

一种心肺复苏过程中肱动脉血流探测袖带的设计与使用方法

王颖宁 潘慧斌 嵇朝晖 黎咏麟

湖州师范学院附属第一医院急诊医学科, 湖州 313000

通信作者: 嵇朝晖, Email: jch760522@163.com

【摘要】 心搏骤停患者心肺复苏(CPR)过程中的复苏质量监测一直是急诊急救过程中的难点。如何实现生存链不同环节之间的紧密链接及持续高质量胸外按压的同时,快速判断重要器官组织灌注情况,对于评估复苏阶段 CPR 效果及预测患者复苏结局至关重要。目前 CPR 质量监测主要包括 CPR 动作质量监测及心搏骤停患者循环功能监测,但按压效果监测指标并不能客观反映周围灌注情况。在紧张的急诊急救过程中,快速判断 CPR 及其相关组织灌注效果,对于精准识别患者自主循环状态具有积极意义。为此,湖州师范学院附属第一医院急诊医学科的医护人员设计了一种 CPR 过程中肱动脉血流探测袖带,并获得了国家实用新型专利(专利号: ZL 2019 2 1478870.4)。CPR 过程中肱动脉血流探测袖带由血压监测气囊、双重固定结构、超声血流测量探头及信号接收显示系统组成。魔术贴及搭钩的双重固定设计确保了袖带在急救过程中稳定可靠;长程探头覆盖肘窝区域,可实现快速、精准地获取血流信号;信号接收器和显示屏通过实时显示血流波形,在一定程度上可间接反映颅内动脉血流动力学情况。CPR 过程中肱动脉血流探测袖带通过监测 CPR 相关前向血流及重要器官的灌注情况,可在 CPR 期间指导高质量 CPR 并快速识别患者循环状态,具备快速连接固定、固定稳妥且监测结果易于获取、易于解读等优点,具有一定临床应用价值。

【关键词】 心肺复苏; 肱动脉; 质量监测; 动脉血流; 自主循环恢复

基金项目: 国家实用新型专利(ZL 2019 2 1478870.4); 浙江省湖州市科学技术项目(2024GZB03)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20250303-00208

Design and application method of brachial artery blood flow cuff during cardiopulmonary resuscitation

Wang Yingning, Pan Huibin, Ji Zhaohui, Li Yonglin

Department of Emergency Medicine, The First Affiliated Hospital of Huzhou Normal University, Huzhou 313000, China

Corresponding author: Ji Zhaohui, Email: jch760522@163.com

【Abstract】 Monitoring the quality of cardiopulmonary resuscitation (CPR) in patients with cardiac arrest remains challenging in emergency and resuscitation processes. Achieving seamless integration between different links in the chain of survival and maintaining high-quality chest compressions while rapidly assessing the perfusion status of vital organs is crucial for evaluating the effectiveness of CPR and predicting patient outcomes. Current CPR quality monitoring primarily includes the assessment of CPR technique and the monitoring of circulation in patients with cardiac arrest. However, the indicators of compression effectiveness do not objectively reflect peripheral perfusion status. In the fast-paced environment of emergency care, quickly assessing the effectiveness of CPR and related tissue perfusion and accurately identifying the patient's status of spontaneous circulation is of significant importance. To address this, the medical staff of The First Affiliated Hospital of Huzhou Normal University has designed a brachial artery blood flow cuff during CPR and has obtained a National Utility Model Patent of China (ZL 2019 2 1478870.4). The brachial artery blood flow cuff during CPR comprises a blood pressure monitoring cuff, a dual fixation mechanism, an ultrasound blood flow measurement probe, and an integrated signal acquisition and display system. Its velcro-and-hook dual-fixation design ensures stability and reliability of cuff during emergency procedures. The long probe covers the antecubital fossa, enabling rapid and accurate acquisition of blood flow signals. The signal receiver and display screen provide real-time visualization of the blood flow waveform, which can, to some extent, indirectly reflect intracranial arterial hemodynamics. The brachial artery blood flow cuff during CPR can monitor CPR-related forward blood flow and perfusion of vital organs, thereby guiding high-quality CPR and rapidly assessing the patient's circulatory status during resuscitation. It offers the advantages of rapid and secure fixation, easy operation, and clear interpretation of results, showing good clinical application value.

【Key words】 Cardiopulmonary resuscitation; Brachial artery; Quality monitoring; Arterial blood flow; Return of spontaneous circulation

Fund program: National Utility Model Patent of China (ZL 2019 2 1478870.4); Huzhou Science and Technology Project in Zhejiang Province (2024GZB03)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20250303-00208

心搏骤停是导致死亡的主要原因之一^[1],其发病率和预后在全球范围内差异较大。全世界每年约有 370 万例患者死于心搏骤停^[2]。根据最新的国内紧急医疗服务(emergency

medical service, EMS) 相关研究评估结果,我国院外心搏骤停(out-of-hospital cardiac arrest, OHCA)的发生率与国际上报告的(67~170)/10 万基本一致^[3-5],同时 EMS 评估我国每年

OHCA 总数估计超过 75 万例^[6]。及时的高质量心肺复苏 (cardiopulmonary resuscitation, CPR) 是改善患者救治结局、提高该病种存活率的关键。高质量 CPR 实施的同时,应尽可能对胸外按压及通气治疗进行监测与及时反馈、评价。在心搏骤停的临床救治过程中,CPR 质量监测可帮助医务人员及时调整复苏动作,确保有效的前向血流与重要的早期血供,进一步提高患者自主循环恢复的可能性。因此,CPR 质量监测一直是急诊急救领域关注的重点。

目前急诊急救医疗领域针对 CPR 质量监测以 CPR 动作质量监测及 OHCA 患者循环状态监测两种方式为主。① CPR 动作质量监测:CPR 动作质量监测主要检测 CPR 过程中按压频率、按压深度、按压分数 (chest compression fraction, CCF) 等动作性指标,目前以应用实时反馈装置收集胸外心脏按压动作质量的有关数据 (按压深度、按压频率、回弹情况、按压暂停时间) 为主,并且依据动作质量监测数据实时反馈指导操作者调整按压深度及频率^[7]。虽然动作质量监测可减少按压中断、按压深度不足、按压频率偏慢等情况的发生,但按压动作质量监测所获得的数据来源于救治者的动作,而无法客观反映患者的循环状态,在不同体型患者中的差异较大,存在无法解释的影响要素。② OHCA 患者循环状态监测:OHCA 患者循环状态监测目前主要包含呼气末二氧化碳分压 (partial pressure of end-tidal carbon dioxide, $P_{ET}CO_2$)、脉搏血氧波形 (pulse oximetryplethysmographic waveform, POP)、心肺复苏质量指数 (cardiopulmonary resuscitation quality index, CQI)、灌注指数 (perfusion index, PI) 等现阶段临床上使用的生理监测指标^[8]。上述生理监测指标大多数存在不易获取、影响因素较多、急诊急救专业医师需要一定的学习曲线才能够掌握等不足。例如:基于肺循环血流动力学状态获取的 $P_{ET}CO_2$ 可间接反映患者肺循环血流状态,但需要建立高级气道或气道短暂密闭后才可通过外接设备显示^[9]。基于血氧饱和度连续监测表现出的信号波形变化可获取 POP 波形^[10],通过对 POP 波形进行特征识别后计算曲线下面积,即可得到 CQI。虽然 CQI 可提示患者外周灌注状态,较准确地用于复苏质量的监测和复苏结果的预测,但 CQI 的获得依赖于带有专用监测模块的监护仪及专用一次性脉搏血氧探头进行采集,并且需要使用专用数据分析软件才可对监护仪记录的 CQI 与 PI 参数值进行数据导出^[9],需额外的设备采购成本支出,且作为反映组织灌注情况的间接指标,存在一定学习曲线。此外,大动脉脉搏检查是最简单的识别方法,其不依据任何监测指标,而是直接通过查体时的脉搏检查获得患者自主循环状态;但进行脉搏检查时需要中断胸外按压,且判断结果与医务人员主观感觉相关,差异较大,可能会浪费较多时间在寻找动脉搏动位置上,从而影响后续抢救流程的实施^[11]。

针对以上情况,为了实现动态监测 CPR 过程中的前向血流、复苏效果及患者自主循环状态,湖州师范学院附属第一医院急诊医学科的医护人员研制了一种 CPR 过程中肱动脉血流探测袖带,并且获得了国家实用新型专利 (专利号:ZL 2019 2 1478870.4),该专利设计简单,穿脱方便,可以反映

CPR 后的前向血流及重要器官灌注情况,具备固定效果好且监测结果准确、易于解读等优点,解决了 CPR 过程中患者心排量、外周循环状态监测困难及监测指标不易于解读等缺点,报告如下。

1 CPR 过程中肱动脉血流探测袖带的设计背景

肱动脉是上肢动脉系统的重要组成部分,起自腋动脉,沿肱二头肌内侧沟下行至肘窝,在桡骨颈水平分为桡动脉和尺动脉,而且肱动脉在肘窝处位置表浅,可以在肱二头肌肌腱内侧触摸到搏动,也是临床测量血压的首选部位。本次研究团队在设计 CPR 过程中肱动脉血流探测袖带时认为,心脏至肱动脉的纵向距离与心脏至大脑中动脉的纵向距离大致相同。有两项研究分别利用脉冲多普勒超声对人体肱动脉和大脑中动脉的血流动力学进行监测发现,肱动脉收缩期血流速度为 $0.4 \sim 0.9 \text{ m/s}$ ^[12],大脑中动脉收缩期血流速度为 $0.56 \sim 1.01 \text{ m/s}$ ^[13],两者收缩期血流速度相差不大。因此,研究团队认为肱动脉血流可能是有效反映颅内动脉血流动力学的重要监测窗口,对反映 CPR 期间大脑组织灌注与患者自主循环状态可能有一定的参考价值。

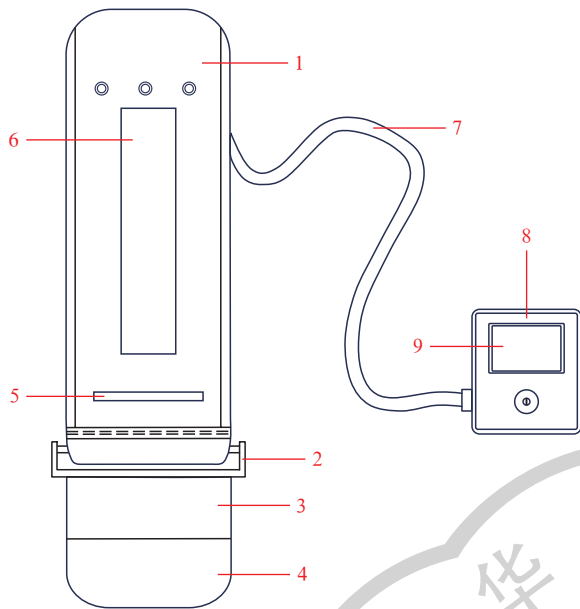
此外,需要关注的是,OHCA 院前救治过程中高效、精准的 CPR 质量监测一直是难点。目前对于院前转运途中患者循环状态的评估仍以颈动脉搏动识别为主,施救者往往受到路面条件、车辆加减速或转弯等因素的干扰而不能保持身体平衡,给医疗团队精准、快速识别患者循环状态带来了更多的困难^[14]。除此之外,受车辆运行颠簸的影响,对颈动脉血流触诊识别的准确性大大下降。在院前急救抢救过程中,救治人力资源及环境条件均受限,循环监测设备欠缺。因此,亟需一种可快速连接、可读性强、可准确反映患者重要器官组织灌注情况的设备的设计与提出,以协助 OHCA 患者院前持续高质量救治。

以血压监测袖带为代表的车载生命体征监测设备是院前急救环节的常用设备之一。CPR 过程中肱动脉血流监测袖带的设计有望与血压计监测袖带进行集成同步设计开发,可用于心搏骤停患者院前救治期间复苏质量及无创血流动力学监测的无创辅助血流监测,也可满足 CPR 期间快速识别自主循环恢复的需求。

2 CPR 过程中肱动脉血流探测袖带的基本结构

CPR 过程中肱动脉血流探测袖带采用魔术贴结合搭钩的双重固定方式。气囊 (图 1-1) 下端通过固定件 (图 1-2) 固定连接有粘接带 (图 1-3),粘接带下端正面设有魔术贴公面 (图 1-4),气囊的背面设有魔术贴母面,且魔术贴公面与魔术贴母面粘合连接,气囊的正、背面上半部均固定连接有搭钩 (图 1-5)。这种双重固定的安全、稳定性设计,能够确保袖带在院前急救过程中稳妥固定。

袖带的肱二头肌侧设有长程柔性方形超声血流测量探头 (图 1-6),气囊上端侧部通过导气信号导联管 (图 1-7) 与超声信号接收器 (图 1-8) 固定连接,信号接收器上端设有信号显示屏 (图 1-9),且超声血流测量探头通过导气信号导联管与信号接收反馈装置连接。



注: 1 为气囊, 2 为固定件, 3 为粘接带, 4 为魔术贴公面, 5 为搭钩, 6 为超声血流测量探头, 7 为导气信号导联管, 8 为超声信号接收器, 9 为信号显示屏

图 1 心肺复苏过程中肱动脉血流探测袖带的结构示意图

3 CPR 过程中肱动脉血流探测袖带的使用方法

CPR 过程中使用肱动脉血流探测袖带时, 可通过袖带的位置指示点与患者上臂肘关节窝确定袖带位置后, 围绕肱动脉进行环绕固定。与常规血压袖带一样, 通常选取肘部上方 2~3 cm 处进行环绕固定。袖带气囊通过加压管道实现气囊充气放气并获得患者无创血压, 同时长程超声多普勒探头获得患者肱动脉位置血流信号, 测得患者的肱动脉处血流速度波形、血流速度峰值、肱动脉血流速度时间积分 (brachial velocity time integral, braVTI) 等相关血流动力学参数, 通过计算公式及校正函数获得患者预估心排量、心排血指数, 指导患者在院前急救阶段的循环支持。

上述使用过程使得肱动脉血流探测袖带具备直接探测患者大动脉血流信号的功能, 同时信号集成于终端信号显示屏, 直接以图像形式反馈给临床医师, 以指导临床医师在抢救心搏骤停患者过程中调整胸外按压动作, 实现院内外胸外按压抢救操作规范性。

4 CPR 过程中肱动脉血流探测袖带的优点

4.1 CPR 过程中肱动脉血流探测袖带原理结构简单, 便于临床转化: CPR 过程中肱动脉血流探测袖带不仅能够无创监测心搏骤停患者 CPR 期间复苏质量, 反映大动脉循环情况, 而且该设备应用简单, 易于推广。肱动脉血流探测袖带与现有设备的集成化设计, 有助于设备的临床转化, 在原有常规监护仪中无创血压袖带的基础上, 结合超声血流探测技术进行改进, 利用血流显像原理, 通过超声波在组织中的传播和反射来测量血流速度及方向, 有助于设备的临床转化。

4.2 CPR 过程中肱动脉血流探测袖带监测技术常见, 便于临床应用: 常规监护仪中的无创血压袖带通过振荡法无创间接测量血压^[15], 利用袖带阻断动脉血流, 在慢速放气过程

中, 检测源于血管壁的搏动振荡波包迹, 并找出包迹与动脉血压之间的固有关系, 达到测量血压的目的^[16]。不同于常规监护仪中的血压袖带, CPR 过程中肱动脉血流探测袖带利用超声血流信号, 通过常规高频彩色多普勒超声结合平面波超敏感血流显像技术, 从而监测肱动脉血流动力学状态, 为 CPR 质量评价及自主循环恢复识别提供循证医学依据^[17]。肱动脉血流探测袖带通过探头探测肱动脉血流信号, 在显示屏上显示血流频谱波形图像, 基于肱动脉血流波形快速识别自主循环恢复。血流超声数据可读性良好, 患者自主循环状态识别较为简单, 临床医师无需较长的学习曲线即可掌握。

4.3 CPR 过程中肱动脉血流探测袖带设计合理, 便于急救固定: 肱动脉袖带式设计是在原有常规袖带固定用魔术贴的基础上, 增加了气囊表面及背面搭钩再次固定。气囊背面的搭钩装置设有 4 个档位, 可根据患者上肢直径快速调整袖带搭钩安装位置, 以满足不同体型患者的需求, 从而有效地解决了以往 CPR 期间因为袖带固定不稳或不牢固而影响检测效果的情况。双重固定的设计也便于在急诊急救转运过程中应用, 协助院前急救医生开展心搏骤停抢救工作。

4.4 CPR 过程中肱动脉血流探测袖带探测范围广, 便于快速使用: 当患者在颠簸状态下接受脉搏评估时, 可能因抢救时间紧迫、患者上肢姿势摆放不到位而无法快速通过触摸获取肱动脉搏动位置, 从而耽误抢救时间。将血流测量探头设计为长方形后, 在使用袖带对患者肱动脉进行环绕时, 探头可覆盖整个肘窝处, 即使因上肢姿势改变导致肱动脉位置变化, 也可在探头探测范围内, 能够有效避免因花费较长时间来确定肱动脉位置而影响后续抢救过程的进行。

5 讨论

心搏骤停是指心脏泵功能停止, 全身血流供应中断^[18], 心搏骤停后即刻全身组织血流灌注停止, 全身循环血氧浓度显著降低, 全身组织器官均处于缺血缺氧状态。开始 CPR 后通过心脏被动收缩与胸腔内压周期性变化, 前向血流及部分组织灌注部分恢复, 使得组织细胞能够通过低氧葡萄糖分解, 获得组织细胞存活最低需要量的三磷酸腺苷 (adenosine triphosphate, ATP)。随着自主循环和组织灌注的恢复, 缺血性血管床的再灌注也会触发一系列导致继发性组织损伤的机制。躯体各器官对于缺氧的耐受能力存在差异, 其中最为敏感的大脑皮质组织细胞不可逆的无氧缺血损伤阈值为 4~6 min^[19-20]。因此, 及时识别心搏骤停事件并给予及时的高质量 CPR, 对于改善此类患者的预后极为重要。

在院前急救及院内急诊环境下, 心搏骤停事件的及时准确识别与及时的高质量 CPR 往往给医疗团队带来较大挑战。当患者血压较低或测不出时, 即便训练良好的医务人员也常常会作出错误判断, 从而影响此类患者的及时救治^[21]。通过针对急诊室内颈动脉搏动识别对标 $P_{ET}CO_2$ 研究发现, 对危重症患者触诊颈动脉搏动的敏感度为 73.8%~96.9%^[22]。而该判断查体手段在院前急救环节中随着车辆颠簸、救治流程影响等多种因素引入, 可能导致敏感度下降, 继而影响患者救治预后。

CPR 过程中肱动脉血流探测袖带参照院前急救及医疗救治过程中常见的无创血压袖带设计,结合超声血流探测技术进行改进,通过常规高频彩色多普勒超声结合平面波超敏感血流显像技术,监测肱动脉血流动力学状态。通过简单操作即可将肱动脉血流探测袖带固定在患者上臂,随时监测患者肱动脉血流情况,反映患者周围灌注情况,从而及时识别心搏骤停或自主循环恢复,可有效避免抢救过程中因救治人力资源及抢救环境条件受限而无法及时识别患者已发生心搏骤停或抢救过程中已恢复自主循环的情况发生。

本项目组在前期基础调研过程中发现,心脏至肱动脉的纵向距离与心脏至大脑的纵向距离大致相同,且两者收缩期血流速度相差不大,因此肱动脉血流动力学状态可以反映颅内动脉血流动力学情况。肱动脉属于外周动脉系统,在 CPR 期间受胸外按压影响小,有望在 CPR 抢救过程中得到较为稳定的动脉超声血流信号。

近年来,人们越来越重视 CPR 过程中的组织灌注及血流动力学监测,虽然多项研究已经证明了血流动力学指标、 $P_{ET}CO_2$ 等可在复苏过程中作为判断自主循环恢复、评价施救者 CPR 质量和预测自主循环恢复可能性的方法,但其中大部分生理参数的监测需要侵入性操作或专用监测设备才能完成。上述有创、复杂的监测技术对于处在抢救室紧张复苏治疗过程中的心搏骤停患者来说难以及时获得应用,且对医生的监测数据及波形判读能力存在一定要求。CPR 过程中肱动脉血流探测袖带监测的血流动力学数据较为直观且可读性高,在一定程度上可以协助医疗团队迅速获得患者血流动力学状态,有助于解决院前急救过程中的判读困难问题。

本实用新型专利的不足之处在于,肱动脉因处于肘窝内侧较深位置,对血流信号探头要求较高,且肱动脉变异率在 9% 左右^[23]。因血管走行的变异性,可能无法快速确定肱动脉搏动位置获得肱动脉血流,从而对心搏骤停患者的救治造成一定的时间延误。目前本专利方案还停留在设计及模型制作阶段,尚缺乏高质量临床研究资料加以佐证,其实际临床监测效果尚未得到验证,还需通过临床试验等进行更深入的研究与推广。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 王颖宁:起草文章、论文修改;潘慧斌:对文章的知识性内容作批评性审阅、获取研究经费;嵇朝晖: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;黎咏麟:起草文章、图片制作与修改

参考文献

[1] EuReCa ONE Collaborators. EuReCa ONE-27 Nations, ONE Europe, ONE Registry: a prospective one month analysis of out-of-hospital cardiac arrest outcomes in 27 countries in Europe[J]. Resuscitation, 2016, 105: 188-195. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2016.06.004.

[2] Kudenchuk PJ, Sandroni C, Drinhaus HR, et al. Breakthrough in cardiac arrest: reports from the 4th Paris International Conference[J]. Ann Intensive Care, 2015, 5(1): 22. DOI: 10.1186/s13613-015-0064-x.

[3] Tsao CW, Aday AW, Almarzooq 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.

[4] 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.

[5] Aus-ROC Epistry Management Committee. The epidemiology of out-of-hospital cardiac arrest in Australia and New Zealand: a binational report from the Australasian Resuscitation Outcomes Consortium (Aus-ROC)[J]. Resuscitation, 2022, 172: 74-83. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2022.01.011.

[6] BASIC-OHCA Coordinators and Investigators. Incidence, process of care, and outcomes of out-of-hospital cardiac arrest in China: a prospective study of the BASIC-OHCA registry[J]. Lancet Public Health, 2023, 8(12): e923-e932. DOI: 10.1016/S2468-2667(23)00173-1.

[7] 龚峥, 赵桑, 李燕春, 等. 心肺复苏反馈装置对复苏按压质量考核的影响[J]. 中华急诊医学杂志, 2018, 27(2): 183-187. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2018.02.0153.

[8] 袁全, 王澄, 秦杰, 等. 脉搏血氧波形衍生参数对心肺复苏质量的评估价值研究[J]. 中华急诊医学杂志, 2022, 31(3): 364-367. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2022.03.018.

[9] 李晨, 徐军, 付阳阳, 等. 高级气道建立对心肺复苏质量指数评估心肺复苏预后的影响[J]. 中华急诊医学杂志, 2020, 29(2): 257-261. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2020.02.0028.

[10] 李晨, 徐军, 韩飞, 等. 基于脉搏血氧波形识别心肺复苏中自主循环恢复的研究[J]. 中华危重病急救医学, 2015, 27(3): 203-208. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.03.009.

[11] 蒋堂兴, 徐凤阳, 蒋丽军, 等. 心肺复苏中恢复自主循环的识别及预测方法的研究进展[J]. 中华医学杂志, 2023, 103(31): 2460-2464. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20230120-00118.

[12] 涂远荣, 李旭, 林敏, 等. 肱动脉血流动力学和掌温检测在胸交感神经干切除术中的临床意义[J]. 中华胸心血管外科杂志, 2006, 22(6): 369-370. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-4497.2006.06.005.

[13] 蔡俊颖, 董强, 付建辉. 经颅多普勒超声动态评价他汀类药物对脑血流影响[J]. 中华内科杂志, 2008, 47(4): 288-290. DOI: 10.3321/j.issn:0578-1426.2008.04.009.

[14] 郭晋平, 冯顺易, 王博, 等. 在救护车上采用保持施救者身体平衡固定架对心搏骤停患者 CPR 的影响: 一项前瞻性随机对照研究[J]. 中华危重病急救医学, 2017, 29(10): 940-942. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.10.016.

[15] 李天钢, 卞正中. 监护仪中振荡法无创血压测量方法的研究[J]. 中国医疗器械杂志, 2003, 27(4): 244-246. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7104.2003.04.004.

[16] 刘新平, 王爱芹, 袁芳, 等. 无创血压袖带缠绕方向和位置对血压测量的影响[J]. 国际医药卫生导报, 2012, 18(3): 382-384. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-1245.2012.03.033.

[17] 谭雪艳, 岳文胜, 陈思思, 等. 健康成人上肢肱动脉-指端微循环的血流动力学梯度变化研究[J/CD]. 中华医学超声杂志(电子版), 2021, 18(2): 193-198. DOI: 10.3877/cma.j.issn.1672-6448.2021.02.013.

[18] Link MS, Berkow LC, Kudenchuk PJ, et al. Part 7: adult advanced cardiovascular life support: 2015 American Heart Association guidelines update for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care[J]. Circulation, 2015, 132(18 Suppl 2): S444-S464. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000261. Erratum in: Circulation, 2015, 132(24): e385. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000347.

[19] White BC, Wiegstein JG, Winegar CD. Brain ischemic anoxia. Mechanisms of injury[J]. JAMA, 1984, 251(12): 1586-1590.

[20] International Liaison Committee on Resuscitation. Improving outcomes after post-cardiac arrest brain injury: a scientific statement from the International Liaison Committee on Resuscitation[J/OL]. Circulation, 2024 (2024-06-27) [2025-01-05]. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38934122. DOI: 10.1161/CIR.0000000000001219. [published online ahead of print].

[21] 石波, 张莉, 曹阳, 等. 院前急救全程心电图监测的概念及实现[J]. 中国医疗器械杂志, 2017, 41(5): 349-352. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7104.2017.05.010.

[22] Yilmaz G, Bol O. Comparison of femoral and carotid arteries in terms of pulse check in cardiopulmonary resuscitation: a prospective observational study[J]. Resuscitation, 2021, 162: 56-62. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2021.01.042.

[23] 张勇, 张富兴. 单侧肱动脉双干型变异一例[J]. 解剖学杂志, 2018, 41(2): 前插 1. DOI: 10.3969/j.issn.1001-1633.2018.02.036. (收稿日期: 2025-03-03)

(本文编辑: 孙茜)