additionally, these devices are often expensive, bulky, and reliant on external power sources, limiting their clinical utility. To address these issues, the medical staff of the department of critical care medicine of the Second Affiliated Hospital of Zunyi Medical University designed a cardiac resuscitation device specifically for critical care and obtained a National Utility Model Patent of China (patent number: ZL 2019 2 2003762.8). The device is 25 cm long, 20 cm wide, 25 cm high, and weighs approximately 2.5 kg. On one side of the main body, there are longitudinally arranged adjustment knobs, a power switch, a power jack, and a heat dissipation window. The left side of the device features a touchscreen display, which shows parameters including screen contrast, alarm volume, defibrillation energy, time, battery level, heart rate, and electrocardiogram waveforms. Below the touchscreen, a physical control interface—comprising up/down keys, left/right keys, and function buttons—allows adjustment of all parameters displayed on the screen. To the right of the control interface, there is a shock current device that can be directly removed and placed closely to the patient for defibrillation treatment. There is a 48 V lithium battery inside the device, and a solar panel on the other side wall of the main body, which can automatically charge via sunlight. There is a strap on the other side wall of the main body, which contains a flexible sponge layer for comfortable wearing. The upper wall of the main body is equipped with a handle for easy carrying. The heartbeat restorer for critical care medicine has a simple structure, small size, light weight, low cost, easy operation, and strong mobility. It can meet the needs of cardiac arrest patients in different places, especially those in disaster areas who cannot be sent to the hospital for rescue in a timely manner. It is worthy of clinical promotion and application.

**【Key words】** Cardiac arrest; Cardiopulmonary resuscitation; Cardiac resuscitator; Design

**Fund program:** National Utility Model Patent of China (ZL 2019 2 2003762.8)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20250123-00054

心搏骤停是临床常见疾病,具有发病率高,发病突然、救治困难及抢救成功率低等特点,其病因多样,主要发病机制是心脏机械性泵血停止,大动脉搏动消失<sup>[1-2]</sup>。随着心肺复苏(cardiopulmonary resuscitation, CPR)技术的推广及不断进步,心搏骤停患者抢救成功率得到很大提高,但其出院率及总体预后仍然不容乐观,研究表明心搏骤停患者总体生存率在 25%~30%<sup>[3]</sup>。

目前临床上对心搏骤停的救治主要以徒手 CPR 为主,但徒手 CPR 对医护人员体力损耗过大;此外,胸外按压深度和频率会随着 CPR 时间的延长而下降,导致 CPR 效率下降,救治成功率降低<sup>[4-6]</sup>。现有机械性 CPR 设备虽然保证了按压频率和幅度,减轻了医护人员体能消耗负担,但 CPR 过程易导致患者胸骨、肋骨骨折等并发症,且设备价格昂贵、设备笨重及需要外接电源等,限制了其临床应用<sup>[7-8]</sup>。为了克服上述问题,提高机械性 CPR 设备对心搏骤停患者的抢救成功率,本院重症医学科的医护人员设计了一种重症医学用心跳恢复器,并获得了国家实用新型专利(专利号:ZL 2019 2 2003762.8),现将该装置的结构、使用方法介绍如下。

### 1 重症医学用心跳恢复器的主要结构

重症医学用心跳恢复器长 25 cm、宽 20 cm、高 25 cm,重量约 2.5 kg。设备主体侧壁上设有显示器(图 1-1),为触摸屏显示器,其下方设有操控界面(图 1-2)。调节旋钮(图 1-3)、电源开关(图 1-4)、电源接口(图 1-5)纵向排列,位于显示器右侧;电源接口正下方紧邻散热窗(图 1-6)。冲击电流装置(图 1-7)位于操控界面右侧,可以直接连接患者进行除颤治疗。电源为 48 V 锂电池,设于主体内;太阳能电池板(图 1-8)设于主体另一侧壁上,与电源电池相连。主体另一侧壁上设有背带(图 1-9),背带内含有柔性海绵层。主体上壁设有扶手(图 1-10),设计为手指形凹槽,其内侧设有摩擦凸起。

### 2 重症医学用心跳恢复器的使用方法

用户可通过扶手机提重症医学用心跳恢复器,或通过背带将重症医学用心跳恢复器主体背于身上至任何有需要的

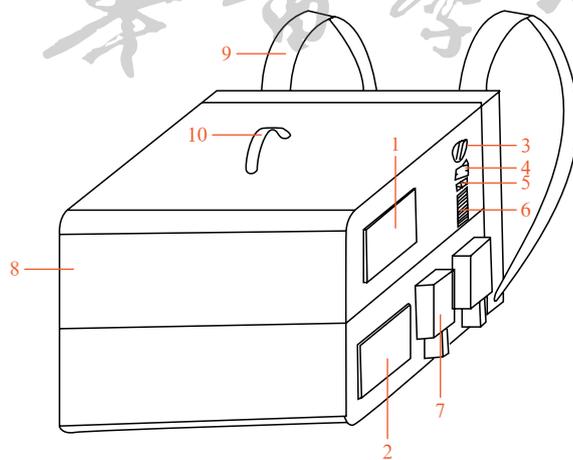
场所。遇到心搏骤停患者需要进行 CPR 时,按下电源开关,内置的锂电池给心跳恢复器供电,显示器、操控界面和冲击电流装置启动。用户可以通过触摸屏显示器查看屏幕对比度、报警音量、电除颤能量、时间、电池电量、心率、心电图波形等,并可通过触摸屏内的内置触摸按键进行调节,也可以通过显示器下方操控界面中的上下键、左右键及按钮调节显示器内的所有参数。当患者出现恶性心律失常需要电除颤时,通过触摸屏显示器调节好冲击电流装置的输出电压值,手握冲击电流装置对心搏骤停患者进行电除颤,使患者恢复自主心律。如遇阴雨天气,太阳能电池板不能正常给心跳恢复器充电时,可以通过电源接口对电源进行充电,保证心跳恢复器电池电量充足,心跳恢复器正常运行。

### 3 重症医学用心跳恢复器的优点

重症医学用心跳恢复器体型小巧、重量轻,方便医务人员携带且节约空间,可满足到任何场所使用;该设备成本低廉;设备页面布局简单,操作简便,方便医务人员使用;设备配备太阳能电池板,可自动对设备进行充电,满足在特殊环境下(偏远山区、灾区)使用。

### 4 讨论

根据发生心搏骤停的地点,分为院外心搏骤停(out-of-hospital cardiac arrest, OHCA)和院内心搏骤停(in-hospital cardiac arrest, IHCA)。研究表明,我国每年发生 OHCA 的患者高达 105 万人,经抢救并成功救治出院率仅为 1%<sup>[9]</sup>;IHCA 发生率为 1.75%,出院生存率为 9.1%<sup>[10]</sup>。而西方发达国家 OHCA 生存率为 8%~10%,IHCA 生存率为 15%~34%<sup>[11-12]</sup>。由此可见,我国针对此类患者的抢救成功率较低,明显低于西方发达国家,分析原因主要为:目击者是否实施 CPR(6 min 内);CPR 启动延迟(心搏骤停识别时间过长,错过黄金窗口期);CPR 质量欠佳(按压深度、频率不达标,中断过多,忽略通气,通气不足);无自动体外除颤器不能除颤;患者自身基础疾病。CPR 是全球公认的救治心搏骤停最有效的措施,CPR 持续时间与患者不良预后呈正相关,早期高



注:1 为显示器,2 为操控界面,3 为调节旋钮,4 为电源开关,5 为电源接口,6 为散热窗,7 为冲击电流装置,8 为太阳能电池板,9 为背带,10 为扶手

图 1 一种重症医学用心跳恢复器的结构示意图

质量 CPR 能有效提高患者的生存率,改善患者总体预后<sup>[13]</sup>。与此同时,开发高质量的 CPR 设备是目前重症医学领域的热点话题。

目前针对心搏骤停的抢救设备有萨勃系列心肺复苏器、隆德大学心脏辅助系统(the lund university cardiac assist system, LUCAS)、救生带(lifebelt)、自动 CPR 系统(AutoPluse)等<sup>[14-17]</sup>,因受环境因素、设备自身缺陷的限制,大部分设备未能在临床中广泛推广及应用。目前国内急诊科及重症医学科主要以萨勃系列心肺复苏器为主,该设备具有胸外按压快速有力,能按设定的位置、频率、深度按压,连续长时间工作,减轻医护人员的体力和时间等优点,但因设备体积较大,不便于携带,需要直流电源,且不能反映患者生命体征,在 CPR 过程中可能导致复苏过度,不具备电除颤功能,限制了该设备在院外及特殊环境中应用<sup>[14-15]</sup>。

重症医学用心跳恢复器解决了以上设备的缺陷,具有结构简单、体积小、重量轻、成本低廉、操作简便、可定点放置于医院或公共场所等优点,满足了医务人员或者现场目击者的需求,及时用于心搏骤停患者 CPR,为心搏骤停赢得黄金抢救时间,有效提高心搏骤停患者的抢救成功率及总体预后。重症医学用心跳恢复器主体侧壁上设有背带,可穿戴背负于医护人员身体上;背带内含有柔性海绵,穿戴舒适。心跳恢复器主体内有 48 V 锂电池,主体侧壁有太阳能电池板,可通过太阳能自动充电,减少了工作人员的负担并保证了设备电量充足,可及时有效地抢救患者,特别是偏远山区、灾区等无法及时送至医院抢救的重症患者。当遇到阴雨天气,太阳能无法为心跳恢复器充电时,可通过电源接口对主体内蓄电池进行充电,保证了重症医学用心跳恢复器电力充足、运行稳定。

该设备在调节按钮方面进行了优化,可通过物理按钮和触摸屏调节屏幕对比度、报警音量、电除颤能量、时间、心电图波形,这种双操作模式的设计,考虑了不同使用场景和用户偏好,旨在提升操作的可靠性和便捷性,特别是在紧急医疗环境下尤为重要。2019 年有研究者提出“到达前救治”概念,特别强调了高质量 CPR 并配合使用自动体外除颤器是 OHCA 患者抢救成功的第一棒,也是抢救成功与否的关键<sup>[18]</sup>。研究表明,对于突发非创伤性 OHCA 患者,若目击者 1 min 内进行高质量的 CPR,对于合并恶性心律失常者在发病 3~5 min 内进行电除颤,生存率可达 50%~70%<sup>[19]</sup>,足以体现早期电除颤的关键地位。该设备具备电除颤功能,可以通过两种方式调节旋钮调节冲击电流装置的输出电压值,当患者在院外出现恶性心律失常(如心室纤颤、无脉性室性心动过速)、心搏骤停时,医护人员可手握冲击电流装置对患者进行电除颤,及时有效地帮助患者恢复自主心律,为患者争取宝贵的时间,提高患者总体预后。

综上所述,重症医学用心跳恢复器设计合理、操作简便、适用范围广,有一定的创新性和实用性,可以广泛应用于临床,值得推广。

**利益冲突** 所有作者声明不存在利益冲突

**作者贡献声明** 陈武: 酝酿和设计实验,起草文章、对文章的知识性内容作批评性审阅;钱明江: 实施研究,对文章的知识性内容作批评性审阅,行政、技术或材料支持,指导;吴航、肖玄: 分析/解释数据、起草文章;刘国跃: 酝酿和设计实验,行政、技术或材料支持,指导

#### 参考文献

- [1] Myat A, Song KJ, Rea T. Out-of-hospital cardiac arrest: current concepts[J]. *Lancet*, 2018, 391(10124): 970-979. DOI: 10.1016/S0140-6736(18)30472-0.
- [2] Gerech RB, Nable JV. Out-of-hospital cardiac arrest[J]. *Emerg Med Clin North Am*, 2023, 41(3): 433-453. DOI: 10.1016/j.emc.2023.03.002.
- [3] Malta Hansen C, Kragholm K, Pearson DA, et al. Association of bystander and first-responder intervention with survival after out-of-hospital cardiac arrest in North Carolina, 2010-2013[J]. *JAMA*, 2015, 314(3): 255-264. DOI: 10.1001/jama.2015.7938.
- [4] Dalton HJ, Berg RA, Nadkarni VM, et al. Cardiopulmonary resuscitation and rescue therapies[J]. *Crit Care Med*, 2021, 49(9): 1375-1388. DOI: 10.1097/CCM.0000000000005106.
- [5] Nolan JP, Soar J, Perkins GD. Cardiopulmonary resuscitation[J]. *BMJ*, 2012, 345: e6122. DOI: 10.1136/bmj.e6122.
- [6] 王立祥. 中国心肺复苏发展战略观[J]. *中华危重病急救医学*, 2015, 27(3): 161-163. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.03.001.
- [7] 姜素文, 尹彦斌, 韩婷婷, 等. 急诊科 CPR 患者临床特征及影响复苏成功的因素分析[J]. *中华危重病急救医学*, 2020, 32(12): 1502-1505. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200601-00429.
- [8] 赵述傲, 顾容兆, 李浩然, 等. 一种便携式心肺复苏保护装置的设计与应用[J]. *中华危重病急救医学*, 2022, 34(5): 542-544. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20211228-01943.
- [9] Xie X, Zheng JQ, Zheng W, et al. Efforts to improve survival outcomes of out-of-hospital cardiac arrest in China: BASIC-OHCA[J]. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*, 2023, 16(2): e008856. DOI: 10.1161/CIRCOUTCOMES.121.008856.
- [10] Shao F, Li CS, Liang LR, et al. Incidence and outcome of adult in-hospital cardiac arrest in Beijing, China[J]. *Resuscitation*, 2016, 102: 51-56. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2016.02.002.
- [11] Gräsner JT, Herlitz J, Tjelmeland IBM, et al. European resuscitation council guidelines 2021: epidemiology of cardiac arrest in Europe[J]. *Resuscitation*, 2021, 161: 61-79. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2021.02.007.
- [12] Tsao CW, Aday AW, Almarazoo ZI, et al. Heart disease and stroke statistics-2022 update: a report from the American Heart Association[J]. *Circulation*, 2022, 145(8): e153-e639. DOI: 10.1161/CIR.0000000000001052. Erratum in: *Circulation*, 2022, 146(10): e141. DOI: 10.1161/CIR.0000000000001074.
- [13] 中华医学会急诊医学分会, 中国医药教育协会急诊专业委员会. 中国心脏骤停中心建设专家共识[J]. *中华急诊医学杂志*, 2023, 32(10): 1296-1303. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2023.10.003.
- [14] 张重阳, 王耀辉, 刘洪伟, 等. 基于 Utstein 模式下徒手 CPR 与萨勃心肺复苏器 CPR 在急诊科应用效果的比较[J]. *中华危重病急救医学*, 2017, 29(10): 937-939. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.10.015.
- [15] 刘丽丽, 黄坚强, 陈晓蕾, 等. 萨勃心肺复苏器在心搏骤停肥胖患者中的应用[J]. *中华危重病急救医学*, 2016, 28(7): 659-660. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.07.021.
- [16] Steen S, Liao QM, Pierre L, et al. Evaluation of LUCAS, a new device for automatic mechanical compression and active decompression resuscitation[J]. *Resuscitation*, 2002, 55(3): 285-299. DOI: 10.1016/s0300-9572(02)00271-x.
- [17] Bonnemeyer H, Olivecrona G, Simonis G, et al. Automated continuous chest compression for in-hospital cardiopulmonary resuscitation of patients with pulseless electrical activity: a report of five cases[J]. *Int J Cardiol*, 2009, 136(2): e39-e50. DOI: 10.1016/j.ijcard.2008.04.095.
- [18] Brady WJ, Mattu A, Slovis CM. Lay responder care for an adult with out-of-hospital cardiac arrest[J]. *N Engl J Med*, 2019, 381(23): 2242-2251. DOI: 10.1056/NEJMr1802529.
- [19] Brooks SC, Clegg GR, Bray J, et al. Optimizing outcomes after out-of-hospital cardiac arrest with innovative approaches to public-access defibrillation: a scientific statement from the International Liaison Committee on Resuscitation[J]. *Resuscitation*, 2022, 172: 204-228. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2021.11.032.

(收稿日期: 2025-01-23)

(本文编辑: 保健媛 张耘菲)