

## · 专家论坛 ·

## 建立和完善腹部心肺复苏学

王立祥

1960 年胸外心脏按压和人工呼吸的提出,建立了以胸部为主的现代心肺复苏学<sup>[1]</sup>。经过 50 余年的探索与实践,人们仍在不断丰富现代心肺复苏学的内涵,目前经腹实施心肺复苏(CPR)的研究已引起国内外复苏学者的广泛关注,适时建立和完善腹部心肺复苏学成为当今学科建设的必然选择。

## 1 腹部心肺复苏学的形成

用传统胸外按压作为抢救心搏骤停的常用方法虽经 50 余年的实践,但患者生存出院率仍不理想<sup>[2]</sup>。究其原因,一是胸外按压的局限性:对胸廓畸形、胸肋骨骨折、血气胸等患者行胸外按压存在禁忌;二是胸外按压的缺陷性:传统胸外按压中约 1/3 被救者发生了肋骨骨折,直接影响 CPR 的效果,施救者难以保证标准的按压力度和幅度,影响 CPR 的质量;三是胸外按压的片面性:传统胸外按压只能单一建立循环而不能兼顾呼吸,其每次产生的潮气量均为死腔量,并且按压与通气不能同步进行,导致通气/血流比例异常,影响肺内气体交换,不能形成有效的血氧分压。腹部 CPR 有效规避了单纯依赖胸外按压产生血流的模式,且膈肌移动产生呼吸作用弥补了传统胸外按压的不足<sup>[3-4]</sup>。

腹部 CPR 形成的解剖生理学基础:① 储血功能:人体总血液量的 20% 贮存于肝脾,在心搏骤停或休克时,脾脏储血会明显增加,达全身血量的 20%~30% 以上,能有效调节全身循环血量<sup>[5]</sup>。② 心肺支持:增加腹内压时膈肌上移,胸内压增大,心腔受压变形,心内血液被挤压排出,形成前向血流,使肺脏受压,排出肺内气体,完成呼气;降低腹内压时膈肌下移,胸内压减小,肺脏复张,气体进入肺脏,完成呼气,同时腹内压降低减轻了心脏后负荷,促进心脏排血<sup>[5-6]</sup>。③ 反搏作用:主动加压腹部可使腹主动脉内的血液逆向流动,增加胸主动脉内血量,提高冠状动脉(冠脉)灌注和脑灌注;同时挤压腹腔静脉血管,增加回心血流,为下次排血作准备<sup>[7-8]</sup>。

## 2 腹部心肺复苏学的内容

腹部心肺复苏学是以人体腹部解剖与生理为主要基础,通过对呼吸、心搏骤停患者腹部实施直接与间接的干

预,导致胸腔内压力变化而产生的循环与呼吸支持效应,实现经腹途径构建心与肺、脑复苏并重的理论与实践体系,其目的是提高 CPR 成功率和改善患者预后。

经腹部实施 CPR 是通过外力作用于腹部,引起腹腔内压力和胸腔内压力变化,对循环和呼吸产生影响的机制主要为“腹泵”机制、“胸泵”机制、“肺泵”机制、“心泵”机制以及“血泵”机制。这些机制综合作用,最终为复苏提供更高的冠脉灌注压和脑灌注压,并能更好地实现肺氧合功能,达到真正意义上的心、肺复苏并举,使复苏中循环与呼吸支持同步进行。经腹实施 CPR 有 3 个途径。

**2.1 腹外途径:**腹外途径 CPR 是指保持腹腔的完整性而从腹壁外部进行 CPR 的方法,包括腹部提压 CPR、腹部按压 CPR、腹部舒缩等。该途径主要依靠外力作用于腹壁外部,通过腹部软组织对力的传导改变腹腔内压力,产生相应的血流动力学及呼吸动力学变化,以实现循环与呼吸支持,最终达到心肺脑复苏(CPCR)的目的。实施腹部提压 CPR 时,施救者将腹部提压 CPR 仪置于被救者中上腹部,使提拉板上方三角形的顶角位于肋缘和剑突下方,启动负压吸引装置,将提压板与腹部皮肤紧密结合<sup>[9]</sup>。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,按压和提拉的时间比例为 1:1,按压力度控制在 50 kg 左右,提拉力度控制在 30 kg 左右。在腹部按压和提拉过程中膈肌上下移动,引起胸腔内容积改变,一方面启动“胸泵”机制,完成循环支持<sup>[6,10]</sup>;另一方面可改变肺内压,实现气体的吸入和排出,起到人工呼吸支持效用<sup>[11-12]</sup>。同时,腹部加压还可促进下腔静脉和腹腔器官血液回流入右心房,为下次心脏泵血作准备。

**2.2 腹内途径:**腹内途径 CPR 是指直接通过腹腔内变化产生 CPR 效应的方法,包括开腹复苏方法,如经膈肌下抬挤 CPR 法,也包括利用腹肌舒缩作用实现复苏的方法,如咳嗽复苏法。该途径主要依靠直接进入腹腔抬挤膈肌和直接舒缩腹肌改变腹内压,实现人工循环与呼吸支持,达到复苏的目的。

实施经膈肌下抬挤 CPR 时,术者位于患者右侧,将右手经手术切口伸入膈肌下方,将 2~5 指并拢置于心脏后下方膈肌贴附面处,左手置于胸骨中下 1/3 处固定,双手配合,以右肘腕关节带动 2~5 掌指有节律地向胸骨处进行冲击性抬挤,使膈肌上移 4~5 cm,然后迅速放松,如此交替,频率为 100~120 次/min。其作用基础在于心脏的解剖位置和膈肌的弹性。心脏前为胸骨,下抵膈肌,后靠

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2014.10.001

基金项目:全军医学科技“十二五”课题计划(BWS11J077);  
国家实用新型专利(ZL 2009 2 01060376.3, ZL2009 2 00375.9, ZL2009 2 0164343.6)

作者单位:100039 北京,武警总医院急救医学中心

通信作者:王立祥, Email: wjjjw@163.com

脊柱,心包限制心脏左右移动。抬挤膈肌,一方面直接挤压心脏,通过“心泵”机制达到泵血作用;另一方面膈肌上下移动,改变胸腔内压,发挥“胸泵”机制,如此反复即可实现循环支持<sup>[13-14]</sup>。

**2.3 胸腹途径:**胸腹途径 CPR 是指结合胸部与腹部利用同步或非同步的手段实施 CPR 的方法,包括胸腹联合按压<sup>[12]</sup>、胸腹联合提压<sup>[12]</sup>、插入式腹主动脉反搏<sup>[7]</sup>等。该途径主要是通过胸腹腔内压力的变化以及腹主动脉等大血管的反搏作用而达到 CPR 的目的。实施插入式腹主动脉按压复苏时,一人进行胸外按压,另一人双手交叠于腹主动脉的体表投影处,顺腹主动脉走行于胸外按压放松期按压腹主动脉,再于胸外按压期放松腹主动脉,腹部与胸部按压频率比例为1:1,频率为100次/min。于胸外按压放松期按压腹主动脉可起到腹主动脉反搏的作用,使胸外按压输出流向腹主动脉的血液反流而充分用于心脑灌注,于胸外按压期放松腹主动脉,可降低外周血管阻力,促进心脏泵血功能。研究发现,该方法切实提高了冠脉灌注压并改善了脑的微循环,对实现心与肺、脑复苏并重的复苏模式具有重要的研究和应用价值<sup>[7]</sup>。

### 3 创建腹部心肺复苏学的意义

CPR 需要长期探索与反复实践,我们在思考现有 CPR 成果与教训的基础上,通过解放思想、更新观念,紧跟现代医学的前沿技术,立足于临床 CPR 工作的实际需求,不断开辟 CPR 的新途径,完善和发掘 CPR 适宜技术与方法而创立腹部 CPR,规避了传统胸外按压 CPR 的不足,尤其是对存在胸外按压禁忌的心搏骤停患者具有良好的复苏效果。腹部心肺复苏学创造性地提出了循环与呼吸兼顾心与肺、脑复苏并重的复苏策略,进一步提高了心搏骤停患者的复苏成功率与生存率,较大程度地改善了心搏骤停患者的预后生活质量。

**3.1 经腹实施 CPR 建立循环与呼吸的 CPR 新思路:**腹部 CPR 和传统 CPR 是 CPR 的两个分支,二者在复苏思路存在重大不同之处。传统 CPR 依赖于对骨性胸廓进行胸外按压进而改变胸腔内压力,发挥“胸泵”与“心泵”机制。腹部 CPR 则经腹部进行复苏,在改变胸腔内压力发挥“胸泵”与“心泵”机制的基础上,利用腹部器官的贮血功能、膈肌移动及反搏作用,进一步提高 CPR 所必需的冠脉灌注压和脑灌注压。王立祥等<sup>[3]</sup>通过一系列研究分析认为,在腹部 CPR 中存在“腹泵”机制,在实施过程中可实现“胸泵”与“心泵”机制;并利用膈肌移动实现体外无创腹式呼吸支持;腹主动脉受压产生的逆向血流又起到了类似动脉反搏的作用。这些因素综合作用产生同步的循环与呼吸支持<sup>[15]</sup>,这是传统 CPR 所不具备的 CPR 新思路。

**3.2 突破胸外按压禁区、另辟腹路进行急救 CPR 的新方法:**胸肋骨骨折等胸廓结构与功能受到损害,不仅属于胸外按压禁忌证,且远远降低了对此类心搏骤停患者的循

环支持作用。而腹部心肺复苏学的各种操作方法均利用了人体腹部的解剖与生理,以有效的方法作用于腹部,驱动腹部器官储存的大约占人体 25% 的血液加入到循环血液中,从而提供 CPR 所必需的人工循环支持;其中插入式腹主动脉按压及持续腹主动脉按压更是通过按压腹主动脉,驱动腹主动脉内血流反向流动,进一步提高了心、脑等重要器官的灌注压<sup>[16]</sup>。腹部心肺复苏学中的腹部提压 CPR 法尤其适用于存在胸廓畸形、胸部外伤、胸肋骨骨折、血气胸等胸外按压禁忌以及窒息与呼吸肌麻痹的心搏骤停患者。

**3.3 实现了不间断人工循环状态下给予通气行 CPR 的新理念:**有研究表明,传统 CPR 经胸外按压产生的通气量仅为 80.4 mL,然而人体由上呼吸道至呼吸性细支气管之前的解剖无效腔容积约为 150 mL,所以单纯胸外按压 CPR 并不能提供有效的人工呼吸支持<sup>[17]</sup>;故在传统胸外按压中需在 30 次按压后给予 2 次人工通气。然亦有研究表明,中断按压可显著降低 CPR 的成功率<sup>[18]</sup>。2010 年国际 CPR 指南提出的单一胸外按压 CPR 明显照顾到第一目击者实施 CPR 的意愿。但有没有既能快捷有效提供呼吸又不间断循环的更好的 CPR 方法呢?腹部提压 CPR 法产生的潮气量为  $(565.03 \pm 47.11)$  mL,同时还可产生 CPR 所必需的冠脉灌注压,因此腹部提压 CPR 实现了在不间断人工循环状态下给予通气行 CPR 的新理念<sup>[12]</sup>。

**3.4 研发了通过腹部提压对呼吸、心搏骤停进行 CPR 的新装置:**王立祥等<sup>[19]</sup>在进行腹部 CPR 实验研究的同时,结合实验及临床需求,研制了腹部提压 CPR 装置,并进一步改进形成了临床实用的腹部提压 CPR 仪,其主要由提压板吸盘、指示组件、手柄组件、显示面板和电器部件构成。开启腹部提压 CPR 仪,启动负压排气后,能将仪器牢固地吸附在患者中上腹部偏左的皮肤上,以 50 kg 左右的按压力度和 20 ~ 30 kg 左右的提拉力度,对患者腹部交替进行 100 次/min 的按压与提拉,同时显示面板可显示提拉与按压的力度,另有蜂鸣器提示频率,从而保障施救者在操作中掌握标准的操作方法。腹部提压 CPR 仪体积小、重量轻,操作简单,不但适用于卫生医疗保健机构,而且还便于在家庭推广使用。

**3.5 建立了腹部 CPR 的呼吸、心搏骤停实验动物新模型:**在腹部 CPR 的系列研究中,参考国内外制作心搏骤停实验动物模型,建立适合腹部 CPR 研究的心搏骤停动物模型对取得有研究价值的实验结果极为重要。王立祥等在研究中建立了经膈肌下抬挤 CPR<sup>[13]</sup>、腹部提压 CPR<sup>[6,10-11]</sup>及插入式腹主动脉按压 CPR<sup>[7]</sup>等一系列经腹部实施 CPR 的实验动物新模型。如经膈肌下抬挤 CPR 实验研究中建立了采用呼气末窒息 8 min 法造成心搏骤停模型<sup>[13]</sup>。在腹部提压 CPR 实验中对采用呼气末窒息 8 min 法造成心搏骤停的制模方法进行了完善,给予短效肌松药物,除去窒息前

实验动物用力呼吸对 CPR 造成的不利影响<sup>[11]</sup>。这对腹部 CPR 的进一步实验研究具有重要参考意义。

**3.6 创造了应用腹部提供便捷的无创体外腹式呼吸的新模式:**腹部心肺复苏学中腹部提压 CPR 方法通过对腹部主动加压与减压进行循环与呼吸支持。王立祥等<sup>[12]</sup>分别测定了胸外按压、腹部按压及腹部提压 CPR 产生的潮气量,发现腹部提压 CPR 法可达到人体生理潮气量(500 mL)。其基本机制是通过按压腹部,增加了腹内压,使膈肌上移,引起胸腔容积缩小,肺内压增大,肺内气体呼出;提拉腹部,降低了腹内压,使膈肌下移,引起胸腔容积增大,肺内压减小,空气中的气体进入肺脏,从而完成腹式呼吸的功效。这一机制除为 CPR 患者提供循环与呼吸双重支持,达到心与肺、脑复苏并举外,对于呼吸肌麻痹、重症肌无力及全麻呼吸抑制等患者具有重要的紧急抢救意义,是一种无创的体外腹式呼吸支持新模式。

**3.7 实现了从临床需求出发设计动物实验、再到临床应用的新路径:**腹部心肺复苏学的创建及发展都是与临床需求紧密结合的。在临床工作中,所有医生尤其是骨科与胸外科医生都面对着不同的心搏骤停患者,对于胸廓畸形、胸部外伤、胸肋骨骨折及血气胸等这类存在胸外按压禁忌证的患者如何进行 CPR;在老年等骨质疏松患者进行胸外按压出现胸肋骨骨折并发症时,如何有效地进行 CPR 或者如何规避其出现胸肋骨骨折并发症的风险;对于溺水、窒息等继发性心搏骤停患者,如何在不间断有效循环支持的同时快速给予人工通气,如何对此类因缺氧导致心搏骤停患者进行有效呼吸支持,提高血氧饱和度,满足 CPR 的需求;这些临床问题就是腹部心肺复苏学实验研究的来源。充分的动物实验为腹部 CPR 的设想提供了有力的循证医学支撑,使得腹部心肺复苏学的方法可以应用于临床,腹部心肺复苏学形成了从临床需求出发设计动物实验、再到临床应用的新路径<sup>[20]</sup>。

总之,在现代 CPR 历经半个多世纪的今天,人们更应该恪守实事求是的医学人文精神,依据不断变化的临床 CPR 现实<sup>[21]</sup>,不拘泥于传统 CPR 的思维模式<sup>[22]</sup>,科学地破解胸外按压面临的困境,建立心脏与肺脏复苏并举、心脏与大脑复苏并重、“腹泵”与“胸泵”并兼、无创与有创并行、手动与电动并用、共性与个性并融的 CPR 新理念,真正实现 CPR 从量变到质变的飞跃<sup>[23]</sup>。我们从实施的思路、方法、设备及实验的模型、路径出发,建立了腹部提压 CPR、经膈肌下抬挤 CPR、插入式腹主动脉按压 CPR 等一系列经腹实施 CPR 的新技术,不断完善腹部 CPR 的概念、原理、方法,创建腹部心肺复苏学以推动 CPR 事业的发展,力求与同道们携手并肩跨入 CPR 新纪元。

志谢 王一镡、窦微微、王娇、李静

参考文献

[1] Kouwenhoven WB, Jude JR, Knickerbocker GG. Closed-chest

cardiac massage[J]. JAMA, 1960, 173: 1064-1067.

- [2] Field JM, Hazinski MF, Sayre MR, et al. Part 1: executive summary: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care[J]. Circulation, 2010, 122(18 Suppl 3): S640-656.
- [3] 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.
- [4] 王立祥, 郑静晨. 开辟经腹心肺复苏新途径[J]. 中华危重病急救医学, 2013, 25(2): 68-69.
- [5] Pargett M, Geddes LA, Otlewski MP, et al. Rhythmic abdominal compression CPR ventilates without supplemental breaths and provides effective blood circulation [J]. Resuscitation, 2008, 79(3): 460-467.
- [6] 李秀满, 王立祥, 刘亚华, 等. 腹部提压法对窒息性心搏骤停猪复苏效果的实验研究 [J]. 中国危重病急救医学, 2012, 24(4): 237-240.
- [7] 郭成成, 王立祥, 刘惠亮, 等. 插入式腹主动脉按压对心搏骤停免复苏效果的观察 [J]. 中华危重病急救医学, 2013, 25(2): 96-98.
- [8] Liu R, Liang ZJ, Liao XX, et al. Enhanced external counterpulsation improves cerebral blood flow following cardiopulmonary resuscitation[J]. Am J Emerg Med, 2013, 31(12): 1638-1645.
- [9] 王立祥, 郑静晨. 单纯腹部提压: 一种心肺复苏的新方法[J]. 中国危重病急救医学, 2009, 21(6): 323-324.
- [10] 李会清, 王立祥, 刘亚华, 等. 腹部提压法对心搏骤停猪血流动力学影响的实验研究[J]. 中国危重病急救医学, 2011, 23(10): 631-632.
- [11] 王立祥, 刘亚华, 李秀满, 等. 腹部提压心肺复苏法对呼吸骤停猪肺通气的实验研究 [J]. 中国危重病急救医学, 2011, 23(6): 368-369.
- [12] 王立祥, 孙鲲鹏, 马立芝, 等. 腹部提压 胸外提压和胸外按压对心搏骤停患者肺潮气量的影响 [J]. 中国急救医学, 2009, 29(9): 784-785.
- [13] 王立祥, 丁春侠, 李旭, 等. 经膈肌下抬挤心脏方法对心脏停搏免复苏的实验研究 [J]. 中国危重病急救医学, 2008, 20(12): 717-720.
- [14] Wang LX, Liu YH, Li XM, et al. Sustained abdominal aorta compression elevates coronary perfusion pressure after asphyxia-induced cardiac arrest in a rabbit model [J]. Hong Kong J Emerg Med, 2013, 20(1): 18-24.
- [15] 王立祥, 于学忠. 胸外按压与人工通气比之窘境[J]. 中华危重病急救医学, 2013, 25(11): 703-704.
- [16] 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.
- [17] 刘亚华, 李秀满, 王立祥. 4 种复苏方法对呼吸骤停猪肺通气的影响观察[J]. 解放军医学杂志, 2012, 37(3): 221-224.
- [18] Ramaraj R, Ewy GA. Rationale for continuous chest compression cardiopulmonary resuscitation [J]. Heart, 2009, 95(24): 1978-1982.
- [19] 王立祥, 郑静晨, 侯世科, 等. 腹部提压心肺复苏新装置[J]. 武警医学, 2009, 20(5): 455-456.
- [20] 王立祥, 郑静晨, 梁立武, 等. 腹部提压对合并胸肋骨骨折心搏骤停患者复苏效应观察 [J]. 中华危重病急救医学, 2013, 25(11): 694-695.
- [21] 石宗华, 高传玉, 刘林刚, 等. 抗凝改善微循环对心肺复苏成功患者的治疗作用[J]. 中国中西医结合急救杂志, 2012, 19(6): 340-342.
- [22] 王永春, 魏勇军, 王一茗, 等. 心肺脑复苏的中西医辨证救治[J]. 中国中西医结合急救杂志, 2014, 21(3): 232-234.
- [23] 于虎, 沈开金, 敖其. 我国心肺复苏研究新进展[J]. 中国中西医结合急救杂志, 2014, 21(3): 235-237.

(收稿日期: 2014-06-28)

(本文编辑: 李银平)