

# 胸部按压 CPR 与腹部提压 CPR

王立祥 宋维 张思森

100039 北京,武警总医院急救医学中心(王立祥);570311 海南海口,海南省人民医院

急诊医学中心(宋维);450003 河南郑州,郑州人民医院急诊与重症医学科(张思森)

通讯作者:王立祥,Email:wjjjwlx@163.com

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.12.001

**【摘要】** 腹部提压心肺复苏法(AACD-CPR)是对胸部按压禁忌证患者心肺复苏(CPR)的有效补充和延伸,是强化《2015 美国心脏协会心肺复苏与心血管急救更新指南》所强调的高质量 CPR 的有力保障,将二者互为补充相向而行,是落实《2016 中国心肺复苏专家共识》的具体行动,可谓是中国 CPR 智慧方案的重要部分。通过对以胸部按压为主的标准 CPR(STD-CPR)与 AACD-CPR 的产生缘由、作用机制、操作方法、环节应用等方面进行比较分析,为准确领悟 CPR 中胸部按压与腹部提压技术的精髓提供重要参考。

**【关键词】** 心搏骤停; 心肺复苏; 腹部提压; 胸部按压

**基金项目:** 全军医学科技“十二五”重点项目(BWS11J077); 武警总部课题(WZ2014003)

**Chest compression on CPR and active abdominal on CPR** Wang Lixiang, Song Wei, Zhang Sisen

Emergency Medical Center, Chinese Armed Police General Hospital, Beijing 100039, China (Wang LX); Emergency

Medical Center, Hainan Provincial People's Hospital, Haikou 570311, Hainan, China (Song W); Department of

Emergency and Critical Care Medicine, Zhengzhou People's Hospital, Zhengzhou 450003, Henan, China (Zhang SS)

Corresponding author: Wang Lixiang, Email: wjjjwlx@163.com

**【Abstract】** Chest compression cannot be effectively applied under certain situations, such as chest wall deformity, rib fracture, or hemopneumothorax. Active abdominal compression-decompression cardiopulmonary resuscitation (AACD-CPR) could reach better resuscitation outcomes in certain cardiac arrest (CA) patients. AACD-CPR can strengthen the high quality of cardiopulmonary resuscitation (CPR) in "2015 American Heart Association for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care update guide". The two methods can complement each other in opposite direction, and implement the "2016 national consensus on cardiopulmonary resuscitation on CPR in China", which is an important part of the wisdom to the Chinese CPR. In the article, we compared chest compression in standard single rescuer cardiopulmonary resuscitation (STD-CPR) and AACD-CPR with their aspects of the cause, mechanism, methods and application. We will provide an important reference about techniques of STD-CPR and AACD-CPR.

**【Key words】** Cardiac arrest; Cardiopulmonary resuscitation; Active abdominal compression-decompression; Chest compression

**Fund program:** Major Program of the Military Medical Science and Technology during the 12th Five-Year Plan Period (BWS11J077); Project of Chinese People Armed Police Forces (WZ2014003)

半个多世纪以来,以胸部按压为主的心肺复苏(CPR)一直延续至今,成为心搏骤停(CA)患者“起死回生”的主角<sup>[1-4]</sup>。源于实施传统的标准心肺复苏(STD-CPR)时受到胸外按压禁忌证限制,同时在实施 STD-CPR 过程中约 30%~80% 并发肋骨或胸骨骨折,骨软骨交界分离导致肺、胸膜及心脏损伤,从而限制了对 CA 患者高质量 STD-CPR 的实施,影响了 CPR 的成功率,如此种种,腹部提压心肺复苏法(AACD-CPR)应运而生<sup>[5-6]</sup>。随着近年来不断深入的临床研究与实践,对 AACD-CPR 和 STD-CPR 的缘由、机制、方法、应用等诸多方面进行深度解析与梳理,以期能够更加准确、辨证、全面地把握二者的“精髓”,互为补充相向而行提升临床 CPR 存

活率。

## 1 STD-CPR 与 AACD-CPR 的缘由

关于 CPR 胸外按压的起源最早可以追溯到 1 800 多年前,我国东汉名医张仲景在《金匱要略》中就提到对自缢者进行胸外连续按压的解救办法<sup>[7]</sup>。国外最早记载是在 1874 年,德国学者 Moritz Schiff 通过动物实验注意到用手挤压犬心脏时颈动脉会出现搏动现象;1901 年挪威学者 Kristian Igelsrud 通过开胸心脏按摩成功复苏了 CA 患者。胸外按压法由 Marshall Hall 于 1857 年提出,1861 年又经 Silvester 改为胸外按压胳膊抬举法。1878 年,德国学者 Boehm 通过动物实验证实胸外按压可能为体循环提供足够的血液,提示它是一种较开放性心脏

按摩更好的方法。1958年美国约翰·霍普金斯大学的Guy Knickerbocker与他的合作伙伴William Kouwenhoven等发现,当电极紧贴犬胸部时动脉压会升高,即对该动物进行了胸外人工挤压法并获得成功。Kouwenhoven等<sup>[8-9]</sup>发表论文阐述胸外人工挤压可以维持生命所必需的血液循环原理。至此,胸部按压成为STD-CPR的重要组成部分,与口对口呼吸法和体外电击除颤共同开启了现代CPR理论体系的新纪元。

在STD-CPR挽救生命的同时,我们不得不认清一个事实,那就是CA患者的复苏成功率依然很低,尤其是存活率更低。全球院外心搏骤停(OHCA)患者的总体存活率仍然不高,美国的神经功能良好率为10.8%,中国北京仅为1.0%<sup>[10-11]</sup>。究其原因,我们发现主要是患者在发生开放性胸外伤或心脏贯通伤、胸部挤压伤、胸部重度烧伤及严重剥脱性皮炎、食管破裂、气管破裂、主动脉缩窄、主动脉夹层、主动脉瘤破裂、张力性及交通性气胸、严重肺大泡和重度肺实变、复杂先天性心脏病、严重心包积液、心包填塞、某些人工瓣膜置换术、大量胸腔积液等情况时无法实施胸外按压<sup>[6, 12-14]</sup>。此外,在实施胸外按压时需要足够的力度(45~55 kg)和幅度(5~6 cm),在此按压条件下被救者极易发生肋骨骨折,骨折后继续按压则易导致骨折断端伤及肺脏和胸膜,同时使胸廓复张受限,难以保证标准的按压力度和幅度,从而影响CPR的效果。卢布尔雅纳法医研究所的研究人员通过尸检分析2 148例非创伤性CA患者复苏后胸部骨折的发生情况,结果显示,在胸外心脏按压后,男性和女性患者胸部骨折的发生率分别为86%和91%,其中胸骨骨折发生率分别为59%和79%,肋骨骨折发生率分别为77%和85%<sup>[15]</sup>。面对如此之多的禁忌证和高骨折率,STD-CPR的临床应用范围大大缩窄<sup>[16-17]</sup>。为挽救越来越多的CA患者我们不得不另辟蹊径,再寻良方。

STD-CPR存在局限性,单一的胸外按压方法不能满足临床需求<sup>[18]</sup>。我们的研究团队从临床实际问题出发,仔细研读典籍《金匱要略》,从“若已僵,但渐渐强屈之,并按其腹,如此一炊顷,气从口出,呼吸眼开,而犹引按莫置,亦勿苦劳之”<sup>[7]</sup>中得到启示,结合人体的生理解剖基础,创造性地提出AACD-CPR。“胸路不通走腹路”的AACD-CPR新途径应运而生<sup>[19]</sup>,目的是弥补胸外按压在STD-CPR中的不足,让存在胸外按压禁忌证的CA患者有更

多的被复苏机会。

## 2 STD-CPR与AACD-CPR的机制

最初,以胸外按压为基础的STD-CPR被认为是“心泵”机制发挥作用,即通过按压胸廓使位于胸骨和脊柱之间的心脏直接受到挤压,导致胸腔容积缩小而产生动力泵的作用,推动血液进入循环,从而维持机体功能<sup>[20]</sup>。然而之后有学者发现,对于心脏极易受压的连枷胸患者,无论怎样挤压胸骨,均无法测出动脉血压,但通过胸部约束带挤压胸骨时,可测得动脉血压;对于肺气肿患者的研究发现,其胸骨和脊柱的距离较大,按压时无法挤压到心脏,但CPR同样有效。至此,完全用“心泵”机制来解释复苏机制的理论受到质疑。到了20世纪80年代,有研究表明<sup>[21]</sup>:①加大胸腔内压力或腹部加压时,可增加胸内泵血流量;②食道超声心电图显示,胸外按压时二尖瓣、三尖瓣并未关闭;③胸外按压时,主动脉压与中心静脉压同时升高,从而研究者认为在胸外按压时心脏没有起到“心泵”的作用。继而,Rudikoff等<sup>[22]</sup>表明,当胸外按压胸骨中下部时,胸腔内压力上升,形成胸腔内外压力梯度而将血液从胸腔内推向胸腔外血管,使主动脉、左心室、上下腔静脉压力同时增高;胸外按压放松时,胸腔内压力下降,形成胸外与胸内的静脉压差,静脉管腔开放,驱动物血液从外周静脉返回心脏。这就是胸外按压的“胸泵”机制。

胸外按压时,“胸泵”机制发挥作用主要是基于按压胸骨时,由膈肌和胸廓组成的闭合胸腔内压力升高,压力均衡地传至胸内大血管,血液出现向前流动。那么对于有胸部外伤、胸肋骨骨折、血气胸、胸廓畸形、主动脉瘤等胸外按压禁忌证的CA患者,正常闭合的胸腔环境被打破,无法通过按压胸骨使胸腔形成足够的压力,STD-CPR的“胸泵”机制便无法正常实现。在胸外按压过程中若发生骨折,在极易刺破脏器的同时胸廓也难以充分回弹,胸腔内外压力梯度就很难建立。“胸泵”作用无法形成时,以胸外按压为基础的STD-CPR便无法发挥有效的复苏作用。我们的研究团队通过膈肌下抬挤压心脏发现,上移的膈肌可以直接挤压心脏增加心排血量的同时,还可使胸腔压力升高,形成胸腔内外压力梯度,维持有效循环<sup>[23]</sup>。从挤压膈肌可以改变胸腔内压力得到启示,结合人体的生理及解剖学基础,我们认为“腹泵”机制同样可以发挥促进循环的作用,AACD-CPR即被认为主要发挥“腹泵”机制<sup>[24-25]</sup>。

AACD-CPR的“腹泵”机制即为人体的胸腔与腹腔被胸腹之间的横膈分隔开,当提拉与按压腹部使腹腔内压力发生变化时,带动了胸腹之间的膈肌上下移动,继而改变胸腔内容积产生胸腔内外压力梯度,进而产生人工循环作用。腹部内脏器官容纳了1/4占比的全身循环血容量,在按压腹部过程中,下腔静脉回心血量增多;提拉时,冠状动脉(冠脉)灌注压增加。膈肌的上下移动可直接挤压心脏,增加心排血量发挥“心泵”作用;亦可使胸腔压力发生改变,膈肌下移时胸腔负压增大,利于空气进入肺部,膈肌上移时则利于肺部气体排出,起到人工呼吸功效的同时发挥“胸泵”作用<sup>[26]</sup>。腹部提压通过膈肌产生胸腹联动,即“腹泵”带动“胸泵”,并通过改变回心血量及膈肌抬挤心脏,即“腹泵”带动“心泵”,通过一系列联动作用,充分利用机体的结构功能达到维持机体的有效循环灌注,发挥心肺脑立体CPR救治,间接发挥了“胸泵”“心泵”机制,从而达到与STD-CPR异曲同工的效应。

### 3 STD-CPR与AACD-CPR的方法

从1966年全美复苏会议上诞生的STD-CPR,建议胸外按压与通气比为5:1,而后2000年《心肺复苏与心血管急救指南》推荐为15:2,2005年《心肺复苏与心血管急救指南》调整为30:2。在按压频率上,最早的胸外按压频率为60~80次/min,在2005年《心肺复苏与心血管急救指南》中明确为约100次/min,《2010美国心脏协会心肺复苏与心血管急救指南》中推荐为至少100次/min,《2015美国心脏协会心肺复苏与心血管急救更新指南》推荐为100~120次/min。按压深度最初为使胸骨下陷3~4 cm,1988年美国心脏协会(AHA)提出改为3.8~5.0 cm,在2005年《心肺复苏与心血管急救指南》中明确为4~5 cm,《2010美国心脏协会心肺复苏与心血管急救指南》推荐为至少5 cm,《2015美国心脏协会心肺复苏与心血管急救更新指南》推荐为5~6 cm。多次调整的胸外按压与通气比、胸外按压频率以及按压深度,目的就是充分增加胸腔内外压力差,为重要脏器提供有效的循环血容量。《2010美国心脏协会心肺复苏与心血管急救指南》<sup>[27]</sup>将以往的A—B—C—D抢救顺序调整为C—A—B—D,更是体现了这一目的。最新的《2015美国心脏协会心肺复苏与心血管急救更新指南》<sup>[28]</sup>中明确高质量CPR胸外心脏按压方法为:胸骨中下1/3处,用左手掌跟贴患者的胸部,两手

重叠,左手五指翘起,双臂伸直,用上身力量连续用力按压30次(按压频率为100~120次/min,按压深度为胸骨下陷5~6 cm,按压后保证胸骨完全回弹,胸外按压时最大限度地减少中断)。即便是高质量的CPR,依然存在只能单一建立循环而不能兼顾呼吸的缺陷,胸外按压人工循环终止后再给予人工通气,易导致通气与血流相脱节,通气/血流比例(V/Q)异常,影响肺内气体交换,不能保证CPR时的氧合;在临床实际中继发性CA多因窒息缺氧引发(如溺水、窒息、呼吸衰竭等),CA时氧储备可能已经耗尽,故更强调呼吸支持的重要性,单纯的STD-CPR无法满足患者的实际需求。同时,100~120次/min的按压频率和5~6 cm的按压深度极易导致患者胸肋骨骨折,影响整体复苏效果。面对如此之多的问题,AACD-CPR或许可为我们提供解决方法。

根据《腹部提压心肺复苏专家共识》<sup>[29]</sup>,AACD-CPR方法为:施救者采用由北京德美瑞医疗器械有限公司开发转化的具有自主知识产权的腹部提压心肺复苏仪(WL-1000),双手紧握腹部提压心肺复苏仪的提压手柄将提压板平放在被救者的中上腹部,提压板上方的三角形顶角放在肋缘和剑突下方,负压装置的开口与被救者的皮肤紧密接触,快速启动负压装置,使患者的腹部和提压板紧密贴合。施救者于患者侧方通过提压手柄以100次/min的频率连续交替向下按压与向上提拉,按压与提拉的时间比为1:1,向下按压时垂直用力,勿左右摆动,提拉时垂直向上均衡用力,按压力度控制在50 kg左右,提拉力度控制在30 kg左右<sup>[29]</sup>。AACD-CPR借助腹部提压心肺复苏仪进行CPR,可突破STD-CPR禁忌证及造成肋骨骨折的局限性,可协助呼吸肌运动保持良好的V/Q而弥补STD-CPR的缺陷<sup>[30]</sup>。

### 4 STD-CPR与AACD-CPR的应用

《2015美国心脏协会心肺复苏与心血管急救更新指南》中STD-CPR强调的高质量CPR包括快速、有力的按压;尽量减少按压中断;胸廓充分回弹;避免过度通气。其中胸外按压是CPR的关键,决定了整个CPR的质量。由于STD-CPR过程中胸肋骨骨折的发生率之高,施救者遇到此类CA患者时,将不能保证胸外按压的频率(100~120次/min)、胸外按压的深度(成人5~6 cm)及胸廓充分回弹,故无法产生最佳的冠脉灌注压(CPP),从而降低了STD-CPR的质量<sup>[6]</sup>。如何化解干扰临床实施高质量STD-CPR这一瓶颈,在相应的环境与条件下,

AACD-CPR 就成为了人们的选择。

AACD-CPR 更加巧妙地强化了 STD-CPR 的每一个环节,为实现高质量 CPR 奠定了基础<sup>[31-32]</sup>。

开放气道(airway, A):STD-CPR 只清除了呼吸道口腔的异物,忽视了下呼吸道中痰液、血块等异物的阻塞。用 AACD-CPR 为患者开放气道时,按压腹部使腹腔内压力上升致膈肌上移,增大胸腔内压力的同时,使气道压力瞬间加大,迅速产生较高的呼出流速排出气道和肺内储留的异物,产生海姆立克效应,帮助患者开通下呼吸道,配合清除口腔异物,畅通上下呼吸道。人工呼吸(breathing, B):STD-CPR 在单人进行 CPR 操作时,需按照更新的胸外按压与通气比 30:2 进行操作,吹气时,停止按压将导致血流量骤减,无法兼顾血液充分氧合。用 AACD-CPR 进行人工呼吸时,提拉与按压腹部促使膈肌上下移动,通过改变腹、胸腔内压力,促使肺部完成吸气与呼气动作,达到体外腹式呼吸的效应,以利于协助患者建立人工呼吸支持,充分提供氧合。同时,AACD-CPR 规避了过度通气(CA 患者 V/Q 所决定),亦可为继发性 CA 患者(呼吸肌麻痹)提供体外腹式呼吸支持。人工循环(circulation, C):STD-CPR 高质量的胸外按压强调按压深度,易导致胸肋骨骨折,不能保证胸部按压时胸廓的充分回弹以及快速有力的按压,无法产生最佳的 CPP,使 CPR 质量大打折扣。另外,STD-CPR 直接按压胸部时无法进行锁骨下动静脉穿刺、气管插管等相关操作,由于实施时需要暂停胸外按压而影响 CPR 的质量。用 AACD-CPR 进行人工循环时,胸腹联合提压进行复苏,提拉与按压腹部可驱使动静脉血液回流增加,尤其是增加腹主动脉压的同时,提高了 CPP(约 60%),增加了心排血量,建立更有效的人工循环,配合传统 CPR 中的人工循环支持,腹部操作对上身的穿刺、气管插管等其他相关操作影响较小,充分提供血容量并提高了协同配合效率。体外除颤(defibrillation, D):STD-CPR 需停止按压才能实施体外电除颤。用 AACD-CPR 进行体外电除颤时则不需要停止按压,不影响腹部提压操作,充分为复苏赢得了宝贵时间<sup>[29]</sup>。

当 CA 患者无胸外按压禁忌证时,可协同运用 AACD-CPR 和 STD-CPR 技术。AACD-CPR 在 STD-CPR 的抢救环节上逐一进行了加强,最大限度地提高了 CPR 的效率和效果。当 CA 患者存在胸外按压禁忌证时,可运用 AACD-CPR 方法开放气

道、协助呼吸、建立循环、放置电极贴片除颤而不需要停止按压,均能在与“死神”抗争、与时间赛跑上发挥作用。

现代 CPR 经过 50 余年的探索与发展,院内 CPR 患者的自主循环恢复(ROSC)率虽有提高,但出院存活率仍不理想<sup>[33]</sup>。究其原因:一是胸外按压的局限性(如胸外按压禁忌情况);二是胸外按压的缺陷性(如胸外按压并发胸肋骨骨折);三是胸外按压的片面性(如胸外按压不能兼顾循环和呼吸)。从最新的《2015 美国心脏协会心肺复苏与心血管急救更新指南》证据评价来看,其所使用的建议级别和证据水平中仅 1% 基于最高证据水平支持,最低证据水平支持占 69%<sup>[28]</sup>。AACD-CPR 方法汲取了中华民族五千年文明的精华,立足于现实,结合我们团队数十载的临床知识积累,从具体实践中而来,突破了 STD-CPR 的局限性、弥补了 STD-CPR 的缺陷性,为 CA 患者开拓出了更多的 CPR 新途径,以期联合胸外 CPR 更大程度上提高患者出院存活率<sup>[34]</sup>。AACD-CPR 是一种新的 CPR 方法,与胸外按压 CPR 相比,凸显了心脏与肺脏复苏并举,“腹泵”与“胸泵”并兼,无创与有创并行,共性与个性并融的特色<sup>[35]</sup>。通过对 CA 患者腹部实施直接与间接的干预,促使胸腹腔内压力变化而产生循环与呼吸同步化复苏,实现经腹途径构建心肺脑复苏并重的理论与实践体系,提高 CA 患者出院存活率,同时改善患者预后。实则无论“胸部”还是“腹部”,能够有益于患者就是“好部”,愿我们以临床 CPR 中的问题为导向,满足临床 CPR 中的实际需求,创新 STD-CPR 与 AACD-CPR 等临床新技术,共铸中国特色的 CPR 之路。

志谢 感谢李银平、李静、何春来、张红、张玉想、杨蓉佳、张利远、单志刚、姜素文、李欣、刘斌、杨静、屈纪富、李瑛、刘青、吴多虎、杜俊凯、孙鲲、马文君、李鑫对本文的贡献

## 参考文献

- [1] 王一镱. 必须大力提高现场救护的水准[J]. 中华急诊医学杂志, 2008, 17 (4): 341-342. DOI: 10.3760/j.issn.1671-0282.2008.04.001.  
Wang YT. The standard of field rescue must be greatly improved[J]. Chin J Emerg Med, 2008, 17 (4): 341-342. DOI: 10.3760/j.issn.1671-0282.2008.04.001.
- [2] 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.  
Wang LX. Development strategy on cardiopulmonary resuscitation in China[J]. Chin Crit Care Med, 2015, 27 (3): 161-163. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2015.03.001.
- [3] 王立祥, 王一镱. 医务者向家庭成员传授 CPR < 1% 的反思[J]. 中国急救医学, 2013, 33 (11): 986-987. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2013.11.007.  
Wang LX, Wang YT. The reflection on the low ratio of family

- member's CPR training form health care providers [J]. *Chin J Crit Care Med*, 2013, 33 (11): 986-987. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1949.2013.11.007.
- [4] Yannopoulos D, Aufderheide TP, Abella BS, et al. Quality of CPR: An important effect modifier in cardiac arrest clinical outcomes and intervention effectiveness trials [J]. *Resuscitation*, 2015, 94: 106-113. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2015.06.004.
- [5] 余涛. 高质量心肺复苏的实施——从指南到实践 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2015, 24 (1): 17-21. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2015.01.007.
- Yu T. Implementation of high quality cardiopulmonary resuscitation: from guidelines to practice [J]. *Chin J Emerg Med*, 2015, 24 (1): 17-21. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2015.01.007.
- [6] 王立祥, 黄子通, 余涛. 腹部提压心肺复苏与高质量标准心肺复苏 [J]. *中华危重病急救医学*, 2016, 28 (12): 1057-1058. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.12.001.
- Wang LX, Huang ZT, Yu T. Active abdominal compression-decompression cardiopulmonary resuscitation and high quality standard cardiopulmonary resuscitation [J]. *Chin Crit Care Med*, 2016, 28 (12): 1057-1058. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.12.001.
- [7] 陈晓松. 古代心肺复苏术应用发展史略 [J]. *中华医史杂志*, 1997, 27 (1): 3-6.
- Chen XS. An outline history of ancient application and development of cardio-pulmonary resuscitation [J]. *Chin J Med Hist*, 1997, 27 (1): 3-6.
- [8] Kouwenhoven WB, Jude JR, Knickerbocker GG. Closed-chest cardiac massage [J]. *JAMA*, 1960, 173: 1064-1067. DOI: 10.1001/jama.1960.03020280004002.
- [9] Wilder RJ, Jude JR, Kouwenhoven WB, et al. Of 153 attempted: cardiopulmonary resuscitations by trained ambulance personnel: no fatal injuries were produced [J]. *JAMA*, 1964, 190: 531-534.
- [10] Mozaffarian D, Benjamin EJ, Go AS, et al. Heart disease and stroke statistics: 2015 update: a report from the American Heart Association [J]. *Circulation*, 2015, 131 (4): e29-322. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000152.
- [11] Shao F, Li CS, Liang LR, et al. Outcome of out-of-hospital cardiac arrests in Beijing, China [J]. *Resuscitation*, 2014, 85 (11): 1411-1417. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2014.08.008.
- [12] Mask AG Jr. Medical management of the patient with cardiovascular disease [J]. *Periodontol* 2000, 2000, 23: 136-141. DOI: 10.1034/j.1600-0757.2000.2230114.x.
- [13] Dellimore KH, Scheffer C. Optimal chest compression in cardiopulmonary resuscitation depends upon thoracic and back support stiffness [J]. *Med Biol Eng Comput*, 2012, 50 (12): 1269-1278. DOI: 10.1007/s11517-012-0963-z.
- [14] Minuck M. Management of Cardiac Arrest: A Discussion of Cardiorespiratory Resuscitation [J]. *Can Med Assoc J*, 1963, 88 (3): 152-155.
- [15] Kralj E, Podbregar M, Kejzar N, et al. Frequency and number of resuscitation related rib and sternum fractures are higher than generally considered [J]. *Resuscitation*, 2015, 93: 136-141. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2015.02.034.
- [16] 王立祥. 心肺复苏共识的再认识 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2010, 19 (1): 108-110. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2010.01.032.
- Wang LX. Recognition of the consensus of cardiopulmonary resuscitation [J]. *Chin J Emerg Med*, 2010, 19 (1): 108-110. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2010.01.032.
- [17] 谢钢. 单纯胸外心脏按压——心肺复苏共识的再认识 [J]. *医学综述*, 2014, 20 (2): 286-288. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2084.2014.02.032.
- Xie G. Simple external cardiac massage: recognition of consensus on cardio pulmonary resuscitation [J]. *Med Recapitulate*, 2014, 20 (2): 286-288. DOI: 10.3969/j.issn.1006-2084.2014.02.032.
- [18] Nichol G, Thomas E, Callaway CW, et al. Regional variation in out-of-hospital cardiac arrest incidence and outcome [J]. *JAMA*, 2008, 300 (12): 1423-1431. DOI: 10.1001/jama.300.12.1423.
- [19] 王立祥, 郑静晨. 单纯腹部提压: 一种心肺复苏的新方法 [J]. *中华危重病急救医学*, 2009, 21 (6): 323-324. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1003-0603.2009.06.002.
- Wang LX, Zheng JC. A new method of cardiopulmonary resuscitation executed by rhythmic abdominal lifting and compression [J]. *Chin Crit Care Med*, 2009, 21 (6): 323-324. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1003-0603.2009.06.002.
- [20] Kouwenhoven WB, Langworthy OR. Cardiopulmonary resuscitation. An account of forty-five years of research [J]. *Johns Hopkins Med J*, 1973, 132 (3): 186-193.
- [21] Babbs CF. New versus old theories of blood flow during CPR [J]. *Crit Care Med*, 1980, 8 (3): 191-195.
- [22] Rudikoff MT, Maughan WL, Effron M, et al. Mechanisms of blood flow during cardiopulmonary resuscitation [J]. *Circulation*, 1980, 61 (2): 345-352. DOI: 10.1161/01.CIR.61.2.345.
- [23] 中国腹部心肺复苏协作组. 经膈肌下抬挤心肺复苏共识 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2014, 23 (4): 369-370. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2014.04.003.
- Collaborating Groups of Chinese abdominal lifting-compression CPR. Under the diaphragm to lift the heart cardiopulmonary resuscitation consensus [J]. *Chin J Emerg Med*, 2014, 23 (4): 369-370. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2014.04.003.
- [24] Babbs CF. Interposed abdominal compression CPR: a comprehensive evidence based review [J]. *Resuscitation*, 2003, 59 (1): 71-82. DOI: 10.1016/S0300-9572(03)00162-X.
- [25] 王立祥. 开创腹部提压心肺复苏“腹泵”机制研究之路 [J]. *解放军医学杂志*, 2014, 39 (10): 767-770. DOI: 10.11855/j.issn.0577-7402.2014.10.01.
- Wang LX. Initiation of the "abdominal pump" research of cardiopulmonary resuscitation by increasing intra-abdominal pressure [J]. *Med J Chin PLA*, 2014, 39 (10): 767-770. DOI: 10.11855/j.issn.0577-7402.2014.10.01.
- [26] Geddes LA, Rundell A, Lottes A, et al. A new cardiopulmonary resuscitation method using only rhythmic abdominal compression: a preliminary report [J]. *Am J Emerg Med*, 2007, 25 (7): 786-790. DOI: 10.1016/j.ajem.2007.04.001.
- [27] Berg RA, Hemphill R, Abella BS, et al. Part 5: adult basic life support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care [J]. *Circulation*, 2010, 122 (18 Suppl 3): S685-705. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.970939.
- [28] Neumar RW, Shuster M, Callaway CW, et al. Part 1: Executive Summary: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care [J]. *Circulation*, 2015, 132 (18 Suppl 2): S315-367. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000252.
- [29] 中国腹部提压心肺复苏协作组. 腹部提压心肺复苏专家共识 [J]. *中华急诊医学杂志*, 2013, 22 (9): 957-959. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2013.09.004.
- Collaborating Groups of Chinese abdominal lifting-compression CPR. Consensus on abdominal lifting-compression cardiopulmonary resuscitation [J]. *Chin J Emerg Med*, 2013, 22 (9): 957-959. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2013.09.004.
- [30] 王立祥. 标准心肺复苏面临的窘境及对策 [J]. *中华灾害救援医学*, 2014, 2 (1): 1-5. DOI: 10.3969/j.issn.2095-6275.2014.01.001.
- Wang LX. The dilemmas and countermeasures facing standard cardiopulmonary resuscitation [J]. *Chin J Disaster Med*, 2014, 2 (1): 1-5. DOI: 10.3969/j.issn.2095-6275.2014.01.001.
- [31] Wang LX, Liu YH, Zhou MH, et al. Effects of subdiaphragmatic cardiac compression on cardiac arrest during liver transplantation [J]. *Chin Med J (Engl)*, 2012, 125 (12): 2228-2230.
- [32] Li M, Song W, Ouyang YH, et al. Clinical evaluation of active abdominal lifting and compression cardiopulmonary resuscitation in patients with cardiac arrest [J/OL]. *Am J Emerg Med*, 2017 [2017-09-01]. DOI: 10.1016/j.ajem.2017.06.031.
- [33] 吴政庚, 周从阳, 李晓斌, 等. 影响心肺复苏成功率的危险因素分析 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2011, 18 (1): 28-31. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2011.01.008.
- Wu ZG, Zhou CY, Li XB, et al. Analysis of risk factors influencing successful rate of cardiopulmonary resuscitation [J]. *Chin J TCM WM Crit Care*, 2011, 18 (1): 28-31. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2011.01.008.
- [34] Zhang S, Liu Q, Han S, et al. Standard versus Abdominal Lifting and Compression CPR [J]. *Evid Based Complement Alternat Med*, 2016, 2016: 9416908. DOI: 10.1155/2016/9416908.
- [35] 王立祥. 腹部心肺复苏学 [M]. 北京: 人民军医出版社, 2014: 11-19.
- Wang LX. *Abdominal cardiopulmonary resuscitation* [M]. Beijing: People's Military Medical Press, 2014: 11-19.