

心肺复苏

Cardiopulmonary Resuscitation

原 著 Joseph P. Ornato
Mary Ann Peberdy

主 译 李春盛



人民卫生出版社

心肺复苏

Cardiopulmonary Resuscitation

原著 Joseph P. Ornato
Mary Ann Peberdy

主译 李春盛

译者（按姓氏笔画排序）

丁 宁	万立东	于东明	马 芹	马颖杰	尹月秋	王 平
王旭东	王宏艳	王 志	王 征	王 荃	王荣欣	王振洲
王 涛	王 敏	卢 一	史 莉	申新国	刘 波	刘 娟
刘朝霞	汤子鸣	汤 辉	何晓冉	吴 伟	吴彩军	张向群
张寒钰	张 颖	张 蕴	李 京	李振华	李 艳	李艳兰
李银平	李 潇	杨立沛	杨 桦	邵 婧	邵 菲	邹 琪
陈云霞	单 凯	武军元	武维英	范新丽	郑 进	郑明琼
郑超颖	荀轶文	贺明轶	赵曲川	赵 丽	赵 妍	赵 静
秦 俭	钱素云	高文峰	崔 晶	常 莹	曹秋梅	黄 勇
曾 红	程姝娟	谢云燕	谢苗荣	褚 波	翟文亮	翟志宇
谭培昭	滕丽华	霍 洁	戴佩佩			

翻译秘书 邵 菲

人 民 卫 生 出 版 社

Cardiopulmonary Resuscitation

The original English Language work has been published by HUMANA PRESS
Totowa, New Jersey, U.S.A.

© 2005 Humana Press. All rights reserved.

中文版权归人民卫生出版社所有。本书受版权保护。除可在评论性文章或综述中简短引用外，未经版权所有者书面同意，不得以任何形式或方法，包括电子制作、机械制作、影印、录音及其他方式对本书的任何部分内容进行复制、转载或传送。

敬告：本书的译者及出版者已尽力使书中出现的药物剂量和治疗方法准确，并符合本书出版时国内普遍接受的标准。但随着医学的发展，药物的使用方法应随时作相应的改变。建议读者在使用本书涉及的药物时，认真研读药物使用说明书，尤其对于新药或不常用药更应如此。出版者拒绝对因参照本书任何内容而直接或间接导致事故与损失负责。

图书在版编目 (CIP) 数据

心肺复苏 / 李春盛主译. —北京：人民卫生出版社，
2009. 2

ISBN 978-7-117-10862-1

I. 心… II. 李… III. 心脏骤停—复苏—研究
IV. R541.705.97

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 177390 号

图字：01-2007-5545

心 肺 复 苏

主 译：李春盛

出版发行：人民卫生出版社（中继线 010-67616688）

地 址：北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

邮 编：100078

网 址：<http://www.pmph.com>

E - mail：pmph@pmph.com

购书热线：010-67605754 010-65264830

印 刷：中国农业出版社印刷厂

经 销：新华书店

开 本：787×1092 1/16 印张：38.25

字 数：973 千字

版 次：2009 年 2 月第 1 版 2009 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号：ISBN 978-7-117-10862-1/R·10863

定 价：94.00 元

版权所有，侵权必究，打击盗版举报电话：010-87613394

（凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换）

中文版序

在当今世界上,用于救治生命的最简单有效、廉价、易于学习、易于掌握的技术便是心肺复苏术。通过这项技术,纯粹利用医生或经过训练的操作者的双手,进行规范化、科学的操作,即可将一个生命垂危或“垂死”、“濒死”的人起死回生;而这种救命技术不需要多么高深的理论,不需要高精尖的仪器设备,也不需要接受多少年的训练、教育,只要在心肺复苏老师的指导下,认真学习,勤于练习,规范操作,就可以达到掌握应用的目的。现代心肺复苏术起源于很久以前,成熟于20世纪60年代,其基本内容由口对口吹气、有规律及有频率的心外按压以及心脏除颤三部分组成。现代心肺复苏术发展至今已有50余年的历史,尽管作了各种各样的努力,心肺复苏生存率仍很低,院外约1.5%,院内约10%或更高。以美国为例:美国每年心性猝死者约46万人,以1.5%的存活率,每年可救活大约7000人,50年救活35万人,即便如此这一数字也非常可观。另外,50年来经过心肺复苏专家的研究努力,不断推广应用心肺复苏术,除医务人员外,公众对这项技术也逐渐认真学习和掌握。1992年美国心脏协会(AHA)召开了第一次心肺复苏国际指南会议,提出了生存链的概念:早期发现呼救,早期心肺复苏,早期除颤,早期高级生命支持。这一概念为大家所共同接受。在此基础上,2000年、2005年AHA和国际复苏联合会集中全世界范围内的急诊医学专家、心肺复苏专家、心血管病急救专家,按照循证医学原则制订了国际复苏和心血管病急救指南。这一指南的制订不但使现代心肺复苏术更加建立在现代科学研究的基础上,同时也更加重视其在临床上的指导性、实用性,是指导全世界心肺复苏术的最具权威性的技术文件。在此指南的基础上派生出了基础生命支持和高级生命支持教程,同时匹配DVD录像带,便于教学普及,使公众能够尽快掌握这一简单有效的救命技术。从另一方面我们也不难看出,不管是2000年还是2005年制订的心肺复苏指南,都更倾向于实用性、指导性。虽然指南对每一个步骤、每一个改变、每一次操作均提出了相应的文献依据和出处,但毋庸置疑的是它毕竟是一种技术指导文件,对于心肺复苏的理论问题,诸如病理生理学、细胞生物学、炎性介质、氧代谢、血流动力学等问题,阐述得并不全面。为了密切配合心肺复苏指南并正确解读或诠释心肺复苏诸多理论问题,由J. P. Ornato和M. A. Peberdy所著的《心肺复苏》一书面世。本书共计36章,从心肺复苏的历史一直到现在所涉及的方方面面的问题,在理论上均做了详尽的阐述。本书的主要撰稿人均是从从事心肺复苏专业的名家,大多是参与心肺复苏指南制订的专家和主要起草人,他们深知本书内容和指南二者的密切关系,能在书中解读指南想言而不能言的内容。可以说,指南的主要内容是指导我们如何做,而本书解决的主要问题是为什么这样做,其理论基础即

病理生理学基础。由此可以看出二者相辅相成、相得益彰的关系。

国内医师大都很熟悉 2000 年、2005 年心肺复苏指南的内容,不过有些医师对心肺复苏理论,特别是病理生理学内容知之甚少,目前涉及此类内容的专著也是凤毛麟角。有鉴于此,为了满足广大医师从更深层次探究心肺复苏的奥秘及其理论基础的要求,应人民卫生出版社之邀,首都医科大学急诊医学系集全体专家之力,利用业余时间,将此书译成中文,以飨广大临床医师、科研工作者、进修医师、研究生作为进一步深入了解心肺复苏学的工具。由于译者英文水平有限,对原文理解欠深刻,中文表达也有一定的局限,在翻译的过程中辞不达意之处在所难免,恭请广大读者谅解并不吝赐教。

主译 李春盛

于首都医科大学附属北京朝阳医院急诊科

2008 年 12 月 20 日

原版前言

每年有 46 万美国人死于突然、出乎意料的心脏停搏。自从 20 世纪 50 年代由约翰霍普金斯大学的研究者开创现代心肺复苏术以来,科学的试验性临床研究至今已开展 50 多年,但心肺复苏存活者数量仍不容乐观。院内存活仅为 1/5,院外存活不到 1/10,因此,提高复苏水平和进一步研究仍存在较大的空间。

心肺复苏是横跨许多不同专业和医学学科之间的一门学科。许多组织机构,例如美国心脏协会、加拿大心脏和卒中基金会、欧洲复苏理事会和国际复苏联盟,几乎每 5 年制订出版复苏指南。本书中的许多作者是这些组织机构的现任成员,并在这些国际指南的制订中发挥着重要作用。本书旨在为医师、护士、急救人员和院内院外急救反应队伍的其他成员就心肺复苏的科学和实践提供最新的信息。与美国心脏协会编写的心肺复苏与心血管急救指南或高级心脏生命支持教科书不同,本书更深层次地探讨了目前临床复苏的生理学问题。

本书的大部分篇幅是将复苏的生理学和原理应用到临床推荐的实用复苏技巧和专业技术中,集中了国际复苏界的许多前辈和明星团队的智慧,就如何更好地开展比较困难的复苏作出决策,使院内院外复苏团队成员获得最大的收益。本书对近年来复苏学领域重要的并将对未来指南制订产生影响的研究成果进行了汇总,最后还围绕成人和儿童复苏的伦理问题展开了广泛的讨论。

《心肺复苏》一书奉献给无数突发心脏停搏的患者及其家人、朋友和热爱他的人们。如果我们的读者能够从本书中学会一项新的实用的拯救生命的技术,则我们的努力就没有白费。

Joseph P. Ornato
Mary Ann Peberdy

缩略词表

AMA	American Medical Association	美国医学会
JAMA	Journal of the American Medical Association	美国医学会杂志
CA	cardiac arrest	心脏骤停
CPR	cardiopulmonary resuscitation	心肺复苏术
AHA	American Heart Association	美国心脏学会
VF	Ventricular fibrillation	室颤
BMJ	British Medical Journal	英国医学杂志
EMT	emergency medical technician	急诊医疗技术人员
NEJM	New England Journal of Medicine	新英格兰医学杂志
AED	Automated external defibrillation	自动体外除颤仪
ROSC	Return of spontaneous circulation	自主循环恢复
CVD	Cardiovascular	心血管疾病
CHD	Coronary heart disease	冠心病
VA	Ventricular arrhythmias	室性心律失常
VT	Ventricular Tachycardia	室速
SCD	Sudden cardiac death	心源性猝死
CAST	Cardiac arrhythmia suppression trial	抑制心律失常的研究
DIAMOND	Danish Investigations of Arrhythmia and Mortality on Dofetilide	丹麦多非利特抗心律失常病死率研究
EMIAT	European Myocardial Infarction Amiodarone Trial	欧洲胺碘酮心肌梗死研究
CAMIAT	Canadian Amiodarone Myocardial Infarction Arrhythmia Trial	加拿大胺碘酮心肌梗死研究
ICD	Implantable cardioverter defibrillator	植入性心脏转复除颤器
ATP	Antitachycardia pacing	抗心动过速起搏
AVID	Antiarrhythmics versus implantable defibrillator	抗心律失常药物与植入复律器比较
CIDS	Canadian implantable defibrillator study	加拿大植入复律器研究
CASH	Cardiac arrest study Hamburg	汉堡心脏停搏研究
MADIT	Multicenter automatic defibrillator implantation trial	多中心自动除颤器植入研究
MUSTT	Multicenter unsustained tachycardia trial	多中心阵发快速心律失常研究
DCM	Dilated cardiomyopathy	扩张型心肌病
HCM	Hypertrophic cardiomyopathy	肥厚型心肌病

ARVC	Arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy	致心律失常性右室心肌病
CS	Cardiac Sarcoidosis	心脏结节病
LQTS	Long QT syndrome	长 QT 综合征
PPV	Positive pressure ventilation	正压通气
HFV	High-frequency ventilation	高频通气
FRC	Functional residual capacity	功能残气量
EMS	Emergency medical service	紧急医疗服务
ASA	American Society of Anesthesiologists	美国麻醉医师协会
LMA	laryngeal mask airway	喉罩通气道
PTL	pharyngotracheal lumen airway	咽气管腔通气道
COPA	uffed oropharyngeal airway	带气囊的口咽通气道
BVM	bag-valve mask	胶囊面罩呼吸器
ATV	automatic transport ventilators	自动便携呼吸机
ETT	endotracheal tube	气管导管
PEA	pulseless electrical activity	无脉性电活动
ACD-CPR	active compression-decompression CPR	主动加压减压心肺复苏术
CPB	cardiopulmonary bypass	心肺转流
IR	ischemia-reperfusion	缺血再灌注
PBPK	pharmacokinetic modeling	药代动力学模型
ARREST	amiodarone after resuscitation of out-of-hospital CA as a result of VF trial	胺碘酮对院外室颤所致心脏骤停复苏作用研究
ALIVE	amiodarone vs lidocaine in pre-hospital refractory VF evaluation	胺碘酮与利多卡因对院前顽固室颤作用比较研究
FDA	Food and Drug Administration	食品与药物管理
CPA	cardiopulmonary arrest	心肺骤停
EDT	emergency department thoracotomy	急诊科胸骨切开
SW	stab wound	穿刺伤
GSW	gunshot wound	枪伤
HTS	hypertonic saline	高张盐
ICP	intracranial pressure	颅内压
CPP/CePP	cerebral perfusion pressure	脑灌注压
ACS	abdominal compartment syndrome	腹腔间隙综合征
IAH	intra-abdominal hypertension	腹腔内高压
IAP	intra-abdominal pressure	腹内压
VO ₂	oxygen consumption	氧消耗
DO ₂	oxygen delivery	氧输送
CPP	coronary perfusion pressure	冠脉灌注压
EMD	electromechanical dissociation	电机械分离
PetCO ₂	end-tidal CO ₂	潮气末二氧化碳浓度

VCO ₂	CO ₂ production	二氧化碳产量
SvO ₂	mixed venous hemoglobin oxygen saturation	混合静脉血氧饱和度
ScvO ₂	central venous hemoglobin oxygen saturation	中央静脉血氧饱和度
PslCO ₂	pressure of sublingual carbon dioxide	舌下黏膜二氧化碳分压
PgCO ₂	pressure of Gastric mucosal carbon dioxide	胃黏膜二氧化碳分压
PtcCO ₂	transcutaneous carbon dioxide	经皮二氧化碳分压
StO ₂	tissue hemoglobin oxygen saturation	组织血氧饱和度
NIRS	near infrared absorption spectroscopy	近红外吸收光谱法
LVEDP	LV end-diastolic pressure	左室舒张末期压力
IABP	intraaortic balloon counterpulsation	主动脉球囊反搏
CBF	cerebral blood flow	脑血流
NMDA	N-methyl-d-aspartate	N- 甲基 -D- 天门冬氨酸
AMPA	α -amino-3-hydroxyl-5-methyl-4-isoxazole propionic acid	α - 氨基羟甲基异恶唑丙酸
FGF	fibroblast growth factor	成纤维细胞生长因子
TGF	transforming growth factor	转化生长因子
IGF	insulin-like growth factor	胰岛素样生长因子
EGF	epidermal growth factor	表皮生长因子
EAA	excitatory amino acid	兴奋性氨基酸
NGF	nerve growth factor	神经生长因子
PARP	poly ADP-ribose polymerase	聚腺苷二磷酸核糖聚合酶
PAF	platelet-activating factor	血小板活化因子
NO	nitric oxide	一氧化氮
NOS	nitric oxide synthase	一氧化氮合酶
NSE	neuron specific enolase	神经元特异性烯醇化酶
SOD	superoxide dismutase	超氧化物歧化酶
HBO	hyperbaric oxygen	高压氧
PALS	pediatric advanced life support	儿童高级生命支持
NRCPR	National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation	国家 CPR 登记
FR	first-responder	第一应对者
BCPR	basic Cardiopulmonary resuscitation	基础心肺复苏
ACLS	advanced cardiac life support	高级生命支持
BLS	basic life support	基础生命支持
ETI	endotracheal intubation	气管插管术
PAD	public access defibrillation	公众使用除颤器计划
ALS	advanced life support	高级生命支持

目 录

第 1 章	心肺复苏科学史·····	1
第 2 章	猝死的流行病学·····	9
第 3 章	心源性猝死的预防·····	17
第 4 章	心脏停搏时通气的生理学·····	31
第 5 章	复苏中的通气管理·····	75
第 6 章	气道梗阻的处理·····	89
第 7 章	缓慢性心脏停搏的病因学、电生理学、心肌能量力学和治疗 ·····	99
第 8 章	无脉电活动·····	119
第 9 章	胸外按压技术·····	127
第 10 章	心肺复苏设备与技术 ·····	145
第 11 章	心肺复苏术的成年训练：什么在发挥作用？ ·····	163
第 12 章	体外除颤 ·····	175
第 13 章	公众普及除颤 ·····	191
第 14 章	心脏停搏的起搏治疗 ·····	205
第 15 章	心脏停搏治疗过程中的治疗性低体温 ·····	211
第 16 章	经皮心肺旁路——复苏的辅助措施 ·····	225
第 17 章	心肺复苏的给药原则 ·····	231
第 18 章	药物复苏治疗 ·····	239
第 19 章	血管活性药物在心脏停搏中的使用 ·····	253
第 20 章	缓冲剂治疗 ·····	277
第 21 章	抗心律失常药物与心脏复苏 ·····	291
第 22 章	电解质紊乱与心肺复苏 ·····	313
第 23 章	孕产妇与心脏停搏 ·····	329
第 24 章	淹溺后心肺复苏 ·····	339
第 25 章	雷击伤患者的心肺复苏及早期处理 ·····	353
第 26 章	低体温性心脏停搏 ·····	363
第 27 章	创伤后心肺复苏 ·····	379
第 28 章	复苏中的监测技术 ·····	395

第 29 章	复苏后心肌功能障碍	417
第 30 章	心肺复苏后的大脑功能异常	433
第 31 章	小儿心肺复苏	503
第 32 章	院内复苏	531
第 33 章	院外心肺复苏的成功体系	537
第 34 章	心肺复苏动物模型	565
第 35 章	急诊医学中涉及的临床试验设计	575
第 36 章	心肺复苏展望	591
索引		597

内容

复苏的意愿

寻找复苏方法

找到方法

除颤的发现

近代史

现代史

展望未来

复苏科学在继续

复苏的意愿

根据大量有记载的历史，复苏曾经是被禁止的。虽然有与复苏相关的文字记录可循，但很显然，成功逆转死亡仍被认为应直接由上帝或通过其委任的代理人来完成。举例来说，《圣经》中复苏的故事中就提到先知通过存在上帝生命力量的船来恢复生命^{1,2}。在这些和其他一些复苏记录里，逆转死亡被认为是上帝的特权而不应由凡人所承担。这一对复苏的“禁令”在启蒙运动中——一个科学探索史上了不起的时期——受到质疑。从 1750 年左右，科学家和哲学家们开始质疑过去的教条，并相信人类能够认识和掌控自己的命运。他们希望探索宇宙的运行规律，以及生命本身的一点一滴。谈及科学的复苏，必须首先从科学开始。科学的方法是科学最为重要的组成部分，它是启蒙运动中一项重要的成就。启蒙运动的智者伟人们认为我们能够通过科学探索对世界达到最好的认识，而实现这一目标的手段就是科学的方法。

启蒙运动中的实验和纷繁的发现给予人们一种信念：如果生命可以被认识，那么死亡本身可能会被逆转。复苏的意愿在第一次有组织地努力解决猝死这个问题中得以体现。18 世纪时，溺水是导致猝死的首要原因，特别在大型的欧洲港口城市。作为应对，在阿姆斯特丹这个每年有多达 400 人死亡的城市创建了第一个复苏努力组织³。1767 年建立的阿姆斯特丹救援协会代表着人类尝试对猝死进行复苏的共同愿望，宗教祷告不再是挽救生命的惟一力量，人类有权自行处理与生命和死亡相关的事情。在其成立后 4 年，阿姆斯特丹救援协会声称已挽救 150 个溺水死亡者。1774 年后，在伦敦创办了皇家人道协会⁴，该协会的会徽为一位天使吹着余烬，其上有一可翻译成“可能还有一点火花藏在其中”的拉丁语碑文。此会徽是一个对普遍信条的精彩比喻：只要我们的身体还有余热，生命就可以重新恢复。复苏的意愿开始于启蒙运动，而复苏方法的发现则需要约 200 多年的时间⁵。

寻找复苏方法

启蒙运动后许多欧美城市都成立了救援协会,而且所有这些协会都推荐了处理溺水受害者的技巧⁶。例如,有一项技术主张把受害者放在一个大桶上,并抓住他或她的腿前后来回挤压。这项技术交替挤压腹部,并能让少量的空气到达肺。另一个推荐的方法是利用波纹管将空气直接吹入受害者的口中。很显然,大多数空气会进入胃或从鼻孔流出。甚至有建议用烟草插入溺水受害者的直肠^{7,8}。烟草是一种兴奋剂,有动物实验表明,直肠中的烟草可能使昏迷者苏醒。这些技术依赖于常识,看上去似乎有合乎逻辑的刺激机体重新启动呼吸的作用。这些和其他许多新奇的方法易于招来人们对18世纪科学的嘲笑,但重要的不是这些早期的方法是否可以成功,而是这些方法的存在象征着人们对于逆转猝死的追求。

从1767年至1949年,数以百计的技术和方法被推荐用于人工通气⁹,其中大部分是靠直接的压力作用于腹部、胸部或背部。这些技术的发明者错误地认为被动地使空气进入肺中就足以维持一个人充分的氧合。在欧洲和美国数以千计的人学到这些方法,但是没有一个是有效的¹⁰。可能会令人惊奇,没有科学家建议直接口对口人工呼吸,但必须记住多年来以他或她的嘴唇置于他人的嘴唇上被认为是令人厌恶的。之后,呼出的空气中没有足够的氧气维持生命的信念又继续维持了几十年。

找到方法

直到一位麻醉医师 James Elam 的现场参与,口对口复苏才被“重新发现”。我之所以说“重新发现”,是因为很多世纪以来在新生儿复苏中这项技术可能是有用的。Elam 的发现发生在1949年明尼阿波利斯爆发的一场脊髓灰质炎的疫情中。以下是 Elam 形容的这次活动:

一日,我在巡视病房时,在走廊看到一名护士拉着一辆轮床,还有两个护理员推着它,床上的孩子脸色发青。我完全出于反射地冲到走廊中间,喊住他们,抓住床单,擦干患儿口和面部上的大量的黏液……用我的嘴唇封住他的鼻并使其肺膨胀,4次呼吸后患儿的脸色变为粉红色⁵。

在这次重新发现的前一天晚上,Elam 读到一篇有关复苏历史的文章,文章描述了对新生儿的口对口人工呼吸。他把自己的“反射行为”归功于这篇文章。历史学家在科学探索中起到了至关重要的作用,令人感到欣慰。Elam 的激情使他对有关口对鼻人工呼吸的优点进行了宣传,他开始证明呼出的空气足以使没有呼吸的人充分氧合。为做到这一点,他从外科主任那里获得了许可,对断开乙醚麻醉前的术后患者进行研究。他证明,吹入气管导管的呼出的空气可维持正常血氧饱和度¹¹。几年后,Elam 会见了 Peter Safar,之后 Safar 与他一起努力让世人相信口对口人工呼吸是有效的。Safar 在瘫痪患者中展开了一系列试验,证明这种方法可以维持足够的氧¹²。Safar 这样描述了试验:

31名医师和医学生,以及1名志愿参加的护士……告知试验内容后,所有志愿者必须允许我对其无气管插管通气麻醉并用药物致麻痹。我给志愿者注射镇静剂,并令每个人处于完全麻痹状态几个小时,同时对其血中 O_2 和 CO_2 进行了分析。我给100多位非医护人员演示了这种复苏方法,然后要求他们在药物致麻痹的志愿者中实施⁵。

经过1年多的试验后, Safar 和 Elam 深信复苏应由用手操作变为口对口人工呼吸。1957年美军接受和认可了这种复苏方法, 美国医学会(AMA)紧接着于1958年也认可了这种方法。《*Journal of the American Medical Association (JAMA)*》在批注中这样陈述: “关于使用呼出的空气进行复苏的资料, 应尽可能广泛地推广”¹³。

不同于呼吸停止, 猝死的一个典型表现是循环停止, 尤其是心脏节律的变化, 难以被观察到。或许正因为如此, 对人工循环的评估显然滞后于有明显需求的人工呼吸。何况后启蒙时期的科学家即使要评估血液循环, 也根本没有一个有效的手段来这样做。闭合性胸部按压虽然在1904年就被描述过¹⁴, 但它的益处没有被很好的评估, 并且病例报告对推广闭合性胸部按压几乎没起到有益的作用。1890年一位医师的引述中描述了当时普遍存在的观念: “我们对麻痹者的循环无能为力”。

这就是偶然性发现起到的作用。可以相信科学发现是对小的结果苦心积累, 最终积小成大, 但科学探索中偶然事件所扮演的角色不能低估。胸部按压确实是 William Kouwenhoven、Guy Knickerbocker 和 James Jude 的一个偶然发现, 他们对犬进行除颤研究, 注意到通过应用浆状物对犬的胸部施加一个较大的力量, 可以在股动脉感受到搏动, 这是使他们最终在人体开展试验的关键观察。Jude 是这样回忆第一个获救于这项技术的人的: “……肥胖女性由于三氟乙烷麻醉导致心脏停搏……这名女子已无血压、脉搏, 通常我们会打开她的胸部……因为我们不是在手术室里, 取而代之我们运用了心外按压……她的血压和脉搏立刻恢复。我们不必打开她的胸部。他们继续给她做了手术, 她完全恢复了正常”⁵。他们于1960年 JAMA 上发表了20例医院内心脏停搏(cardiac arrest, CA)病例的研究结果¹⁵。在这20例患者中, 14人(70%)出院。胸部按压时间从1分钟至65分钟不等。作者们在他们具有里程碑意义的文章中这样写道: “现在, 任何人、任何时间, 都可以学会救生措施”。那年晚些时候, 如同我们今天所做的那样, 口对口人工呼吸, 结合胸外按压和心肺复苏术, 得到了发展。AHA 在1963年正式批准心肺复苏⁵。

除颤的发现

电的发现是启蒙运动的另一种产物, 在17世纪后期, 许多科学家开始用这种“新发现的”被称作电的力量进行试验。还出现了可能为除颤的早期描述¹⁶。举例来说, 在1780年的文字记载中有一篇报道提到: “Sophia Greenhill 从一个窗口摔落, 人们立即进行抢救, 使用了各种方法, 但伤者最终抢救无效死亡。”这篇报道还说: “Squires 先生试着利用电的效应, 几次电击伤者胸部, 察觉到一些微弱的脉搏。”¹⁷除颤器有两个电极和玻璃杆, 以保护操作者, 甚至有一个电容器和调节电流大小的方法。

心室纤颤(以下简称“室颤”)是150年前第一次在动物身上发现的, 当时两名德国科学家发现强电流直接作用于犬的心室会引起室颤, 这被认为是一个医学奇谈, 与人类没有任何关联性。在1887年至1889年发表在《*British Medical Journal (BMJ)*》的一系列文章中, John Mc William 作了第一个有关动物室颤的详细描述, 他也是第一个推断这项发现具有重要性的人^{18, 19}。在 Mc William 的时代, 假设是这样的: 心脏的突然衰竭采取的是一种突然停止的形式, 换言之, 没有电活动参与其中。Mc William 在犬身上所做的一些实验反驳了这个观点。Mc William 对室颤的描述写于100多年前, 非常经典:

正常的搏动立刻被破坏, 心室进入一个快速的、不规则的、抽搐的混乱状态……

心脏泵失去了联动,并且心室壁剩余的重要能源在剧烈和长时间无效的活动完全消耗……在我看来,在很大程度上可能会有类似的现象发生在人的心脏,并且是许多猝死病例的直接死因¹⁸。

除了研究犬,Mc William 还在幼年和成年的猫、兔、老鼠、刺猬、鳗鱼和鸡身上进行实验,他发现矮小一些的哺乳动物和那些大动物胎儿的心脏都不能够承受室颤。心脏只不过是太小了而不能维持节律。在他的推测中,对心脏大小及其承受室颤的能力的描述是主要因素,这也是在人类中导致猝死的重要原因。在 Mc William 写文章时,室颤还从来没有被人类直接观察到,因为心电图直到 1930 年才被发明出来。

Mc William 曾用电流诱发纤颤,但他从未尝试用电击停止心肌的颤动。直觉告诉他,电击既然可导致纤颤,便不可能同时除颤。虽然如此,Mc William 作为对纤颤做出卓越研究和首位给动物除颤的科学家受到了人们的赞誉。

近 代 史

20 世纪 20 年代,电击与除颤的联系被重新提起。由于爱迪生电气协会出现电击致死的员工,促使其投入资金研究以避免伤亡。研究者是 Hooker、Langworthy 和 Kouwenhoven²⁰,而 Kouwenhoven 后来又成为心肺复苏的发现者之一,他在对犬进行除颤时注意到电极在犬胸部加压时可使心脏复跳。这个偶然的发现产生了现代心肺复苏。

20 世纪 30 年代早期,Hooker 等人发现即使微弱的电击也可诱发室颤,而较强的电击却可以除颤。他们对犬诱导室颤后成功地进行了胸外除颤。然而他们这种胸外除颤方法仅在颤动尚有力、呼吸循环停止数分钟之内有效。如果时间超过数分钟,则须先行心内按压再除颤。“countershock”这个词由他们的研究而产生。因为导致心脏出现室颤的初始电击称为 shock,所以符合逻辑的说法是,使心脏除颤的第二次电击称为“countershock”。“countershock”即为除颤的说法,沿用了多年。Hooker 等人的研究正朝向对人类进行有效除颤的方向前进,遗憾的是由于爆发了第二次世界大战,研究不得不终止。

美国俄亥俄州克利夫兰市 Western Reserve 大学(后称为 Case Western Reserve 大学)的外科学教授 Claude Beck 对人类心脏除颤技术进行了多年的研究,这或许起因于 1922 年 Beck 在约翰霍普金斯医院实习外科时,第一次目睹心脏停搏的经历。在一例泌尿外科手术中,麻醉师突然宣布患者心脏停搏。令 Beck 惊奇的是,外科医生摘了手套,打电话给消防部门。15 分钟后消防救援小分队冲进手术间,给患者面部戴上氧动呼吸器(oxygen-powered resuscitators),当时 Beck 仍完全处在困惑中。患者死亡了,而这一幕给 Beck 留下了不可磨灭的印象。

20 年后,Beck 在书中写道:“外科医生不应该把这种紧急处理推给消防部门。”回忆起那件事,Beck 轻描淡写地对医学生们说:“那次经历使我确信我们医生没有对患者尽力。”²¹Beck 最终提高了心脏停搏的处理技术,并使其由消防部门交还给外科医生。具有讽刺意味的是,20 年后急救医疗技术人员(emergency medical technicians, EMT)的出现使得心脏停搏的处理再一次推给了消防部门。

Beck 意识到室颤经常发生在健全的心脏上,所以发明了一个短语“心脏好得死不了”(Hearts Too Good to Die)。1927 年,Beck 通过开胸心脏按压和体内除颤交替使用,首次成功地复苏了一名 14 岁男孩。这名男孩因严重的先天性漏斗胸而手术,而其身体其他方面均正常。在手术关闭胸部切口的时候,患儿突然出现心脏停搏,血压降至零。看到患者出现心脏

停搏, Beck 立即重新开胸, 开始心脏按压。通过观察和感觉, 他发现心脏正处于室颤。按压持续 35 分钟后, 经心电图证实为室颤。又过了 10 分钟, 除颤器送到手术室。第一次电击, 电极直接放在心脏两边, 没有成功。Beck 给予普鲁卡因后进行了第二次电击, 室颤消除了。短短几秒之内, 心脏产生了微弱、规律而快速的收缩。男孩的血压从零上升到 50mmHg, 心脏依然规律地跳动, 血压继续缓慢上升。除颤后的 20 分钟, 医生缝合了胸部伤口。3 小时后, 血压升至正常, 男孩醒了过来并能回答问题。他完全康复了, 没有遗留神经系统损害²²。

Beck 使用的除颤器是自制的。不愧是科学家, Beck 不断研制新模型以提高仪器效率。由于这些模型意图用来进行开胸电除颤, Beck 设计了一种既可以电击, 又可以做心脏按压的除颤器。它的吸盘贴在心脏外壁, 可以伸展使心脏舒张。按照 Beck 的说法, 仪器能够以每分钟 120 次的速度按压心脏, 从而将外科医生从心脏按压中解放出来。两个吸盘可以作为除颤器的电极。Beck 的除颤器是一个精巧的装置, 然而胸外按压和体外除颤的发明使它最终成为了历史珍品。

体外除颤器的发明是 Paul Zoll 早期研究体外心脏起搏器的延伸。Zoll 也很关注开胸心脏除颤。他所在的医院对患者手术中发生室颤的标准复苏程序是: 开胸手动心脏按压, 恢复血液循环, 然后用交流电直接对心脏除颤。

决定研制交流电体外除颤器而非直流电除颤器, 是因为 20 世纪 50 年代初还没有强效而便携的直流电源设备。1955 年, 全凭 Zoll 的体外除颤器的功劳, 一名 67 岁老年男子在数次室颤发作中得以存活, 并于 1 个月后出院回家。Zoll 在 4 个月里为 4 名患者终止了 11 次室颤, 除颤所需的电压在 240~720V 之间。Zoll 的成果发表在 1956 年《*New England Journal of Medicine (NEJM)*》上²³。

Zoll 设计的除颤器, 同早期 Kouwenhoven 和 Beck 设计的一样, 用墙壁上的交流电源直接供电。这些交流电除颤器庞大而笨重, 主要原因是它们需要一个将 110V 电压升至 500~1000V 电压的变压器。如果不解决携带困难的问题, 除颤器将难以挽救众多的生命。

这个问题最终被 Bernard Lown 解决了。Lown 设计了直流除颤器来代替交流除颤器。直流除颤器由电池供电, 数秒钟之内可以将电容器充电。电容器储存电能, 通过胸壁放电产生巨大震动。新型实用的小型电容器大大减少了除颤器的体积和重量, 不再需要庞大的变压器, 也没有了电线的束缚, 除颤器可以直接放到患者身边。

20 世纪 60 年代, 人们对直流电对心脏的影响所知甚少。Lown 把问题分成两部分: 安全性和有效性。1960~1961 年所进行的一系列犬的动物实验发现, 直流电击对心脏极其有效, 并且行胸外除颤时比交流电安全许多倍。

Lown 在 1962 年发表于《*American Journal of Cardiology*》²⁴ 上的文章中提到, 应用交流电心脏复律时, 室颤的发生率比应用直流电心脏复律时高 10 倍。

Lown 也确实发现了应用直流电除颤时有一段短暂的时期会导致室颤, 于是他设计了一个简单的装置避免在“易损期”的几毫秒内除颤。这是他对直流电除颤器的突破, 便携式除颤器终于诞生了。除颤器进一步的发展方向就是制造更高效小巧的电池和更便携的电容器。于是, 带着 50 磅的变压器并且需要找电源插座的交流电除颤器从此绝迹。

现 代 史

随着直流电除颤器的出现, 除颤广泛传播的条件齐备了。除颤在冠状动脉性心脏病

(以下简称冠心病)监护室、急诊室迅速开展。20 世纪 60 年代末到 70 年代早期,首个护理人员计划出现,一旦患者出现室颤则可将除颤器直接送到患者身边。首个计划在美国西雅图、波特兰、哥伦布、俄亥俄、迈阿密、洛杉矶几乎同时应用⁵。20 世纪 80 年代,在华盛顿 King 县进行了证明 EMT 有效性的试验。第一项研究表明室颤存活率从 7% 上升到 26%。其他社区也开始应用 EMT 除颤计划²⁵。

自动除颤器的设想最初由波特兰的外科医生 Arch Diack 提出²⁶。Diack 最初的样机是在一间地下室组装的,应用一条独特的除颤通路——从舌到胸。机器有一个呼吸监测器作为保护装置,避免电击到有呼吸的患者。电极实际上是一个频率计数器,比现在复杂的室颤检测器原始得多。样机重 35 磅(1 磅=50.8kg),有详细的说明。这是一个超越时代的设计,许多人视之为新奇的事物。20 世纪 80 年代末期,其他产品进入这个领域,最终产生了我们现在使用的自动体外除颤器(automated external defibrillators, AED)。由于 AED 使用方法简单,易于培训,使 EMT 除颤计划迅速扩展。第一个证实 AED 除颤安全性和有效性的 EMT 除颤计划也在 King 县开展起来(Richard Cummins 开展)²⁷。有了配备 AED 的 EMT,自然而然地出现了第一急救者除颤。也许将来 AED 会作为个人安全装置配备在家中。

展 望 未 来

将来的 AED 能够从心脏停搏患者处得到更多的反应,并把心脏停搏反馈信息提供给救助者。例如,一个装置可能从心电图、室壁运动或内部声音中获取信息,并反馈给救助者,使其知道是否在除颤前应先行心肺复苏。换言之,心电图可能提供如何进行复苏的建议。回顾 20 世纪 70 年代,人们的观念是心肺复苏应在除颤前先给予心肺复苏,以“先期投入”以及清除心脏中的乳酸。20 世纪 80 年代,越来越多的证据显示那恰恰是除颤的最佳时期。除颤成为首选,应尽快给予,这被称为“行心肺复苏直至除颤器到来”。根据现在的研究,Seattle 和 Oslo 又一次提出是否应先行心肺复苏再除颤。结果可能是这两者都正确,即初发室颤或短期室颤先除颤,长期室颤先行心肺复苏。

我们现在发现心肺复苏与除颤具有相互作用,每一个操作过程都不是独立存在的。从室颤的信号中可能得到更多反馈信息,以决定采取心肺复苏还是立即除颤。自世界工程(world of engineering)的最新研究显示,基于室颤信号的自主循环恢复的概率(P_{ROSC})可被计算。这个概率是通过计算光谱密度、频率、振幅以及其他电学指标得来的。因为可以每秒钟进行计算,所以可以得知 P_{ROSC} 的增减,以此指导复苏过程。例如,如果发现 P_{ROSC} 为 20%,则有进行心肺复苏或者药物治疗的指征;而 P_{ROSC} 达到 60%,则应先除颤。不建议低 P_{ROSC} 时除颤,因为这时可能对心脏造成损害,导致复苏成功率降低,而且失去行心肺复苏的机会。人们甚至可以在胸外按压、机械通气的同时获取室颤的信息。

复苏科学在继续

人们花费约 200 年时间寻找复苏之路。口对口人工呼吸、胸外按压、除颤都是独立发现,而后整合到一起,使挽救猝死患者的生命变为现实。复苏科学是在实验的科学方法上建立起来的。许多错误的开始,特别是人工呼吸和除颤,导致了有效技术的出现。现在我们可以用可靠的方法挽救大量猝死患者的生命,众多科学家和研究者因这些成就而自豪。然而真正的