



普通高等教育“十三五”规划教材
全国高等医药院校规划教材

生命支持技术与设备

主 编 漆小平 俞世强 付 峰
主 审 易定华
副主编 尤富生 杨 剑 张 鹏 李立新
王军学 董海龙 金振晓 孙世仁



科学出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

全国高等医药院校规划教材

生命支持技术与设备

主 编 漆小平 俞世强 付 峰

主 审 易定华

副主编 尤富生 杨 剑 张 鹏 李立新

王军学 董海龙 金振晓 孙世仁

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书从临床应用角度系统介绍生命支持的主流技术和设备,重点阐述现代生命支持的生理学与工程学原理,构成生命支持设备的关键技术。全书共分四章,主要内容包括生命救治链和急救流程,基础生命支持、高级生命支持和后续生命支持的救助原则、步骤和关键技术及设备;呼吸生理与肺功能评价、常频呼吸机、高频呼吸机、正压通气管理模式;心血管系统及功能评价、心脏疾病常规检查技术、心脏手术技术、心脏电生理支持设备、体外循环设备、主动脉内球囊反搏技术、心室辅助装置与全人工心脏;血液成分分选技术、透析器、血液透析机、血液透析滤过机、连续性血液净化设备、血液灌流技术、腹膜透析及腹膜透析机、透析用水处理设备以及透析器复用机等。

《生命支持技术与设备》是本医学仪器与设备系列教材之四,在姊妹篇《医用电子仪器》、《医学检验仪器》、《手术室设备》基础上,秉承“描述生理学意义与临床背景、阐述工程学原理及关键技术”的一贯宗旨,围绕着生命救治链的各技术环节,讲述生命支持相关技术与设备的工作原理和临床应用,突出生命支持技术与设备“解决的医学问题、应用的工程学原理、实现的生理学功能”等内容。

本书可作为生物医学工程、临床医学及护理学等相关专业本科生的专业课教材,也可作为相关专业研究生、专科生的选修课教材,以及医学工程技术人员、临床医护人员的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

生命支持技术与设备 / 漆小平, 俞世强, 付峰主编. —北京: 科学出版社, 2018.5
普通高等教育“十三五”规划教材·全国高等医药院校规划教材
ISBN 978-7-03-057187-8

I. ①生… II. ①漆… ②俞… ③付… III. ①应急生命维持系统—医学院校—教材 IV. ①TH789

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 077120 号

责任编辑: 李 植 / 责任校对: 郭瑞芝
责任印制: 赵 博 / 封面设计: 王 融

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京市密东印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 5 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2018 年 5 月第一次印刷 印张: 36

字数: 812 000

定价: 128.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

编委会人员

主 编 漆小平 俞世强 付 峰

主 审 易定华

副 主 编 尤富生 杨 剑 张 鹏 李立新

王军学 董海龙 金振晓 孙世仁

编 者 (按姓氏笔画排序)

于 艳 (空军军医大学西京医院)

于颖群 (解放军 307 医院)

马 锐 (西安市儿童医院)

王 丹 (解放军 305 医院)

王 磊 (解放军 307 医院)

王延辉 (白求恩和平医院)

王明刚 (解放军 401 医院)

王梅玲 (泰安市妇幼保健院)

尤富生 (空军军医大学)

方成龙 (解放军 88 医院)

田 竞 (解放军沈阳总医院)

付 峰 (空军军医大学)

代 萌 (空军军医大学)

冯庆祥 (天津汇康)

朱 霞 (解放军 150 中心医院)

刘 宇 (解放军沈阳总医院)

刘 洋 (空军军医大学西京医院)

刘本源 (空军军医大学)

刘锐岗 (空军军医大学)

齐晓琳 (解放军 123 医院)

孙世仁 (空军军医大学西京医院)

苏红森 (解放军 181 医院)

李 伟 (辽宁德澜医院管理集团)

李 莎 (铁法煤业总医院)

李 雷 (解放军 422 医院)

李业博 (空军军医大学唐都医院)

李兰兰 (空军军医大学西京医院)

李林鸽 (中国医学装备协会)

李信政 (白求恩和平医院)

李洋平 (空军军医大学西京医院)

于 巍 (白求恩和平医院)

上官林峰 (白求恩和平医院)

马晓兵 (解放军 205 医院)

王 晓 (空军军医大学唐都医院)

王玉同 (空军军医大学西京医院)

王军学 (空军军医大学唐都医院)

王彦军 (空军军医大学西京医院)

云庆辉 (空军军医大学西京医院)

牛国喻 (解放军 181 医院)

帅万钧 (解放军总医院第一附属医院)

史学涛 (空军军医大学)

付 磊 (解放军 401 医院)

丛玉孟 (北京谊安医疗)

邢 飞 (博鳌恒大国际医院)

乔龙学 (解放军总医院第一附属医院)

刘 蕊 (西安儿童医院)

刘 鹏 (解放军 181 医院)

刘建萍 (西安市儿童医院)

刘韶林 (成都威力生)

米永巍 (解放军武汉总医院)

孙喜文 (总后药检所)

苏斌琥 (空军军医大学西京医院)

李 丽 (解放军 88 医院)

李 辉 (解放军 303 医院)

李 巍 (解放军 307 医院)

李立新 (火箭军峨眉疗养院)

李向东 (空军军医大学西京医院)

李岩峰 (解放军总医院第一附属医院)

李彦博 (解放军 307 医院)

李鹏社 (解放军 181 医院)

李耀明 (解放军 425 医院)	杨 军 (解放军 301 医院海南分院)
杨 剑 (空军军医大学西京医院)	杨 滨 (空军军医大学)
杨丽芳 (西安市儿童医院)	杨德武 (北京卫生职业学院)
轩永波 (解放军 181 医院)	吴 刚 (解放军 88 医院)
吴运福 (空军军医大学西京医院)	吴佳铭 (白求恩医务士官学校)
吴建刚 (总后药检所)	邱泽武 (解放军 307 医院)
何 云 (重庆康心医院)	宋佳丽 (解放军 307 医院)
张 伟 (空军军医大学)	张 砾 (解放军 307 医院)
张 鹏 (解放军 307 医院)	张红远 (解放军 303 医院)
张昊鹏 (空军军医大学西京医院)	张祖进 (解放军 303 医院)
张鹏飞 (解放军 307 医院)	陈 迈 (空军军医大学西京医院)
陈 宇 (空军军医大学西京医院)	陈友东 (解放军 123 医院)
陈文霞 (解放军 307 医院)	武 婷 (天津市胸科医院)
武文君 (总后药检所)	林庆禄 (解放军 88 医院)
易 甫 (空军军医大学西京医院)	易 蔚 (空军军医大学西京医院)
易定华 (空军军医大学西京医院)	罗克品 (解放军 181 医院)
罗惠超 (博鳌恒大国际医院)	季振宇 (空军军医大学)
金振晓 (空军军医大学西京医院)	周怡敏 (空军军医大学)
周建辉 (解放军总医院)	郑小溪 (解放军武汉总医院)
郎 朗 (重庆新桥医院)	赵 荣 (空军军医大学西京医院)
赵 鹏 (总后药检所)	赵汉卫 (解放军 123 医院)
赵璧君 (空军军医大学西京医院)	荆 斌 (解放军 307 医院)
柏长青 (解放军 307 医院)	俞世强 (空军军医大学西京医院)
闻 巍 (解放军总医院)	姚国庆 (解放军武汉总医院)
袁 华 (空军军医大学西京医院)	夏军营 (空军军医大学)
晁 勇 (解放军总医院第一附属医院)	徐 娴 (空军军医大学西京医院)
徐灿华 (空军军医大学)	徐海琴 (解放军 323 医院)
徐博翎 (苏州大学)	高 蕊 (西安市儿童医院)
郭建英 (空军军医大学西京医院)	唐 伟 (解放军 88 医院)
唐嘉佑 (空军军医大学西京医院)	姬 军 (解放军 305 医院)
黄仁春 (汉中市中心医院)	黄奕江 (解放军 123 医院)
崔景辉 (大连德澜医院)	梁宏亮 (空军军医大学西京医院)
随加虹 (解放军 307 医院)	董海龙 (空军军医大学西京医院)
程 亮 (空军军医大学西京医院)	程 冕 (解放军 123 医院)
程云松 (解放军 307 医院)	焦亮强 (解放军 123 医院)
逯新宇 (空军军医大学西京医院)	蔡玉琴 (解放军总医院)
漆小平 (解放军 307 医院)	薛 蓬 (重庆康心医院)
薛芊芊 (徐州医科大附属医院)	霍 江 (解放军 307 医院)
魏旭峰 (空军军医大学西京医院)	濮黄生 (空军军医大学)

序 言 1

历时两年,由漆小平、俞世强、付峰等教授领衔的专家团队终于完成了《生命支持技术与设备》一书的中文编撰,衷心祝贺。

随着临床医学和科学技术的快速发展,越来越多用于临床的生命支持技术与设备相继问世,新型的治疗方法、技术手段、器材设备层出不穷,极大提升了医疗服务质量。毋庸置疑,先进的医学设备为现代临床治疗提供了技术保障,使一些原本困难或无法开展的救助成为可能。

然而,国内医疗器械产业与发达国家尚有差距,大多高端设备依赖进口,许多仪器设备虽然已经普遍应用,但使用和维护的医务人员对这些技术、设备的工程学实现过程却知之甚少,难以发挥其最佳效用。究其原因,许多重要的现代医学设备至今尚未纳入教材体系,没有完整、系统的原理性论述资料。基于这一现状,《生命支持技术与设备》编写团队集中了来自临床医学和生物医学工程的专家,收集并整理了大量资料,结合临床实践,精心撰写了这部内容翔实、原理准确的教材。

《生命支持技术与设备》一书为读者系统介绍了生命支持仪器设备(包括呼吸机、体外膜肺氧合、心脏除颤器和心脏起搏器、主动脉内球囊反搏、人工心脏、血液透析机等)的工作原理,以及应用方法、关键技术与工作流程。该书深入浅出,从基础生命支持手段到高级生命支持方法,从呼吸机、血液净化仪器等基础生命支持仪器,到体外膜肺氧合、全人工心脏等高级生命支持设备,结合国内外最新前沿技术和文献报道资料,详细阐述了生命支持主流设备的核心技术与生理学、工程学原理。

本书的内容填补了我国医疗机构中临床工程与医学设备领域中的空白,尤其适用于临床医学和生物医学工程专业本科生的在校学习,对从事急救、重症监护、手术麻醉、心血管、呼吸等生命支持相关工作的临床医护人员也有较好的参考价值。

借此,向所有参与本书编写和组织工作的朋友致意!



(庄建)

中华医学会胸心血管外科学分会主任委员
广东省人民医院院长

序 言 2

医学工程技术的进步,为推动人类医学发展做出了巨大贡献。随着我国对医疗健康领域的不断投入,大量先进的仪器设备普遍用于临床,熟练运用生命支持技术与设备已成为临床医务人员的基本技能。然而,国内有关医疗设备的培训教材相对滞后,不利于医学各专业的学科建设和人才培养。无论是在校教学还是临床培训,都迫切需要一系列能够反映临床医学工程最新技术、理论性与实用性并重的教材。由漆小平、俞世强等教授编写的《生命支持技术与设备》是医学设备系列教材之四,内容包括了各阶段生命救治链、关键技术与设备应用等,可以满足相关专业的教学与培训。

本书为普通高等教育“十三五”规划教材,由具有丰富经验的专家执笔。全书分为四章,内容涵盖了心肺复苏、肺功能检测、肺通气支持、心肺功能支持以及血液净化等技术,较全面地阐述了现阶段生命支持的主流技术和相关设备。

本书应用原理清晰、物理概念准确、内容翔实、可读性强,特别突出了当今国内外发展现状和前沿技术。书中系统介绍了十几种新型医学仪器,其中,辅助人工心脏和全人工心脏等内容是首次出现在专业教科书中,同时作者摘选并绘制了近千张插图,便于课堂教学和理解。本书的出版是医学领域继承与创新的结晶,也是心血管外科、急诊医学、肾脏医学、呼吸内科等多学科专业人员共同努力的成果。

It is not the technology that changes the world, it's the dreams behind the technology that change the world. 技术和设备固然重要,但责任感和人文情怀在抢救患者时可能更具有临床价值,作为一名在临床工作近40年的医生,我衷心希望大家在尊重科学的同时,更加敬畏生命,这正是本书作者所要达到的目标。相信本书的出版,将会受到广大医学界师生的欢迎,对我国生命支持技术的发展发挥积极作用!



(熊利泽)

中华医学会麻醉学会主任委员

亚洲和澳洲麻醉学会主席

《中华麻醉学杂志》总编辑

空军军医大学西京医院原院长

前 言

延续生命、治病救人是临床医学亘古不变的核心目标，随着社会文明和科学技术的进步，赋予现代医学更多期待，集中体现于生命支持的时效性与精准性。生命支持是针对人体基本生命指征采取的一系列医疗干预措施，是运用各种技术手段，辅助或替代某类器官的生理功能，以维系基础生命活动（如呼吸、心动等），为濒危患者转归赢得机会。

生命支持源于对人体生理功能的认知与理解，生命支持技术既是对临床实践中蕴涵的物理原理的科学归纳，也是运用工程学方法替代和辅助生理功能的关键技术，由此产生了一系列的生命支持设备。众所周知，医疗仪器已成为现代医疗行业的技术支撑，无法想象，如果没有呼吸机，呼吸衰竭患者何以长期维持基础氧代谢；如果没有除颤器，心脏骤停如何来纠正室颤。

生命支持设备的工作原理通常与经典的临床救治技术相关，这些设备运用现代科学与工程技术手段，使得生命支持更为便捷、有效、安全。比如，徒手胸外按压能够短时间内辅助停搏的心脏维持血液循环，根据其“心泵”和“胸泵”的生理学原理，心肺复苏机利用机械装置模拟徒手按压，以替代人工操作；为强化按压效果，第三代心肺复苏机采用全胸腔包裹的三维按压模式，使得心肺复苏更为有效，并大幅降低了徒手按压可能发生的并发症。

生命支持技术与设备具有鲜明的医学认知和技术发展的局限性，并非所有技术都与所支持的生命活动的物理学原理完全一致。比如，呼吸机是临床支持肺通气的主要设备，它采用的正压机械通气方式就有悖于人体的自然呼吸，在没有研制出更完美的通气设备之前，正压机械通气还要在临床长期使用。生命支持技术不是单纯的生理学模仿，它通过对某些生理现象的本质追溯，寻求一种现代技术可以实现的支持方法，最为典型的实例是主动脉内球囊反搏（IABP）技术。由于心肌灌注主要发生在舒张期，主动脉内球囊反搏术采用物理学方法，人为提高主动脉根部的舒张压，进而改善心肌供血。现代医学设备为临床治疗提供了技术保障，使一些原本困难或无法开展的救治成为可能。如，人工心肺机通过暂时性替代心脏泵血与肺换气的技术措施，使得心脏直视手术能够在无血（或少血）、心脏停搏（或缓搏）的环境下开展；又比如，体外膜式氧合技术（ECMO）能够快速建立体外循环，迅速改善血流灌注及氧代谢，使心肺衰竭患者的抢救成功率显著提高。

自20世纪80年代起，我国一直处于经济的快速发展期，居民收入和生活质量得到大幅提升，人们对健康与生存质量有了更高的期许。这促进了我国医疗行业的快速发展，许多大型综合性医院的医疗水平逐渐接近于发达国家，大

量先进的仪器设备普遍在临床应用,熟练运用生命支持技术与设备已成为临床医务人员的基本技能。

本书是医学设备系列教材之四,在姊妹篇《医用电子仪器》、《医学检验仪器》、《手术室设备》基础上,秉承“描述生理学意义与临床背景、阐述工程学原理及关键技术”的一贯宗旨,围绕着生命救治链的各技术环节,讲述生命支持相关技术与设备的工作原理和临床应用,重点突出生命支持技术与设备“解决的医学问题、应用的物理学原理、实现的生理学功能”等内容,紧扣临床需求、实现原理、关键技术、应用规范等要素,从临床应用角度,阐述生命支持技术与设备的为什么(目的与需求)、是什么(概念与机理)、如何实现(技术与功能)、如何用好(安全与高效)等基本问题。希望通过对每一项技术与设备的临床医学来源、生理病理机制和工程技术解决方案的系统阐述,潜移默化地启迪思考,提高分析问题和解决问题的能力,实现从学习知识到提高能力的转化;更期望通过教与学,在掌握解决问题的途径、方法和关键技术的基础上,进一步培养“追溯”的科学素养。

现代生命支持技术主要包括:生命救助链、肺通气支持、心肺功能支持以及血液净化等技术,为此,全书安排了四章内容。第一章系统介绍生命救治链的概念和急救基本流程,全面阐述基础生命支持、高级生命支持和后续生命支持的救助原则、步骤和关键技术与设备。第二章是呼吸支持设备,通过介绍呼吸生理、肺功能评价,引出机械通气的概念,重点阐述常频正压机械通气的应用价值与关键技术,介绍高频通气技术与设备,结合呼吸机的构成与工作原理,介绍呼吸机的通气管理模式。第三章心肺支持技术与设备是本书的重点内容,将全面、系统地介绍当今主流的心肺支持技术与人工干预手段,包括心血管系统及功能评价、心脏疾病检查技术、心脏手术治疗技术、心脏电生理支持设备、体外循环设备、主动脉内球囊反搏技术、心室辅助装置与全人工心脏等。第四章为血液净化设备,根据血液成分的分选技术,系统介绍透析器、血液透析机、血液透析滤过机、连续性血液净化设备、血液灌流技术、腹膜透析及腹膜透析机、透析用水处理设备以及透析器复用机等。

《生命支持技术与设备》是普通高等教育“十三五”规划教材,涉及内容为现阶段急救医学和生命支持中的常用技术和主流设备,适用于生物医学工程、临床医学及护理学等相关专业的本科教学,既可以作为临床工程和医务人员了解生命支持技术与设备的参考资料,也能用于急救医学、危重症医学的培训教材。

需要特别说明,伴随临床医学与现代科技的进步,临床医学及生命支持技术正向高效化、信息化、智能化方向发展,生命支持技术与设备始终处于快速更新与发展过程,因此,本教材无法穷举,仅利用有限篇幅介绍当今的主流技术和设备,在实际教学中还应结合实际,及时更新并完善相关内容,以实现更

好的教学效果。

在教材编写过程中参考了大量已经公开发表的相关论文和专著，在此特别对原文作者表示感谢。同时，还获得了北京、西安、天津、石家庄、南宁、重庆、成都、桂林、泰安、大连等医学院校和医疗单位以及中国医学装备协会、中华医学会胸心血管外科学分会、中国生物医学工程学会体外循环分会、北京成曦生物科技有限公司、天津汇康医用设备有限公司和上海纽脉医疗科技有限公司等大力支持，借此表示诚挚的谢意！

需要注意，本教材中的相关急救指南和临床操作内容，仅为教学参考，不作为临床应用标准和规范，急救及临床操作请务必依据国家权威机构发布的最新指南为准，由此带来的一切后果，本编委会不承担责任。

本书虽经多次校审，但因时间紧、内容广，加之学识有限，难免错误和纰漏，敬请批评指正！

编者

2017年11月于北京

目 录

第一章 生命支持	1
第一节 心搏骤停的急救生存链	1
第二节 基础生命支持	8
第三节 高级生命支持	17
第四节 后续生命支持	25
第二章 呼吸功能检测与支持技术	50
第一节 呼吸与肺功能检测技术	50
第二节 机械通气	82
第三节 呼吸机	102
第四节 呼吸机的通气模式管理	133
第三章 心肺支持技术与设备	156
第一节 心血管系统及功能评价	156
第二节 心脏疾病检查与手术治疗技术	177
第三节 心脏电生理支持设备	231
第四节 体外循环设备	287
第五节 主动脉内球囊反搏	349
第六节 人工心脏	371
第四章 血液净化设备	395
第一节 血液净化基础	395
第二节 血液透析机	423
第三节 连续性血液净化设备	476
第四节 血液灌流技术	496
第五节 腹膜透析与腹膜透析机	508
第六节 透析用水处理设备	528
第七节 透析器复用机	546
参考文献	555

第一章 生命支持

生命支持（life support, LS）泛指由专业或非专业人员采取的一系列紧急救治的医疗措施，是运用现代心肺复苏（cardio-pulmonary resuscitation, CPR）等手段，实现濒危患者的转归。根据生命救治的紧迫性、所处场地和可能投入的人力、物力，将生命支持过程划分为三个紧密衔接的阶段，即基础生命支持、高级生命支持和后续生命支持。

基础生命支持发生在第一现场，以争取时间、抢救生命为主，意义在于快速恢复或维持至关生命安全的基本体征（心跳、呼吸等），有效缓解病（伤）情，或避免其进一步恶化，由于第一现场条件受限，徒手心肺复苏是基础生命支持最为重要、基础的救助方法；高级生命支持是基础生命支持的继续，是指有专业救护人员参与、有基本救助设备支持的抢救过程，这个过程通常发生在条件允许的第一救助现场、救护转运途中及急诊救助中心等，目的是通过打开呼吸和静脉通道，利用各种设备资源和救助手段，实施更为专业的生命支持，使之恢复自主循环与呼吸；后续生命支持为院内医学救助，是在基本生命体征相对平稳、自主循环与呼吸恢复后，通过病因诊断采取的针对性治疗，进行后续生命支持的患者将转入重症监护病房（或导管室），利用各类诊断技术与治疗设备，为其提供全面、有效的生命支持，目的是恢复与维护重要脏器功能，使患者脱离危险，为进一步的专科治疗创造条件。在现代急救医学体系中，高级生命支持与后续生命支持并没有明确的界限，其救助功能与治疗范围有许多交叉。

基础生命支持是以“快”、“救命”为核心目标，高级生命支持为更专业的救助，目的是稳定与恢复生命体征，后续生命支持则是全面、专业的系统性治疗，由此可以构成现代急救医学一个完整的生命救助链条，统称“生存链”。本章将围绕生存链及采取的连续性医疗行为，系统介绍各级生命支持的概念、原则与方法及主要的支持技术。

第一节 心搏骤停的急救生存链

挽救生命、治病救人是促进临床医学发展亘古不变的动力，随着社会文明和科学技术的进步，赋予急救医学更多期待，集中体现于紧急救治的时效性与精准性。针对心搏骤停这一猝死率最高的突发性急症，现代急救医学提出了“黄金5分钟”的救助理念，旨在最短的时间内调动一切资源，尽最大可能现场施救，以挽救患者生命。

快速徒手心肺复苏（CPR）是最常用且有效的急救措施，它可以在第一时间、第一现场为心搏骤停患者提供“救命”的生命支持。然而，快速徒手心肺复苏仅能临时性维持，目的是为后续抢救争取时间，这就要求专业急救团队的快速响应，及时到达现场，实施更为有效的救助及后续治疗。急救生存链（chain of survival）是针对心搏骤停救治制定的通用策略链环，即从现场施救提供基础生命支持的挽救生命——“救命”，到专业急救团队提供较为全面高级生命支持的维持生命——“保命”，最后再由院内重症监护室、导管室提供更为全面、有效的后续生命支持，以维持和恢复重要脏器功能，最终使患者康复。

一、心 搏 骤 停

心搏骤停（cardiac arrest）也称为心脏性猝死（sudden cardiac death）或心源性猝死，是指各种原因所致的心脏突然停搏、有效泵血功能终止，从而造成循环中断、呼吸衰竭、意识丧失，引起重要器官（如脑）及全身性缺血、缺氧和代谢障碍，是最为严重的心血管急症。心搏骤停已成为心脏病患者的第一杀手，其主要原因在于，患者心搏骤停前无明显特异性症状，一旦病发，如无立即抢救，一般在数分钟内进入死亡期，罕有自发逆转者。

（一）心搏骤停的原因

心搏骤停者绝大多数患有器质性心脏病，主要包括冠心病、肥厚型和扩张型心肌病、心脏瓣膜病、心肌炎、非粥样硬化性冠状动脉异常、浸润性病变、传导异常（QT 间期延长综合征、心脏传导阻滞）和严重室性心律失常等。另外，洋地黄和奎尼丁等药物中毒亦可引起心搏骤停。大多数心搏骤停是由室性快速心律失常所致，一些暂时的功能性因素，如心电不稳定、血小板聚集、冠状动脉痉挛、心肌缺血及缺血后再灌注等都可能使原有稳定的心脏结构异常，从而发生不稳定状况。自主神经系统不稳定、电解质失调、过度劳累、情绪压抑及致心律失常的药物等因素，都可触发心搏骤停。

根据《美国心脏学会心肺复苏和心血管急救指南》，心搏骤停的常见原因见表 1-1。

表 1-1 心搏骤停的常见原因

分类	原因	疾病或致病因素
心脏	心肌损伤	冠心病、心肌病、心脏结构异常、瓣膜功能不全
	心律失常	心室颤动、缓慢性心律失常或心室停顿、持续性心动过速
呼吸	通气不足	中枢神经系统疾病、神经肌肉接头疾病、中毒或代谢性脑病
	上呼吸道梗阻	中枢神经系统疾病、气道异物阻塞、感染、创伤、新生物
	呼吸衰竭	哮喘、慢性阻塞性肺疾病、肺水肿、肺栓塞
循环	机械性梗阻	张力性气胸、心脏压塞、肺栓塞
	有效循环血量过低	出血、脓毒症、神经源性休克
代谢	电解质紊乱	低钾血症、高钾血症、低镁血症、高镁血症、低钙血症
中毒	药物	抗心律失常药、洋地黄类药物、 β 受体阻滞剂、钙通道阻滞剂、三环类抗抑郁药
	毒品滥用	可卡因、海洛因
	中毒	一氧化碳、氰化物
环境		雷击、触电、低/高温、淹溺

根据心搏骤停的病理生理机制，按年龄段划分高发病因：婴幼儿主要为呼吸道感染；中青年多为心肌病；老年人则以冠心病及脑卒中（脑中风）为主。

（二）心搏骤停的临床表现

心搏骤停或心源性猝死的临床过程可分为 4 个时期，前驱期、发病期、心搏骤停期和生物学死亡期。

1. 前驱期 许多患者在发生心搏骤停前，数天或数周甚至数月有可能出现胸痛、气促、乏力、软弱、持续性心绞痛、心律失常、心力衰竭等前驱症状，也有些患者可能无任何前

驱症状。由于这些前驱症状并非心搏骤停所特有，多见于任何心脏病的发作前期，因此并不能明确辨别心搏骤停。有资料显示，50%的心搏骤停者在猝死前一个月内曾经求诊过，但患者主诉常不一定与心脏疾病有关；在医院外发生心搏骤停的存活者中，28%在心搏骤停前有心绞痛或气急症状。前驱症状仅是提示有发生心血管疾病的危险，并不能有效甄别可能发生心搏骤停的亚群。

2. 发病期 发病期是心搏骤停前的急性心血管改变时期，通常不超过1h。典型的临床表现包括长时间的心绞痛或急性心肌梗死的胸痛，急性呼吸困难，突然心悸，持续心动过速，头晕目眩等。若心搏骤停瞬间发生，事前无预兆警告，则95%为心源性，并常伴有冠状动脉病变。从心脏猝死者所获得的连续心电图记录中可见，在猝死前数小时或数分钟内常有心电活动的改变，其中以心率增快和室性期前收缩的恶化升级最为常见。猝死于心室颤动者，常先有一阵持续或非持续的室性心动过速，这些心律失常的发病患者，在发病前大多清醒并能正常活动，发病期（自发病到心搏骤停）非常短，心电图异常大多由心室颤动引起。另有部分患者以循环衰竭发病，在心搏骤停前已处于活动功能障碍，甚至昏迷，其发病期相对较长，在临终心血管改变前常已有非心脏性疾病，心电图异常以心室停搏较心室颤动更为多见。

3. 心搏骤停期 意识完全丧失是心搏骤停期的主要特征，如果不立即采取相应的救助措施，患者一般会在数分钟内进入临床死亡期。心搏骤停是临床死亡的主要标志，从外表看，人体生命活动已经消失，但组织内微弱的代谢过程仍在继续，此时，尽管脑中枢功能已经难以维系正常的生理活动，但是尚未进入不可逆转的生物学死亡期。临床死亡的典型三联症包括突发意识丧失、呼吸停止和大动脉搏动消失，其临床症状和体征表现为：①心音消失；②触不到脉搏、无血压；③意识突然丧失或伴有脑缺氧引起的短暂抽搐（抽搐常为全身性），有时伴眼球偏斜，上述症状多发生于心脏停搏后的10s内；④呼吸断续，呈叹息样，随后即停止，多发生在心脏停搏后20~30s内；⑤昏迷，多发生于心脏停搏30s之后；⑥瞳孔散大，多在心脏停搏后30~60s出现。

心电图表现为：①心室颤动（ventricular fibrillation, VF）；②无脉性心动过速（pulseless ventricular tachycardia, VT）；③心室静止（ventricular asystole）；④无脉性心电活动（pulseless electric activity, PEA）。

心搏骤停期尚未到生物学死亡阶段，如给予及时恰当的抢救，仍有复苏的可能。复苏的成功率主要取决于以下几点。

（1）复苏开始的时间，越早实施心肺复苏，其成功率越高。

（2）心搏骤停发生的场所，若心搏骤停发生在可立即进行心肺复苏的场所，则复苏成功率较高。

（3）心脏电活动的异常类型，救助成功率由高至低为室性心动过速、心室颤动、心电机械分离、心室停顿。

（4）心搏骤停前患者的临床体征。

在医院或重症监护病房，如果具备完善的心肺复苏抢救条件，复苏的成功率主要取决于患者在心搏骤停前的临床表现。若为急性心脏病发作或暂时性代谢紊乱，则预后较佳；若为慢性心脏病晚期或严重的非心脏疾病（如肾衰竭、肺炎、败血症、糖尿病或癌症），则复苏的成功率并不比院外心搏骤停的复苏成功率高。后者的成功率主要取决于心搏骤停

时心电活动的类型,其中以室性心动过速的预后最好(成功率可达67%),心室颤动其次(成功率为25%),心室停顿和心电机械分离的预后很差。另外,高龄与患者体况也是影响复苏成功率的重要因素。

4. 生物学死亡期 心搏骤停(临床死亡)向生物学死亡的演进,主要取决于心搏骤停心电活动的类型和心脏复苏的及时性。心室颤动或心室停搏,如在4~6min内未给予心肺复苏,则预后很差;如在8min内未给予心肺复苏,除非是在低温等特殊条件下,否则几乎没有存活的可能。

大量医学统计表明,目击者立即施行心肺复苏术并及早除颤,是避免(或延缓)心搏骤停患者演进至生物学死亡的关键。心脏复苏后住院期死亡的最常见原因是中枢神经系统的损伤,缺氧性脑损伤和长期使用呼吸器所致的继发性感染占死因的60%,低心排血量占死因的30%,而由于心律失常的复发致死者仅为10%。急性心肌梗死并发的心搏骤停,其预后取决于原发性和继发性,前者心搏骤停发生时血流动力学并无不稳定表现,后者系继发于不稳定的血流动力学状态。因而,如果能立即对原发性心搏骤停予以心肺复苏,成功率可达100%,继发性心搏骤停的预后较差,复苏成功率仅为30%左右。

(三) 心搏骤停后的黄金救助时间

心搏骤停是人类最危险的急症,就其紧急和危险程度没有任何一种疾病能够与之相比,心搏骤停是猝死前奏,如果处理措施得当,可以转危为安。心搏骤停并不意味着死亡,通过紧急、有效的人工干预有可能逆转,甚至不遗留任何后遗症。对心搏骤停患者的施救,“快”是第一要素,即快速拨打“120”急救电话,尽快实施徒手心肺复苏。

心搏骤停发生后,由于脑血流突然中断,3s头晕,10~20s昏厥,20~30s内呼吸不规则、呈叹息样,30s后进入昏迷,30~40s瞳孔散大,40s左右出现抽搐,60s后呼吸停止、大小便失禁,4min糖无氧代谢停止,5min脑内能源物质三磷酸腺苷(ATP)等枯竭,6min以后脑细胞就会出现不可逆转的损伤。一般而言,人的最佳黄金抢救时间为4~6min,如果在4min内得不到有效救助,患者随即进入生物学死亡阶段,生还的希望极为渺茫。因此,急救医学定义4~5min是心搏骤停的“黄金救治时间”。如果在第一现场能够得到及时的复苏救助,可以挽救生命,复苏干预的越早,存活率越高。大量实践表明,4min内进行徒手心肺复苏,有一半的患者可能获救。

二、生存链

心搏骤停发生后的生存机会取决于一系列及时、有效的救助措施,其中任何一项环节迟缓,都可能丧失生机。美国心脏协会(American Heart Association, AHA)最早在1992年就提出了生存链的概念,2015版的心肺复苏指南中对生存链的理念进一步明确,生存链是目前公众所接受的急救专用术语,可以用来描述救治“链条”中一系列的医疗行为。

生存链是针对现代社区生活模式提出来的急救理念,意义在于调动“全民”参与救助,实现尽早呼救、尽早心肺复苏、尽早除颤、尽早实施院前专业救助及高级生命支持。生存链的救助原则是“及早”、“快速”,由此构成了一系列快速响应的复苏策略链环。心肺复苏生存链源于现代人文理念,该理念明确提出,发病现场第一目击者(第一反应人)、急

救调度与服务人员、急救医护人员三者是现场救助的整体，需要通力合作，并有着各自应该承担的责任与义务。现场急救还应当与高级生命支持及可能的后续生命支持有效衔接，快速开辟生存链的绿色通道，以进一步提高救治效率和成功率。

（一）院外心搏骤停生存链

心搏骤停多发生在医院以外，它的救助更依赖于患者家人及所在社区。在发病的第一现场，第一目击者（通常是非专业救护人员）应尽快启动紧急救助机制，尽快实施徒手心肺复苏，直到专业急救团队接手。院外心搏骤停生存链包含 5 环 5 步，5 环为识别与呼救、有效心肺复苏、早除颤、基础与高级院前急救、高级生命支持与骤停后治疗；5 个步骤包括非专业施救者的徒手心肺复苏施救、专业急救团队（emergency medical service, EMS）的救助与转运（院前急救组）、急诊室急救、导管室及重症监护室等的对症治疗。

院外心搏骤停救助的 5 环 5 步，如图 1-1 所示。



图 1-1 院外心搏骤停救助的 5 环 5 步

1. 识别与呼救 患者心搏骤停时，有目击者发现并能及时呼救至关重要。在第一发病现场，施救者若发现有人突然倒地，应立即观察患者是否出现无反应（肢体、听觉、视觉等）症状，检查有无呼吸或叹息样呼吸，并大声呼喊求救，及时拨打急救电话“120”。

2. 有效心肺复苏 呼救与徒手心肺复苏，如图 1-2 所示。

如果仅有 1 名现场施救者，可先使用手机拨打急救电话，再立即进行徒手心肺复苏，一般不要远离患者去寻人求救。若有 2 名以上的现场施救者，可以 1 人电话求救，另 1 人立即实施徒手心肺复苏。



图 1-2 呼救与徒手心肺复苏

徒手心肺复苏的步骤是,首先做 30 次胸外心脏按压,再开放气道进行 2 次人工呼吸,如此周而复始(按压/通气比,30:2,5 组/2 分),直至恢复自主循环(recovery of spontaneous circulation, ROSC)或复苏无效。

3. 早除颤 对于心搏骤停的患者,早除颤是最为重要的复苏环节,它直接关乎救助的成功率。由于心搏骤停多以心室颤动为起因,而纠正心室颤动的最有效方法就是电除颤,成功除颤的机会转瞬即逝,未行转复心室颤动,数分钟内就可能转为心脏停搏。根据“黄金救治时间”观点,争取在心脏停搏发生后的 5min 内完成第一次电除颤。

早期现场除颤,如图 1-3 所示。



图 1-3 早期现场除颤

目前,大型公共场所一般都配备有体外自动除颤仪(automated external defibrillator, AED),施救者(非专业救护人员)可以按照除颤仪的提示开启 AED,并进行自动体外除颤。

4. 基础与高级院前急救 当专业急救人员到场后,应询问患者体况及施救过程,并立即接手进行专业的基础与高级救护。急救人员不仅能够实施基础规范的现场心肺复苏,同时根据需要,可以开展气管插管、简易呼吸器(呼吸球囊)辅助呼吸、建立静脉通路给予血管活性药物、再次分析心律等,并结合患者心律及时给予除颤和对应治疗。

5. 高级生命支持与骤停后救治 高级生命支持与骤停后救治是对已经恢复自主循环的患者采

取更有针对性的治疗,目的是降低早期血流动力学不稳定、晚期多脏器功能衰竭与脑损伤的死亡率和致残率。

(1) 初步目标与后期目标。高级生命支持与骤停后救治的初步目标:①提供有效的心肺功能支持与生命器官灌注;②将院外心搏骤停后患者转运到具有全面心搏骤停后治疗能力的医院,进行急性冠状动脉介入治疗、神经系统监护、定向目标治疗及低体温治疗等对症救助;③转到相关重症监护病房(intensive care unit, ICU),以得到全面心搏骤停后的系统治疗;④应试图诊断心搏骤停的诱因,防止心搏骤停复发。

高级生命支持与骤停后救治的后期目标:①控制体温(低温治疗),以提高骤停后救治的存活率并促进神经系统的恢复;②病因治疗,如诊断与治疗急性冠状动脉综合征(acute coronary syndrome, ACS);③机械通气支持,减少肺损伤;④降低多器官损伤风险,必要时采用器官辅助支持,例如,应用体外膜式氧合技术(extracorporeal membrane oxygenation, ECMO)、心室辅助装置(ventricular assist device, VAD)等;⑤客观评估预后;⑥需要时,给予恰当的康复帮助。

综上,高级生命支持与骤停后救治的目的包括:①提供更为有效的循环支持;②通过目标体温管理,保护颅脑神经系统,改善预后;③病因诊断,尽快实施病因治疗,防止心搏骤停复发。

(2) 心搏骤停后的诊疗要点如下。

1) 通气和氧疗:通过气管插管进行机械通气支持,通气频率为 10~12 次/分;监测呼