

Overview of the Application and Practical Effectiveness of Pre-hospital Cardiac Arrest First-aid Techniques

An Yan

Chongqing Emergency Medical Center, Chongqing, 400014, China

Abstract

Objective: To sort out the latest advancements in pre-hospital emergency treatment techniques for cardiac arrest, evaluate their practical effects in enhancing patient survival rates and improving prognosis, and provide a reference for optimizing emergency practice. **Methods:** Using keywords such as “cardiac arrest”, databases including PubMed and CNKI were searched. Relevant literature was collated and analyzed. **Results:** Pre-hospital emergency treatment is crucial for the treatment of cardiac arrest, and its timeliness and effectiveness influence patient outcomes. Rapid diagnostic techniques contribute to early identification and etiological diagnosis. Airway management, cardiopulmonary support, etc., can correct pathophysiological changes. High-quality cardiopulmonary resuscitation (CPR) is the foundation. Emerging technologies and strategies improve the resuscitation effect. Standardized transportation is a prerequisite for subsequent treatment. A mature emergency system can increase the survival rate and improve neurological function. **Conclusion:** Rapid diagnosis, standardized treatment, high-quality CPR, and efficient transportation are the core. It is recommended to strengthen technological innovation, optimize processes, enhance personnel capabilities, and increase the popularity rate of public emergency knowledge, so as to improve emergency efficiency and patient prognosis.

Keywords

cardiac arrest; pre-hospital emergency care; cardiopulmonary resuscitation; survival rate; emergency education

院前心脏骤停急救技术的应用与实践成效概览

颜安

重庆市急救医疗中心, 中国·重庆 400014

摘要

目的: 梳理心脏骤停院前急救技术的最新进展, 评估其在提升患者生存率、改善预后方面的实际效果, 为优化急救实践提供参考。**方法:** 以“心脏骤停”等为关键词, 检索PubMed、中国知网等数据库, 整理相关文献并分析。**结果:** 院前急救是心脏骤停救治的关键, 其及时性和有效性影响患者结局。快速诊断技术有助于早期识别和病因诊断, 气道管理、心肺支持等能纠正病理生理改变, 高质量心肺复苏是基础, 新兴技术和策略提高复苏效果, 规范转运是后续治疗前提, 成熟急救体系可提高生存率和改善神经功能。**结论:** 快速诊断、规范处置、高质量心肺复苏和高效转运是核心, 建议加强技术创新、优化流程、提升人员能力和公众急救知识普及率, 以提高急救效率和患者预后。

关键词

心脏骤停; 院前急救; 心肺复苏; 生存率; 急救教育

1 引言

1.1 研究背景

心脏骤停 (cardiac arrest, CA) 在中国的发生率明显增加, 多年前的数据显示, 中国每年约有 54.4 万人发生心脏骤停, 且此数据近年来呈增长趋势, 但国内的紧急医疗服务 (emergency medical service, EMS) 团队水平远不及世界发达国家整体水平¹。心脏骤停的发生, 其心电图 (electrocardiogram, ECG) 大多表现为心室颤动 (ventricular fibrillation, VF) 和无脉性室性心动过速 (pulseless

ventricular tachycardia, pVT), 部分表现为心室停搏 (asystole) 和无脉性电活动 (pulseless electrical activity, PEA)。最新研究表明, 对于院外心脏骤停 (out-of-hospital cardiac arrest, OHCA) 在 6min 内进行了首次电击除颤的患者中, 有 93% 的电击除颤能够成功终止 VF²。首次电击除颤在发生 OHCA 后每延迟 1min, 其电击除颤成功率将降低 6%²。每年有数以百万计的医护人员接受了基础生命支持 (basic life support, BLS) 或高级心血管生命支持 (advanced cardiovascular life support, ACLS) 培训, 目标是提高和改善 OHCA 和院内心脏骤停 (in-hospital cardiac arrest, IHCA) 患者的生存率和预后, 虽然各医疗机构乃至急救相关培训机构常开展复苏相关培训, 但介于各机构的授课理念差异, 授课导师水平参差, 学员的学习目标不一致, 以致

【作者简介】颜安 (2001-), 男, 中国四川广安人, 从事院前急救、心血管急救研究。

学员经常达不到预期的表现结果,导致所学习的复苏技能常不能有效转化为可实际用于患者的临床技能³。早期识别和及时高质量的院前急救技术对挽救 OHCA 患者的生命至关重要。近年来,随着急诊医学的快速发展和院前急救体系的不断完善,一系列新的院前急救技术和策略得到了推广和应用。如自动体外除颤器(automated external defibrillator, AED)的普及、院前 12 导联体表心电图的捕获、急救人员院前循环系统及呼吸系统评估能力的提高,以及以“重庆市急救医疗中心”为例开展的视频 120 呼叫功能等新策略的推广,这些举措极大地提升了 OHCA 的救治质量及效率。

1.2 综述的目的及重要性

尽管院前急救技术取得了长足进步,但 OHCA 患者的总体预后仍不容乐观。如何进一步优化院前急救流程,提高 OHCA 患者的生存率及自主循环恢复(Return of Spontaneous Circulation, ROSC)后的生存质量,仍是急诊医学领域亟待解决的重大课题。本文旨在系统梳理心脏骤停救治中院前急救技术的最新进展,重点介绍快速诊断策略、心脏骤停病因识别与针对性处置、院前循环支持技术、CPR 新策略以及转运流程优化等方面的新进展,并评估这些技术在改善 OHCA 患者预后方面的实际效果。同时,本文还将对未来研究方向提出建议,通过系统的文献检索和深入的分析讨论,本综述希望能为院前急救实践提供循证依据,为未来研究指明方向,最终促进 OHCA 急救水平的整体提升。

2 院前急救技术的最新应用

2.1 快速诊断技术

心脏骤停的诊断需要快速、准确,每一分钟的延误都可能带来不可逆转的后果。传统的诊断方法如病史采集、体格检查和十二导联心电图检查等在院前环境中往往受到时间、设备和空间限制(包括但不限于现场空间环境、院前人文因素等),以至于难以充分实施。近年来,随着医疗设备的小型化、便携化以及通讯技术的进步,一些新的快速诊断技术在院前得到广泛应用。例如,便携式超声设备可以帮助急救人员快速筛查心脏结构性问题和(或)与其相关的功能异常,如心包填塞、主动脉夹层、肺栓塞等需要特殊处置的病因。而心肌损伤标志物快速检测技术如高敏心肌肌钙蛋白(highsensitivity cardiac troponin, hs-cTn)、肌红蛋白(myoglobin, MYO)、心肌酶谱等指标的即时检出,可以帮助鉴别患者是否因心源性猝死或因其他原因所致意识丧失。同时,十二导联心电图检查也日益普及,通过心电图机与心脏骤停中心(cardiac arrest center, CAC)远程联网,院前急救人员可在极短时间内与院内专家开展远程多学科会诊(Multi-Disciplinary Treatment, MDT),极大提高了诊断的准确性,提供了更丰富的救治策略。总之,新兴快速诊断技术的应用极大地弥补了院前即时诊断的盲区,为后续治疗决策及临床路径提供了关键依据。

2.2 心脏骤停可能的诱因

心脏骤停可由多种原因引起,如冠心病、心律失常、心肌病、电解质紊乱、心脏结构或功能异常,以及创伤、出血、感染、中毒等全身性疾病。而症状的表现往往缺乏特异性,仅凭体征难以鉴别。大部分 OHCA 患者可能由心血管相关疾病引起,例如急性冠脉综合征(acute coronary syndromes, ACS)。ACS 是指冠状动脉内不稳定的粥样硬化斑块破裂或糜烂继发新鲜血栓导致的心脏急性缺血综合征,其包括 ST 段抬高型心肌梗死(ST elevation myocardial infarction, STEMI)、非 ST 段抬高型心肌梗死(non-ST elevation myocardial infarction, NSTEMI)和不稳定性心绞痛(unstable angina, UA)。其中 NSTEMI 和 UA 合称非 ST 段抬高型急性冠脉综合征(NSTE-ACS)。院前 hs-cTn 检测技术的应用替代心肌肌钙蛋白,增加了心肌梗死的检出率。急救人员需要尽可能收集与心脏骤停相关的临床信息,并进行综合分析。例如有心绞痛病史、ECG 提示 ST 段抬高的患者,应高度怀疑 ACS;再如有药物过量病史的患者,应注意寻找中毒相关线索;而创伤患者则应警惕低血容量性休克、气胸等可能。总之,院前识别心脏骤停的诱因需要扎实的理论知识和丰富的临床经验,这对于后续的针对性处置至关重要。

2.3 引起心脏骤停相关疾病的院前处置

在明确可能导致心脏骤停诱因的基础上,院前急救人员还需要给予针对性的处置,以阻止病情进一步恶化,为后续抢救赢得宝贵时间。对于非创伤性胸痛的成年患者,给予阿司匹林 162 ~ 325mg 咀嚼并吞服是合理的,该剂量的阿司匹林可改善心肌梗死患者的存活率⁴。对于急性心力衰竭的患者可能引起心脏骤停,则需要快速给予利尿剂、血管扩张剂、强心剂等综合治疗,必要时还需要进行无创辅助通气或给予有创呼吸机进行机械通气。对于肺栓塞的病人可能引起心脏骤停,则需要及时抗凝、溶栓等治疗。而主动脉夹层的病人可能引起心脏骤停,需要快速将心率、血压控制在合理的范围,以降低主动脉血管壁的张力,可以择情选择 α 受体拮抗剂、 β 受体阻滞剂、血管紧张素转换酶抑制剂(Angiotensin-Converting Enzyme Inhibitors, ACEI)、钙通道阻滞剂等药物。对于低血容量性休克的病人可能引起心脏骤停,及时补充血容量是首要措施,可选择晶体溶液、胶体溶液或血液制品等。总之,院前环境下对可能诱发 OHCA 的不同病因进行及时准确的针对性处置可最大程度减缓病情发展,为院内的后续治疗创造良好条件。

2.4 紧急药物治疗

院前急救药物的合理应用可直接影响 OHCA 患者的预后。盐酸肾上腺素注射液是 OHCA 和 IHCA 的首选血管活性药物,其 α 受体激动剂的作用可以通过收缩外周血管,提高冠脉灌注压和脑灌注压,维持重要器官功能;而其 β 受体激动剂的作用则可以增加心肌收缩力,改善心排血量。

据《美国心脏协会心肺复苏及心血管急救指南》，成人发生心脏骤停，尽早使用肾上腺素 1mg，且每 3 ~ 5min 重复给药一次，可显著提高心脏骤停患者的自主循环恢复 ROSC 率⁵⁻⁷。对于一些恶性室性心律失常如 VF、pVT、PEA 和心室停搏等，胺碘酮和利多卡因是首选的抗心律失常药物，在 VF 和 pVT 心律中可提高除颤成功率。欧洲复苏委员会（European Resuscitation Council, ERC）建议在三次除颤后给予胺碘酮 300mg，在五次除颤后再给予胺碘酮 150mg，也可在此额外给予利多卡因 50mg；利多卡因 100mg 可作为没有胺碘酮时的替代药物⁷。而对于窦性心动过缓或房室传导阻滞（atrioventricular block, AVB）则可选用阿托品或异丙肾上腺素等药物。在使用这些急救药物的同时，还需要密切监测患者血压、心率、心律、呼吸等生命体征变化，关注患者主诉，根据实际情况调整给药种类、给药方式和给药剂量等。

2.5 高质量心肺复苏

成人心脏骤停的生存康复结果取决于一个复杂急救体系的协作效率，体系内成员的团队调动能力决定了是否能为患者争取到最佳的救治结果。《2020 美国心脏协会心肺复苏及心血管急救指南》关于按压分数（chest compression fraction, CCF）的建议指出：在成人心脏骤停进行复苏时，CCF 至少达到 60% 可能是合理的（COR 2b, LOE C-LD）⁸。EMS 人员完成高质量 CPR（胸外按压深度至少 5cm、按压频率 100 ~ 120 次/min、CCF 至少达到 60%、每次胸外按压使胸廓完全回弹、人工呼吸的通气量 500 ~ 600ml 以及胸外按压间断时间不超过 10s 等）和使用 AED 的效率影响着救治成功率。

成人心脏骤停生存链的重点是优化事件终点所需的关键步骤，这种方法认识到大多数成人心脏骤停是心源性的，特别是心肌梗死（myocardial infarction, MI）。然而，非心源性的心脏骤停（如呼吸衰竭、中毒、肺栓塞、触电或溺水）也很常见。在这种情况下，尽早寻找可逆的潜在病因并及时治疗，对患者的生存率及复苏后生存质量相当重要^{5,8,9}。

当患者发生心脏骤停时，可表现为无呼吸（胸廓没有明显起伏），也可表现为特殊的异常呼吸状态，此呼吸是缓慢的、不规则的喘息。非 EMS 人员用各种术语来描述这种异常呼吸，包括呼吸异常、打鼾式呼吸或喘息、濒死叹息样喘息等^{6,8,9}。据报道，高达 40% 至 60% 的 OHCA 患者存在呼吸暂停¹⁰。呼吸暂停被认为是非 EMS 人员误诊患者没有发生心脏骤停的常见原因。对于无反应、无呼吸或上述呼吸异常的患者，非 EMS 人员应假设患者发生了心脏骤停^{8,9,11}，然后寻求帮助并立即开始 CPR。对 OHCA 患者进行 CPR 的获益远大于对无意识但没有发生心脏骤停患者进行 CPR 的任何潜在风险⁸。CPR 可使 OHCA 患者的生存率提高 2-3 倍⁸。评估患者的反应和呼吸已被证明可以快速识别出相当大比例的 OHCA 患者，从而允许立即启动非 EMS 人员的 CPR。

一些新的 CPR 技术和救治策略应运而生，强调持续、高质量 CPR 的重要性。研究发现，胸外按压过程中的任何中断都会导致冠脉灌注压迅速下降，而即使是最短暂的中断，其负面效果也可能持续数分钟之久。

据相关报道，接受了旁观者 CPR 加早期进行除颤的 OHCA 患者，其存活率增加了一倍以上¹²。但接受了旁观者 CPR 的 OHCA 患者的数量仅有 10%~65%。¹³

此外，很少有关于评估提高 IHCA 患者早期识别的培训项目的研究。一项关于“急性危及生命事件的识别和治疗（Acute Life-Threatening Events Recognition and Treatment, ALERT）”过程的多中心研究改进了医务人员的响应流程并从中获益¹⁴，通过模拟训练方案，让急救团队在高压环境中提高应急反应速度，也大幅提前了 IHCA 患者进行首次除颤的时间。

尽管心肺复苏及心血管急救指南不断更新发展，复苏教育部分不断提出新的教育理念和实践方法，但 OHCA 患者接受旁观者 CPR 的比例仍然极低。在一项随机试验中，调度员使用特定网络通知发生 OHCA 地点附近的 EMS 人员，虽然很少有患者最终从该系统派出的志愿者那里接受了 CPR，但由旁观者发起 CPR 的比例（62%）高于系统通知下发起的 CPR 比例（48%）¹⁵。在可能的情况下，地方采用网络技术，召集愿意并能够实施 CPR 的救援人员，为疑似发生 OHCA 的患者提供支持，这可能是合理的。（Class IIb, LOE B-R）¹¹

3 院前急救技术的实践成效评估

3.1 提高心脏骤停患者生存率的效果

近年来，随着院前急救技术的不断进步，心脏骤停患者的生存率得到了显著提高。一项针对美国心脏骤停登记处（CARES）数据库的研究发现，从 2005 年到 2012 年，OHCA 患者的院前 ROSC 率从 7.4% 提高到 11.4%，出院存活率从 3.8% 提高到 8.5%。这主要归因于院前早期除颤、高质量 CPR 等关键技术的普及和优化。尽管近年有所进展，仍只有不到 40% 的成人接受由非 EMS 人员启动的 CPR，而仅有不足 12% 的成人在 EMS 到达之前接受了 AED 除颤³。

尽管院前急救技术日趋进步，但心脏骤停患者的总体预后仍不乐观。OHCA 患者的出院存活率不足 10%，而 IHCA 患者的存活率也仅为 20%~30%。这提示我们，现有急救技术的推广尚不均衡，规范化应用有待进一步加强。同时，对于一些特殊情况引起的心脏骤停，如创伤、中毒、低体温、肺栓塞等引起的心脏骤停，现有的常规院前处置流程可能并不完全适用，有必要针对不同病因制定个体化的急救策略⁴。例如，对于严重低体温患者，应避免过度搬动，四肢不应使用热源、摩擦或进行按摩，以防止致命性心律失常的发生。一项模拟研究描述了与核心温度有关四肢循环的作用，该研究发现，加热四肢并促进四肢的冷血液静脉回

流,可能会导致复温后的核心温度下降,此研究已在小型人体志愿者实验中得到证实。此外,院前急救的时间窗非常有限,很多濒死期或临床死亡期患者往往因为错过了最佳抢救时机而最终死亡。因此,进一步优化院前急救流程,提高 EMS 人员救援质量,加强 EMS 人员团队调动能力,建立更快速、更高效的院前急救网络,仍是今后努力的重点。

3.2 减少并发症

除了常见并发症外,一些罕见而致命的并发症,如心包填塞、张力性气胸等,也不容忽视。这些并发症往往起病隐匿却进展迅速,一旦确诊,通常需要立即采取手术干预。而院前便携超声设备的检查可以帮助急救人员尽早识别一些威胁生命的急症,从而争取宝贵的抢救时间。例如,对于创伤因素引起心脏骤停的患者,超声检查可以快速且准确地发现心包填塞,指导 EMS 人员立即进行现场心包穿刺引流等抢救措施。事实上,随着院前急救技术的普及,越来越多严重的隐匿性并发症得以在院前阶段被及时诊断和处置,大大提高了患者的救治成功率。

总的来说,OHCA 患者并发症的预防工作是一个系统工程,需要从院前急救的各个环节入手,包括启动 EMS 时机、EMS 人员到现场前已有的处置、首次医疗接触(first medical contact, FMC)时间,病情初步评估与诊断、现场处置决策、规范操作、设备准备、人员培训、急救人员团队调动等。只有建立科学、完善、高效的院前急救并发症防治体系,才能最大限度减少并发症的发生,改善 OHCA 患者的整体预后。

3.3 其他相关效果评估

院前急救技术的进步还带动了急救相关学科的发展。例如,院前医学作为一门新兴学科,随着院前急救实践的深入而不断完善。在院前医学的带动下,院前急救医疗设备、急救医疗信息系统、院前急救质控体系等也随之进步。与此同时,院前急救技术的创新还促进了“院前—院内一体化急救模式”的形成。在这一模式下,OHCA 患者在救治体系中达成院前与院内的无缝衔接,院前及院内的急救资源配置得到优化,急救信息实现共享互通,整个急救过程更加高效、流畅,患者的获益也更加明显。

当然,对院前急救技术的效果进行专业评估还需要考虑许多其他因素,如患者的人口学特征、人文因素、院前急救的地域差异、院前急救设备以及急救 EMS 人员的救治水平等。这需要开展大规模、多中心的临床研究,深入分析院前急救的多维效应,为制定急救策略和优化急救流程提供更加有力的循证依据。只有在科学评估的基础上不断改进院前急救实践流程,才能真正实现院前急救质量的持续提升,惠及更多急危重症患者。

4 总结与展望

4.1 院前急救技术应用与实践的总结

综上所述,院前急救技术是 OHCA 救治中的关键环节,

其质量和效率直接关系患者生存与否。随着医疗技术和信息化发展的进步,一系列新的院前急救理念、技术及策略不断涌现。如院前快速诊断流程、针对性病因的处置、高质量 CPR、尽早进行电除颤、转运中进行持续且高效的抢救措施等,极大地提升了院前急救水平。大量研究表明,规范化、精细化的院前急救技术,可以显著提高 OHCA 患者的生存率,改善神经功能预后,同时还能减少并发症,优化急救资源配置,产生巨大的社会和经济效益。

尽管如此,当前院前急救实践还面临诸多挑战。例如院前急救资源配置不均衡,偏远地区急救水平及急救教育水平相对滞后;院前急救教育体系尚不完善,医务人员实施急救技术的能力参差不齐;公众急救意识薄弱以及国内急救普及率较低,缺乏与专业急救的有效衔接;院前—院内急救协作机制有待进一步优化,信息共享和资源整合仍需加强;对于特殊病因、特殊人群的急救策略尚缺乏针对性指导,缺乏规范的个体化救治流程,个体化急救亟待深入探索。上述问题的解决方案有赖于院前急救相关学科的进一步发展,更需要社会各界的共同努力。

4.2 未来相关研究的建议

未来,院前急救技术的研究和实践还有很大的探索空间。首先,应加强院前急救新技术的基础与转化研究。例如,对特征性的表现进行人工智能辅助诊断等。远程心电监护、可穿戴式除颤设备等新技术已初露端倪,有望进一步提高院前急救的智能化、信息化水平。其次,应重视院前急救相关流程和个体化救治策略的优化研究。通过分析院前急救各环节的流程、时间、人力、物力、环境等关键要素,利用管理学、流程再造等理论方法,探索构建最优急救流程,形成可推广、可复制的院前急救策略,将极大提升国内院前急救救治效率。加强院前急救的循证研究和综合评估,通过前瞻性、多中心的临床研究,系统评估各种院前急救技术、药物、策略的有效性和安全性,并进行成本与获益分析,从而为制定院前急救个体化路径提供坚实有力的证据。最后,还要重视院前急救学体系、人才培养体系和急救教育体系的建设。加强院前急救专业的设置,完善院前急救培训和考核标准。不论是救治水平还是教育水平,建立与院内急救、重症医学等相关学科的协同机制,打造属于自己的高水平、多层次的院前急救人才队伍。

参考文献

- [1] 王立祥, 孟庆义, and 余涛 (2017). 2016中国心肺复苏专家共识. 中华灾害救援医学 5, 1-23. 10.13919/j.issn.2095-6274.2017.01.001.
- [2] Stieglis, R., Verkaik, B.J., Tan, H.L., Koster, R.W., van Schuppen, H., and van der Werf, C. (2024). Association Between Delay to First Shock and Successful First-Shock Ventricular Fibrillation Termination in Patients With Witnessed Out-of-Hospital Cardiac Arrest. Circulation. 10.1161/CIRCULATIONAHA.124.069834.
- [3] Cheng, A., Magid, D.J., Auerbach, M., Bhanji, F., Bigham, B.L.,

- Blewer, A.L., Dainty, K.N., Diederich, E., Lin, Y., Leary, M., et al. (2020). Part 6: Resuscitation Education Science: 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 142, S551-S579. 10.1161/CIR.0000000000000903.
- [4] Hewett Brumberg, E.K., Douma, M.J., Alibertis, K., Charlton, N.P., Goldman, M.P., Harper-Kirksey, K., Hawkins, S.C., Hoover, A.V., Kule, A., Leichtle, S., et al. (2024). 2024 American Heart Association and American Red Cross Guidelines for First Aid. *Circulation*. 10.1161/CIR.0000000000001281.
- [5] Olasveengen, T.M., Mancini, M.E., Perkins, G.D., Avis, S., Brooks, S., Castren, M., Chung, S.P., Considine, J., Couper, K., Escalante, R., et al. (2020). Adult Basic Life Support: 2020 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation* 142, S41-S91. 10.1161/CIR.0000000000000892.
- [6] Panchal, A.R., Berg, K.M., Hirsch, K.G., Kudenchuk, P.J., Del Rios, M., Cabanas, J.G., Link, M.S., Kurz, M.C., Chan, P.S., Morley, P.T., et al. (2019). 2019 American Heart Association Focused Update on Advanced Cardiovascular Life Support: Use of Advanced Airways, Vasopressors, and Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation During Cardiac Arrest: An Update to the American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 140, e881-e894. 10.1161/CIR.0000000000000732.
- [7] Soar, J., Perkins, G.D., Maconochie, I., Bottiger, B.W., Deakin, C.D., Sandroni, C., Olasveengen, T.M., Wyllie, J., Greif, R., Lockey, A., et al. (2019). European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation: 2018 Update - Antiarrhythmic drugs for cardiac arrest. *Resuscitation* 134, 99-103. 10.1016/j.resuscitation.2018.11.018.
- [8] <2020 AHA Guidelines Part 3: Adult Basic and Advanced Life Support.pdf>. 10.1161/CIR.0000000000000916Downloaded
- [9] Wyckoff, M.H., Singletary, E.M., Soar, J., Olasveengen, T.M., Greif, R., Liley, H.G., Zideman, D., Bhanji, F., Andersen, L.W., Avis, S.R., et al. (2022). 2021 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations: Summary From the Basic Life Support; Advanced Life Support; Neonatal Life Support; Education, Implementation, and Teams; First Aid Task Forces; and the COVID-19 Working Group. *Circulation* 145, e645-e721. 10.1161/CIR.0000000000001017.
- [10] Leigh-Smith, S., and Christey, G. (2006). Tension pneumothorax in asthma. *Resuscitation* 69, 525-527. 10.1016/j.resuscitation.2005.10.011.
- [11] Neumar, R.W., Shuster, M., Callaway, C.W., Gent, L.M., Atkins, D.L., Bhanji, F., Brooks, S.C., de Caen, A.R., Donnino, M.W., Ferrer, J.M., et al. (2015). Part 1: Executive Summary: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 132, S315-367. 10.1161/CIR.0000000000000252.
- [12] Sayre, M.R., Berg, R.A., Cave, D.M., Page, R.L., Potts, J., White, R.D., and American Heart Association Emergency Cardiovascular Care, C. (2008). Hands-only (compression-only) cardiopulmonary resuscitation: a call to action for bystander response to adults who experience out-of-hospital sudden cardiac arrest: a science advisory for the public from the American Heart Association Emergency Cardiovascular Care Committee. *Circulation* 117, 2162-2167. 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.189380.
- [13] Mozaffarian, D., Benjamin, E.J., Go, A.S., Arnett, D.K., Blaha, M.J., Cushman, M., de Ferranti, S., Despres, J.P., Fullerton, H.J., Howard, V.J., et al. (2015). Heart disease and stroke statistics--2015 update: a report from the American Heart Association. *Circulation* 131, e29-322. 10.1161/CIR.0000000000000152.
- [14] Spearpoint, K.G., Gruber, P.C., and Brett, S.J. (2009). Impact of the Immediate Life Support course on the incidence and outcome of in-hospital cardiac arrest calls: an observational study over 6 years. *Resuscitation* 80, 638-643. 10.1016/j.resuscitation.2009.03.002.
- [15] Ringh, M., Rosenqvist, M., Hollenberg, J., Jonsson, M., Fredman, D., Nordberg, P., Jarnbert-Pettersson, H., Hasselqvist-Ax, I., Riva, G., and Svensson, L. (2015). Mobile-phone dispatch of laypersons for CPR in out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 372, 2316-2325. 10.1056/NEJMoa1406038.