

第2版

实用呼吸机治疗学

**Clinical Application
of Ventilators**

主编·王保国 周建新

人民卫生出版社

第2版

实用呼吸机治疗学

Clinical Application of Ventilators

主编·王保国 周建新

编写者 (以姓氏笔画为序)

马晨光	王 辰	王宇欣
王保国	王 强	石广志
邓咏如	刘 非	李 刚
李桂云	许 峰	朱伟时
张 杰	张星虎	张培林
宋国仲	邹叶敏	陈素玲
吴翼川	杨 东	杨恩华
周建新	周晓庆	赵学仁
姜 涛	高锦龙	贾乃光
黄 勇	黄东宁	彭宇明
董秋香		

人 民 卫 生 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

实用呼吸机治疗学/王保国等主编. —2 版. —北京:
人民卫生出版社, 2005. 10

ISBN 7-117-07095-1

I. 实... II. 王... III. 呼吸器-治疗学
IV. R459.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 112839 号

实用呼吸机治疗学

第 2 版

主 编: 王保国 周建新

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 67616688)

地 址: (100078) 北京市丰台区方庄芳群园 3 区 3 号楼

网 址: <http://www.pmph.com>

E - mail: pmph@pmph.com

邮购电话: 010-67605754

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: 30.5 插页: 10

字 数: 696 千字

版 次: 1994 年 3 月第 1 版 2005 年 10 月第 2 版第 7 次印刷

标准书号: ISBN 7-117-07095-1/R·7096

定 价: 78.00 元

著作权所有, 请勿擅自用本书制作各类出版物, 违者必究

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

主 编 简 介

王 保 国

男，1961年生。1986年毕业于首都医科大学研究生班，获医学硕士学位。1995—1997年留学美国，从事麻醉学博士后研究。



现为北京市临床麻醉和疼痛治疗质量控制和改进中心主任、首都医科大学附属北京天坛医院医务处处长、麻醉疼痛科主任、主任医师、首都医科大学麻醉学系副主任、教授、博士生导师。为国务院政府特殊津贴获得者。现担任国家标准委员会委员、中国医师协会麻醉学医师分会常委、北京市国外来华行医甄查考核麻醉专业主任委员、中华医学会麻醉学会和疼痛学会中青年委员、北京麻醉专业委员会秘书、《麻醉与监护论坛》杂志主编、《中华麻醉学杂志》、《中国疼痛医学杂志》等杂志编委等社会职务。

主编《实用呼吸机治疗学》、《头面部疼痛治疗学》、《英汉、汉英麻醉学词汇》等著作。指导博士研究生9人、硕士研究生32人。在国内外发表学术论文150余篇。

主要研究方向：神经外科麻醉、脑保护、血液保护和头面部疼痛的治疗。

作者简介

周建新

男, 38岁。医学博士, 副主任医师, 副教授, 硕士生导师。



1990年毕业于首都医科大学医学系。1999年毕业于中国协和医科大学研究生院麻醉学专业, 获医学博士学位。2000~2001年于华西医科大学附属第一医院麻醉学及危重病医学教研室进行博士后研究工作。2002年开始任首都医科大学附属北京天坛医院中心ICU主任。主持“国家自然科学基金”资助项目2项。发表论文40余篇, 其中SCI收录12篇。2003年获“四川省科技进步二等奖”1项, 2005年获国家科技进步奖1项。

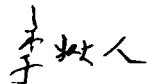
现任中国医师协会麻醉学医师分会副主任委员, 中国病理生理学会危重病医学学会全国委员, 北京医学会危重病医学学会委员, 国家自然科学基金同行评议专家。

第 1 版序言

呼吸机是麻醉、急救复苏及危重病人抢救必备之工具，其临床应用越来越普遍。但目前国内有关这方面的专著很少。

《实用呼吸机治疗学》一书系统介绍了呼吸机治疗的基础知识、机械通气的原理、呼吸机的临床应用、常见并发症的处理、各种疾病呼吸机治疗的特点、国内外常用呼吸机的工作原理及性能特点等。内容丰富，讲解详细，理论与实践相结合，是一部适用于各临床科室与呼吸衰竭治疗有关的医护人员、医学院校师生及医学工程技术人员阅读的重点参考书。该书的出版，对于呼吸机在临床上推广及正确使用，以挽救众多的危重病人有着重要的意义。在庆贺该书出版的同时，应当感谢作者们为我们编写这部全面而且实用的好书所付出的辛勤劳动。

中华医学会麻醉学会常委
首都医学院麻醉学教授



1994 年 1 月

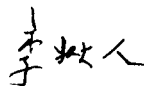
第 2 版序言

呼吸机为危重症患者的重要抢救工具，在临床应用越来越广，成为 ICU、呼吸科、急诊科、麻醉恢复室等科室必备的设备。医务人员对呼吸机使用的掌握程度也有了很大的提高。由王保国、周建新教授主编的《实用呼吸机治疗学》第 1 版自 1994 年出版以来，深受广大读者的欢迎，为促进呼吸机在我国的合理应用、提高危重病人的抢救成功率发挥了积极的作用。但是，呼吸机的更新速度确实很快，许多新型的进口呼吸机不断引入中国，新的国产呼吸机陆续投入临床使用，新的通气模式也在不断出现。为了满足广大读者的现代需求，王保国教授联合国内使用呼吸机经验丰富的临床专家和工程师对该书进行了全面的修订。

《实用呼吸机治疗学》第 2 版保持了第 1 版的编写风格，以通俗易懂的文字系统论述了呼吸机治疗的基础知识、工作原理、临床选择、呼吸机的调节、临床监测、常见问题的处理等，并且对国内常用的 50 余种呼吸机的性能特点、气路构造、电路控制、临床使用注意事项进行了详细的介绍。此书适合于所有临床科室从事呼吸功能不全治疗的医护人员和医疗器械维修人员阅读，也可供医学院校师生及医学工程人员参考。

相信《实用呼吸机治疗学》第 2 版一定会成为呼吸机使用者喜爱的好书。同时也感谢王保国教授及其作者们为该书的编写所付出的辛勤劳动。愿大家团结一致，为呼吸机的临床合理应用，造福于广大患者而努力！

中华医学会麻醉学会主任委员
首都医科大学麻醉学系主任、教授



2005 年 9 月 12 日

第 1 版前言

自从1929年“铁肺”问世以来,呼吸机已在临床应用了60多年。呼吸机本身也从原始的负压“胸甲”式经过气动气控、电控电动间歇正压式过渡到目前的计算机控制智能化多功能型,性能日趋完善,使用安全性越来越大。通气方式已发展到十余种供临床选择。呼吸机作为一项人工替代通气功能的有效手段,已普遍地应用于麻醉、各种原因所致的呼吸衰竭及大手术后的呼吸支持治疗中。呼吸机的应用,在现代医学中占有十分重要的位置。若使用呼吸机正确,能够起到预防和治疗呼吸衰竭、挽救或延长病人生命的作用;反之,若使用呼吸机不当,则可加重病情使其恶化,甚至危及生命。所以,如何正确地选用呼吸器类型和通气方式、合理地调节通气参数、有效地达到人工通气的治疗目的、尽可能地减少并发症的发生等一系列问题都需要医护人员逐项解决。但到目前为止,国内有关介绍呼吸机的专著很少,且国内外呼吸机种类繁多,性能各有特点,通气的理论、技术、模式和特殊功能不断地更新,使广大医护工作者深感参考资料不足。我们根据多年临床应用呼吸机的经验,结合有关文献、资料,完成了此书的编写。全书贯穿两个宗旨,一是实用,二是内容新颖。全书50余万字,图文并茂,系统介绍了呼吸机治疗的基础、临床及国内外常用呼吸机的结构、工作原理和性能特点,以期对读者有所帮助。

由于呼吸机治疗方面的理论及仪器进展更新较快,加上作者学识水平有限,时间仓促,本书不妥或错误之处在所难免,敬请有关专家、学者和读者不吝赐教,以期将来修正。

本书在编写过程中,得到了首都医学院附属北京天坛医院领导和同事们的大力支持;王恩真教授审阅了全书,并提出了许多宝贵意见;一些呼吸机生产或销售厂家(公司)提供了大量有关呼吸机的资料和信息;在资料整理和打字过程中,承高淑琴同志的大力帮助,作者一并致以衷心地谢意。

王保国

1993年12月于北京天坛医院

《实用呼吸机治疗学》第1版自1994年由人民卫生出版社出版以来,深受广大读者的欢迎,先后多次重印,为促进呼吸机在我国的合理应用、提高危重病人的抢救成功率发挥了积极的作用。但是,由于呼吸机治疗的进展很快,许多新型的进口和国产呼吸机投入临床使用,新的通气模式也不断出现,该书第1版的内容已经跟不上时代发展的步伐,不能满足临床工作的需要。许多读者来电、来函希望能够更新内容,再版该书,以确保此书的先进性和实用性。在此,我们衷心感谢广大读者对本书的厚爱。大家的要求是我们工作的动力!在人民卫生出版社的大力支持和鼓励下,我们对该书进行了修订。

《实用呼吸机治疗学》第2版在第1版的基础上进行了大幅度的增删修订,由使用呼吸机经验丰富的临床专家、工程师对国内外呼吸机治疗的进展,尤其是新的通气模式的临床应用、呼吸机的调节、通气功能监测、重症患者的综合治疗和护理进行了系统论述;对50余种临床常用呼吸机的性能特点、气路构造、电路控制、临床使用注意事项进行了由浅入深、图文并茂的介绍。本书可供所有临床科室从事呼吸功能不全治疗的医护人员和医疗器械维修人员阅读,也可供医学院校师生及医学工程人员参考。

第2版前言

实际上,呼吸机只是一件仪器,机械通气治疗也只是一种手段。使用这些工具去成功地救治危重患者,其中融入了医务人员的智慧和对学生的关爱。为了能够正确掌握呼吸机的使用,一些医生和护士不惜在自身测试,亲身体会不同模式、不同触发灵敏度等设置时的通气感觉。在给患者进行机械通气期间,做到及时监测,合理调整,确保通气效果。这种认真、仔细和负责的服务作风,才是呼吸机治疗成功的关键!

愿我们的《实用呼吸机治疗学》第2版能够为读者提供更多有益的参考和帮助。由于作者的学识水平有限,时间较为仓促,书中不妥或错误之处在所难免,敬请各位专家、学者和读者不吝赐教,以期再版时修正。

本书在编写过程中,得到了人民卫生出版社、北京天坛医院各位领导和同事们的大力支持,一些呼吸机生产或销售厂家(公司)提供了大量有关呼吸机的资料和信息,在此一并致以衷心的感谢。

王保国 周建新

2005年9月于首都医科大学附属北京天坛医院

目 录

第一篇 与呼吸机治疗有关的基础知识

第一章 呼吸系统解剖与生理	3
第一节 呼吸动力学	3
一、呼吸肌的解剖与功能	3
二、胸廓运动向肺的方向传递	4
第二节 肺的通气	4
一、呼吸道	4
二、肺容量	5
三、肺的通气	6
第三节 肺的气体交换	10
一、气体交换的场所	10
二、肺气体交换膜的组织结构	10
三、肺气体交换的影响因素	11
第四节 呼吸中枢的调节和控制	15
一、呼吸中枢的位置	15
二、中枢性呼吸节律的产生和控制	16
三、与呼吸有关的运动传导通路	19
四、呼吸的反射性调节	19
五、呼吸的化学性调节	22
第五节 血液的气体运输	24
一、气体在血液中的物理溶解	25
二、氧的化学结合和运输	25
三、二氧化碳的化学结合和运输	26
四、气体交换与酸碱平衡	27
第六节 肺的非呼吸性功能	27
一、肺的滤过功能	27
二、蛋白酶运输系统	28
三、激素、介质水平的改变	28
四、脂类代谢	28
五、其他作用	28

第二章 呼吸衰竭的病理生理	29
第一节 急性低氧性呼吸衰竭	29
一、致病因素	30
二、主要病理生理改变	31
三、主要病理过程	31
第二节 COPD 并发急性呼吸衰竭	32
一、诱发因素	32
二、呼吸肌衰竭	32
三、肺过度膨胀	33
第三章 氧气疗法的基础与临床	35
第一节 氧的摄取运输利用与储存	35
一、氧的摄取	35
二、氧的运输与利用	40
第二节 缺氧及氧疗的适应证	42
第三节 氧疗的方法 and 选择	43
一、氧疗的分类	43
二、非控制性氧疗方法	44
三、控制性氧疗方法	46
四、氧疗时的注意事项	47
第四节 停止氧疗的指征	48
第五节 氧疗的副作用及防治方法	48
一、呼吸抑制和 CO_2 潴留	48
二、吸收性肺不张	48
三、氧中毒	49
第四章 呼吸机的工作原理和分类	51
第一节 机械通气的基本原理	51
第二节 呼吸机通气驱动力的产生机制	52
第三节 直接驱动和间接驱动的区别	54
第四节 呼吸机驱动气体的流速和压力形式	56
第五节 吸气向呼气转化的机制和方式	63
一、压力切换	63
二、流速切换	68
三、容量切换	69
四、时间切换	72
第六节 呼气气流和压力的调节	76
一、呼气末零压	76

二、呼气末负压·····	76
三、呼气期正压·····	77
第七节 呼气向吸气的转换机制和方式·····	83
一、自主切换·····	84
二、时间切换·····	86
三、人工切换·····	87
四、间歇指令性通气的切换装置和原理·····	87
第八节 高频通气的发生机制·····	88
第九节 呼吸机其他功能的原理与调节·····	90
一、吸入氧浓度的调节·····	90
二、压力安全阀·····	90
三、报警系统·····	91
四、温湿化装置·····	91
第十节 呼吸机的临床分类·····	91

第二篇 呼吸机治疗总论

第五章 呼吸机治疗的指征和禁忌证·····	95
第一节 呼吸机机械通气的目的·····	95
第二节 呼吸机治疗适应证的呼吸生理指标·····	95
第三节 不同病因呼吸衰竭的呼吸机治疗选择时机·····	95
第四节 呼吸机治疗的相对禁忌证·····	96
第六章 呼吸机的临床应用和调节步骤·····	98
第一节 呼吸机与病人的连接方式·····	98
一、接口和鼻夹·····	98
二、紧闭面罩·····	98
三、喉罩·····	98
四、经口气管插管·····	98
五、经鼻腔气管插管·····	104
六、气管切开插管·····	105
第二节 不同类型呼吸机的临床选用·····	106
第三节 应用呼吸机前的检查·····	107
一、呼吸机使用前的常规检查·····	107
二、呼吸机的动态测试·····	107
三、空气压缩机的检查·····	107
第四节 机械通气方式及临床应用·····	108
一、间歇正压通气·····	108

二、同步间歇正压通气	110
三、间歇指令性通气	111
四、分钟指令性通气	112
五、呼气末正压	114
六、持续气道正压	116
七、压力支持通气	117
八、高频通气	118
九、低频通气	121
十、气道压力释放通气	122
十一、反比通气	123
十二、间歇正负压通气	123
十三、压力控制通气	123
十四、双水平气道正压通气	124
十五、间歇正压和高频通气的混合应用	125
十六、压力调节容积控制通气和容积支持通气	125
十七、分隔肺通气	129
十八、适宜性支持通气	129
十九、适宜性压力通气	130
第五节 呼吸机治疗对医务人员的基本要求	130
第六节 使用呼吸机的基本步骤	131
第七节 呼吸机使用期间常见报警和处理	133
一、呼吸机报警种类	133
二、常见报警及原因	133
第七章 呼吸机通气对生理功能的影响	144
第一节 机械通气对呼吸生理的影响	144
一、对呼吸压力的影响	144
二、对肺容积的影响	145
三、对肺泡通气的影响	145
四、对肺内气体分布的影响	145
五、对通气/血流比值的影响	147
六、对气体弥散功能的影响	147
七、对呼吸动力的影响	147
八、对呼吸中枢的影响	148
第二节 机械通气对心血管循环功能的影响	148
一、对血流动力学的影响	148
二、对肺循环的影响	150
第三节 机械通气对其他脏器功能的影响	150

一、对脑血流 (CBF) 和颅内压 (ICP) 的影响	150
二、对肾血流和肾功能的影响	150
三、对肝脏的影响	151
四、对消化系统的影响	151
五、对周围组织器官循环的影响	151
第八章 呼吸机治疗期间的监测	152
第一节 常规经验监测	152
第二节 呼吸功能监测	152
一、监测项目	152
二、呼吸监测的计算方式	154
第三节 血气分析	156
一、血气分析的项目及临床意义	156
二、血气分析在呼吸机治疗中的应用	159
第四节 呼出气二氧化碳监测	162
一、测量方法	162
二、正常值和正常波形	162
三、呼出气 CO ₂ 监测的临床意义	163
第五节 无创伤脉搏血氧饱和度监测	166
第六节 经皮氧及二氧化碳分压测定	166
一、测量原理	166
二、测量方法	166
三、临床意义	166
四、应用注意事项	167
第七节 血流动力学监测	167
第八节 其他监测	168
一、体温监测	168
二、尿液的监测	168
三、胸部 X 线检查	169
四、心电图监测	169
五、血液的生化检查	169
六、颅内压监测	169
七、吸入氧浓度监测	169
八、气道温度监测	169
第九章 呼吸机治疗的常见问题及处理	170
第一节 机械通气与自主呼吸的协调	170
一、机械-自主呼吸协调同步的意义	170

二、人机对抗或不协调的表现	170
三、产生人机对抗的原因	170
四、人机对抗的处理	171
第二节 气道的湿化和温化	172
一、气道的湿化和温化的意义	172
二、湿化和温化的方法	173
三、湿化液量的调节	174
第三节 呼吸兴奋剂的使用	174
一、不宜使用呼吸兴奋剂的情况	174
二、可以考虑应用呼吸兴奋剂的情况	175
三、应用呼吸兴奋剂注意事项	175
第四节 呼吸机治疗的并发症及其处理	175
一、与气管插管、气管切开有关的并发症	175
二、机械呼吸直接引起的并发症	177
三、肺部感染	178
第十章 机械通气期间的肺部感染	180
第一节 呼吸机相关性肺炎的病理生理学	180
第二节 呼吸机相关性肺炎的诊断	181
一、诊断原则	182
二、诊断标准	182
第三节 呼吸机相关性肺炎防治的一般原则	182
一、目前已经确定的能有效防治 VAP 的治疗手段	183
二、已证实无效的防治手段	183
三、有待进一步验证的手段	183
第四节 呼吸机相关性肺炎防治中的抗生素使用原则	185
第十一章 呼吸机的撤离与气管拔管	188
第一节 撤离呼吸机的指征	188
第二节 撤机失败的常见原因	189
第三节 常用撤机手段	189
一、自主呼吸试验	189
二、(同步) 间歇指令通气 (S) IMV 过渡撤机	190
三、压力支持通气 (PSV) 撤机	190
四、不同撤机方法的比较	191
第四节 气管导管的拔除	191
一、气管拔管的指征	191
二、拔管方法	191

三、拔管后即刻或延迟性并发症及处理	192
第十二章 呼吸机治疗期间的护理	194
第一节 护理的重要性和任务	194
第二节 有效及安全的通气治疗	194
第三节 病人临床情况的全面观察	195
第四节 人工气道的护理	197
一、人工气道的固定	197
二、人工气道的湿化	198
三、呼吸道分泌物的清理	199
四、防止气道阻塞及插管气囊的管理	201
第五节 感染的预防及基础护理	202
一、感染的预防	202
二、基础护理	202
第六节 呼吸机通气效果的观察和常见问题的处理	206
一、机械通气效果的观察	206
二、呼吸机常见报警的原因和处理	206
第七节 心理护理和教育	207
第八节 呼吸机撤离的护理	207
一、撤离呼吸机前的准备	207
二、撤离呼吸机的方法	208
三、撤离呼吸机后的护理	208
第十三章 呼吸机的保养和消毒	209
第一节 呼吸机保养、消毒的意义	209
第二节 呼吸机消毒部件的异同	209
第三节 呼吸回路的拆卸和清洁	209
第四节 呼吸机的消毒种类和方法	210
第五节 病室环境的清洁和消毒	212
第六节 呼吸机的维护与管理	212

第三篇 呼吸机治疗各论

第十四章 常见疾病的呼吸机治疗特点	217
第一节 成人呼吸窘迫综合征	217
一、机械通气的目的	217
二、机械通气的应用指征	217
三、机械通气的应用方法	218

四、机械通气的并发症及防治	223
五、机械通气的预后	225
第二节 急性肺水肿	225
一、临床诊断	226
二、一般治疗原则	226
三、机械通气治疗	227
第三节 中枢性呼吸衰竭	227
一、诊断	227
二、急救处理及呼吸机的应用	228
三、其他治疗	228
第四节 外科手术后并发呼吸功能不全	229
一、手术后呼吸功能减退的原因	229
二、手术后并发呼吸功能不全的预防	230
三、术后呼吸功能不全的呼吸机治疗	230
第五节 支气管哮喘	231
一、机械通气的目的	231
二、机械通气的应用指征	231
三、机械通气的应用方法	232
四、机械通气的并发症及防治	235
五、机械通气的预后	236
第六节 慢性阻塞性肺部疾患合并急性呼吸衰竭	237
一、机械通气的适应证	237
二、机械通气的应用	238
三、机械通气的撤离	240
第七节 吉林-巴雷综合征	242
一、主要临床表现	242
二、急性期的呼吸治疗	243
三、其他治疗	244
第八节 重症肌无力	244
 第十五章 机械通气在儿科的应用	246
第一节 小儿呼吸系统解剖生理特点	246
一、上呼吸道	246
二、下呼吸道	247
三、胸廓与呼吸肌	248
四、肺泡表面活性物质	248
五、通气功能	248
六、血液气体分析	250