



主编 宋志芳

实用 呼吸机治疗学

Practical Comprehensive Management of
Mechanical Ventilation

 科学技术文献出版社

实用呼吸机治疗学

Practical Comprehensive Management of Mechanical Ventilation

主 编 宋志芳

科学技术文献出版社

Scientific and Technical Documents Publishing House

北 京

图书在版编目(CIP)数据

实用呼吸机治疗学/宋志芳主编.-北京:科学技术文献出版社,2009.5

ISBN 978-7-5023-6307-9

I. 实… II. 宋… III. 呼吸器-治疗学 IV. R459.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 026736 号

出 版 者 科学技术文献出版社

地 址 北京市复兴路 15 号(中央电视台西侧)/100038

图书编务部电话 (010)51501739

图书发行部电话 (010)51501720,(010)51501722(传真)

邮 购 部 电 话 (010)51501729

网 址 <http://www.stdph.com>

E-mail: stdph@istic.ac.cn

策 划 编 辑 李 洁

责 任 编 辑 李 洁

责 任 校 对 唐 炜

责 任 出 版 王杰馨

发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销

印 刷 者 富华印刷包装有限公司

版 (印) 次 2009 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

开 本 787×1092 16 开

字 数 641 千

印 张 28

印 数 1~3000 册

定 价 62.00 元

© 版权所有 违法必究

购买本社图书,凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换。

(京)新登字 130 号

内容简介

本书全面、系统地介绍了与呼吸机相关的基础理论与临床应用经验。全书分上、下两篇，共 19 章，分别介绍了与呼吸机相关的基础理论、呼吸机工作原理、模式、功能、临床应用等。本书简明扼要、通俗易懂，既有易于理解呼吸机应用原理的基础理论，也有来自临床第一手资料的经验与体会，追求可读性与适用性是本书的宗旨。书末附有呼吸机模式、呼吸生理、呼吸功能、动脉血气分析、各个系统危重病等各种常用医学术语、专用名词的英汉对照、英文缩写、ICU 常用监测指标的正常值和计算公式等。本书适用于所有从事急诊、急救、ICU、呼吸、麻醉、心血管内外科等与危重病相关的医护工作者，也可供其他专科医师参考。

科学技术文献出版社是国家科学技术部系统唯一一家中央级综合性科技出版机构，
我们所有的努力都是为了使您增长知识和才干。

编委会

主 编 宋志芳

副主编 顾宏奎 俞康龙

参编者 (以姓氏笔画为序)

马佳韵 上海交通大学医学院附属第三人民医院呼吸内科

宋志芳 上海交通大学医学院附属新华医院急救中心
上海交通大学医学院附属第三人民医院呼吸内科

单红卫 上海第二军医大学附属长征医院急救科

陈振和 上海交通大学医学院附属第三人民医院呼吸内科

顾宏奎 通用电气医疗临床系统(无锡)有限公司

郭昌星 上海第二军医大学附属长征医院急救科

张丽葳 上海浦东新区第七人民医院急诊科

张红亚 上海交通大学医学院附属第三人民医院呼吸内科

张希洲 湖北省宜昌市第一人民医院急救中心

俞康龙 上海交通大学医学院附属第一人民医院危重病医学科

钱桂生 重庆第三军医大学第二附属医院呼吸内科

殷 娜 上海交通大学医学院附属新华医院成人外科 ICU



主编简介

宋志芳 (1952), 祖籍山西昔阳, 出生于安徽省合肥市, 医学博士 (德国), 教授, 主任医师。从事急救与危重病临床工作 19 年, 曾从事过麻醉与呼吸内科临床和科研工作 15 年, 发表各类论文 50 余篇。

1975 年毕业于安徽医科大学医疗系, 1978 年考入第三军医大学附属新桥医院呼吸内科硕士研究生, 主研肺功能, 1981 年获得临床医学硕士学位。曾担任过合肥解放军 105 医院肺科行政副主任、主任。1990 年调入第二军医大学附属长征医院急救科, 任主治医师、讲师、副主任医师、副教授。2000 年调入上海交通大学医学院附属新华医院成人 ICU、急救中心任主任医师、教授至今。1995 年曾赴德国明斯特(Muenster)进修, 在 Evenglischeng 医院 Leim sheng Hua 主任、博士指导下主攻 ICU, 在明斯特大学医学院心、胸、血管外科 Scheld 教授指导下, 应用分子生物学技术, 从事扩张性和缺血性心肌病晚期心力衰竭发病机制的研究, 撰写了《IL-6 在扩张性心肌病和缺血性心肌病病人终末期心肌中的表达》论文, 并获得医学博士学位。

长期从事危重病急救医学工作, 先后在两家三级甲等医院综合 ICU 任职, 目前所在的上海交通大学医学院附属新华医院急救中心、上海交通大学医学院附属第三人民医院呼吸内科任主任医师、教授。在长期的工作实践

主编简介

中,抢救各种危重病千余例次,积累了相当丰富的危重病综合救治经验与能力,尤其擅长呼吸机使用、抗感染治疗策略、水电解质酸碱平衡紊乱纠正,在心肺脑复苏(CPCR)、急性肺损伤/呼吸窘迫综合征(ALI/ARDS)、多脏器功能不全或衰竭(MODS/MOF)、休克等危重病综合救治方面颇有造诣,对糖皮质激素(GC)使用、肺开放/复张有一些研究,并总结和摸索出一些成功的经验,正在临床推广与应用。主编与参编各类著作20余部,1999年出版专著《现代呼吸机治疗学—机械通气与危重病》第一版(88万字),2008年再版了该书(94.5万字);2007年主编《实用危重病综合救治学》(94.5万字),内容深入浅出、简明扼要、通俗易懂,实用性强,备受临床医务工作者青睐,并成为国家级继续教育项目《危重病综合救治》学习班教材。2001年以来,举办国家级继续教育项目《机械通气临床应用与进展》学习班8期、《危重病急救医学与进展》学习班4期,培养来自全国各地学员500余名;受邀在全国各地举办各类专题讲座百余次,讲座内容丰富,重点突出,生动、实用,颇受关注与欢迎。

前 言

呼吸机治疗是临床危重病综合救治中不可缺少的手段。随着医学事业的发展和社会人口老年化程度日趋严重,各种危重病发生率也在增加。呼吸机治疗能纠正缺氧,直接挽救患者生命,并为原发病治疗赢得时间与机会。2003 年在世界范围内迅速蔓延的传染性急性呼吸窘迫综合征(SARS)救治过程中,就充分显示了呼吸机治疗的价值。然而,呼吸机治疗技术,操作性强,要熟练掌握,就需要大量的临床实践。没有实践,光靠学习理论,很难熟练掌握这门技术。《实用呼吸机治疗学》的编著与出版,就是为了满足临床实践的需要。

纵览著书的方式,有偏重理论,突出和强调作用原理,虽然涉及的内容多、篇幅大,但真正马上能用得上的知识却并不多,读者可能没有足够的时间和耐心阅读;有组织人员,分别撰写一个或数个章节,虽然洋洋数万,但由于编写者受本人经历的限制,编著的内容对读者的指导性有限;按照学术方向与造诣,选择能把握的题目,将在实践中总结和摸索出的经验与体会融入已有的理论,尤其是对一些尚没有足够依据,不能以论文形式发表,但却能以著书和文字的方式记录下来,供同道借鉴、后人修改。受个人专业与知识、能力的限制,选择一些有造诣的参编者,共同承担相关章节,但主编必须对所有内容与文字负责与把关,这样著书有一定难度,出版周期也长,但却能保证书的质量,增加可读性、指导性与应用性。人的时间与精力有限,出版资源更有限。如何将大量临床实践中摸索、获得、验证的成功经验与失败教训,用专著的形式保留下来,传授给更多的同道或后人,是本书作者的真正目的。

在本书的编著过程中,力求简明扼要、通俗易懂,删除和避免那些与临床应用不直接相关、不定论、机制不清、容易令人糊涂、不容易被理解、可有可无的理论与机制,增加那些已经被证实不但切实可行,而且疗效确切的最新理论与技术,在不增加篇幅的前提下,通过变更内容、简捷文字的方式,进一步提高本书的质量。本书的风格是

坚持以通俗易懂为第一前提,将读者限定于工作在临床第一线各种层次、从事各种专业的医护人员,即便对比较复杂、难以理解的理论与技术,也力求以最简便、通俗、容易被理解与接受的方式介绍,将复杂的理论简单化,避免将简单的理论复杂化等故弄玄虚、哗众取宠、沽名钓誉的现象。

随着危重病与急救医学的迅速发展,呼吸机临床应用日益广泛,价值被广泛认可和接受,对呼吸机知识的需求日益增加。谨望此书的出版,能为发展我国的急救和危重病医学事业、培养更多能借助呼吸机合理应用挽救更多濒临死亡患者生命的临床医生、提高危重病抢救成功率、最终造福于广大危重病患者做出贡献。

宋志芳

2009年2月8日

目 录

上 篇 呼吸机与危重病相关基础理论

第 1 章 呼吸生理	宋志芳 陈振和(3)
第 1 节 肺容量	(3)
第 2 节 肺的通气	(9)
第 3 节 肺的血流	(13)
第 4 节 肺内气体交换	(17)
第 5 节 肺的力学	(20)
第 6 节 呼吸的调节	(25)
第 2 章 缺氧与二氧化碳潴留病理生理	单红卫 郭昌星 宋志芳(35)
第 1 节 氧与二氧化碳运输	(35)
第 2 节 组织呼吸	(41)
第 3 节 缺氧病理生理	(46)
第 4 节 CO ₂ 潴留病理生理	(51)
第 3 章 危重病内环境紊乱及救治策略	宋志芳 钱桂生(56)
第 1 节 水、电解质紊乱与治疗策略	(56)
第 2 节 酸碱平衡	(67)
第 3 节 水、电解质紊乱与酸碱失衡	(78)
第 4 节 酸碱失衡治疗策略	(81)
第 5 节 血糖与血浆渗透压	(84)
第 4 章 危重病抗感染治疗策略	宋志芳 俞康龙(89)
第 1 节 抗菌药物应用基础知识	(89)
第 2 节 危重病感染特点	(94)
第 3 节 病原菌变迁和耐药	(98)
第 4 节 各类抗菌药物与特点	(105)
第 5 节 抗感染治疗策略	(127)

下 篇 呼吸机工作原理与临床应用

第5章 呼吸机结构与工作原理	宋志芳 顾宏奎 俞康龙	(143)
第1节 呼吸机结构与工作流程		(144)
第2节 呼吸机具体工作环节		(154)
第3节 呼吸机分类与原理		(155)
第6章 呼吸机波形	宋志芳 顾宏奎 俞康龙	(171)
第1节 基本要素与波形		(171)
第2节 基本波形		(181)
第3节 曲线与波形临床意义		(206)
第7章 呼吸机模式与功能	宋志芳 俞康龙 顾宏奎	(217)
第1节 呼吸机模式		(217)
第2节 呼吸机功能		(247)
第8章 人工气道建立与管理	宋志芳 张红亚 张希洲	(257)
第1节 呼吸机连接		(257)
第2节 人工气道建立		(263)
第3节 气道管理与护理		(280)
第9章 呼吸机参数设置和调节		宋志芳(289)
第10章 呼吸机与自主呼吸协调	宋志芳 顾宏奎	(296)
第11章 呼吸机撤离与依赖		宋志芳(308)
第1节 呼吸机撤离		(308)
第2节 呼吸机依赖		(316)
第12章 呼吸机对生理的影响		宋志芳(320)
第1节 对呼吸生理影响		(320)
第2节 对循环和血流动力学的影响		(325)
第3节 对中枢的影响		(329)
第4节 对肾功能的影响		(330)
第5节 对胃肠和肝功能的影响		(331)
第13章 呼吸机治疗期间监测		宋志芳(333)
第1节 基本监测		(333)
第2节 特殊监测		(343)
第14章 呼吸机临床应用策略		宋志芳(356)
第1节 机械通气目的、适应证与禁忌证		(357)
第2节 呼吸机类型和通气、模式、功能选择		(361)
第15章 保护性肺通气策略	宋志芳 殷 娜	(366)
第16章 无创正压机械通气	宋志芳 殷 娜 顾宏奎 马佳韵	(375)

第 17 章	呼吸机临床应用常见并发症与防治		宋志芳(387)
第 1 节	呼吸机相关性肺炎		(387)
第 2 节	呼吸机相关性肺损伤		(390)
第 3 节	呼吸机常见并发症		(394)
第 18 章	呼吸机清洁与保养	顾宏奎	宋志芳 张红亚(403)
第 19 章	各种类型呼吸机简介		宋志芳 顾宏奎(408)

附 录

附录一	常用机械通气模式或方法中、英文对照与缩写	宋志芳	张丽葳(419)
附录二	呼吸机板面常用术语中、英文对照与缩写	宋志芳	张丽葳(421)
附录三	呼吸生理专业词汇中、英文对照与缩写	宋志芳	张丽葳(423)
附录四	血气分析常用符号中、英文对照与缩写	宋志芳	张丽葳(427)
附录五	血流动力学测定常用符号中、英文对照与缩写	宋志芳	张丽葳(429)
附录六	几种常用计算公式	宋志芳	张丽葳(431)
附录七	气体状态表示与换算方法	宋志芳	张丽葳(433)

上 篇

呼吸机与危重病
相关基础理论

第 1 章

呼 吸 生 理

Respiratory physiology

人体呼吸功能包括外呼吸和内呼吸,外呼吸就是临床泛指的呼吸功能,而内呼吸主

要是指组织呼吸。由于对组织呼吸的研究,至今仍十分有限,本章介绍的重点是外呼吸。

第 1 节 肺 容 量

肺是外呼吸器官,肺容量是指不同程度用力呼吸所产生的容量变化。肺容量可分静态与动态。静态肺容量不受时间限制,仅有解剖学意义,所以不能全面反映肺功能状态;动态肺容量受时间限制,不但具有解剖学意义,而且在一定程度上反映肺的力学变化,如呼吸肌强度、肺泡弹性回缩力及气道阻力(resistance of airway, R_{aw})等。

一、静态肺容量 (static lung volumes)

肺容量主要由肺活量(vital capacity, VC)和残气量(residual volume, RV)组成,两者之和为肺总量(total lung capacity, TLC),所以 $TLC = VC + RV$ 。肺容量也可

分为 4 个容量(volume)和 4 个总量(capacity),分别为补吸气量(IRV)、潮气量(V_T)、补呼气量(ERV)、残气量(RV)和深吸气量(IC)、肺活量(VC)、功能残气量(FRC),肺容量组成见图 1-1-1。

(一)肺活量(VC)

指平静呼气末用力吸气至不能吸为止,然后用力呼气至不能呼时所能呼出的所有气体容量,可以用肺量计(spirometer)(水封肺量计或电子肺量计)测得。VC 不受时间限制,受试者可采用任何适当的呼吸速度,用力呼气,以最大一次作为实测值。主要价值是判断肺和胸廓的膨胀度,患阻塞性肺部疾病时,由于可以缓慢呼吸,所以可能改变不明显;但患限制性肺、胸疾病时,由于肺组织容

量减少,即便不限定呼吸速度,仍可能下降明显。

VC 由以下几部分组成。

1. 潮气量(tidal volume, TV, V_T)

指平静呼吸时,每次吸入或呼出的气体

容量,与年龄、性别、体表面积及机体的代谢状况有关,个体差异大。正常人 V_T 约 400~500 ml(8~15 ml/kg)。

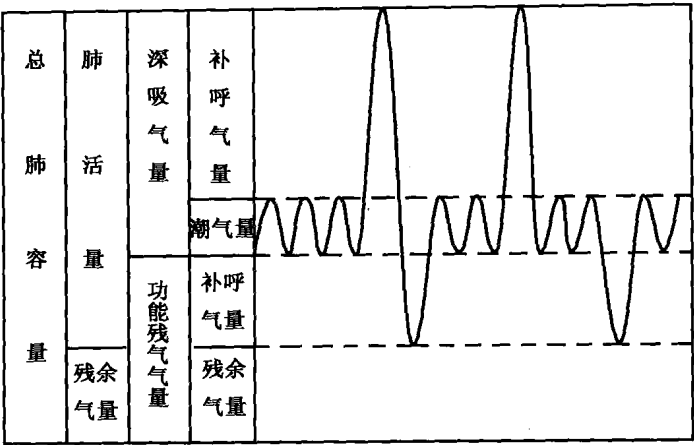


图 1-1-1 肺容量组成

2. 深吸气量(inspiratory capacity, IC)和补吸气量(inspiratory reserve volume, IRV)

IC 是指自平静呼气末用力吸气,吸至不能吸为止,所能吸入的气体容量;IRV 是指自平静吸气末再用力吸气,吸至不能吸为止,所能吸入的肺容量;IRV 是 IC 的一部分, $IC=IRV+V_T$ 。IC 与 IRV 均是 VC 的主要组成部分,临床价值与 VC 相同,反映肺和胸廓在静态状态下的最大膨胀度。IC 与 IRV 减少,VC 也随之减少,如患胸廓畸形、塌陷或肺组织受损和减少(肺不张、肺或肺叶切除术后),肺和胸廓的有效膨胀度下降,IC 与 IRV 必然减少。此外,IC 与 IRV 还可以反映吸气肌的强度,当吸气肌力量减弱时,如呼吸肌麻痹或衰竭,IC 与 IRV 也会明显减少。

3. 深呼气量(expiratory capacity, EC)和补呼气量(expiratory reserve volume, ERV)

EC 是指用力吸气至不能吸为止后,再用力呼气至平静呼气末所能呼出的气体容量,通常等于 IC;ERV 是指平静呼气末再用力呼气至不能呼为止所能呼出的气体容量。 $EC+ERV=VC$ 。

(二) 残气量(residual volume, RV)与功能残气量(functional residual capacity, FRC)

RV 是指一次用力呼气后,肺内所残留的气体。FRC 是指平静呼气末,肺内所残留的气体, $FRC=RV+ERV$ 。RV 无法呼出,所以不能通过一般肺量计测得,通常采用密闭循环氮稀释法(the closed circuit helium dilution)、开放循环氮清洗法(the open circuit nitrogen washout)和体积描记仪法

(body plethysmography)测得。

RV 和 FRC 均是反映肺泡静态膨胀度的主要指标。当患阻塞性肺部疾病时,肺泡过度膨胀,RV 和 FRC 增高;当患限制性疾病时,肺泡膨胀受限或肺组织弹性减少,RV 与 FRC 减少。肺泡过度膨胀可以由肺泡弹性纤维破坏致肺泡弹性回缩力下降(肺气肿)引起,也可以由气道不完全性阻塞(支气管哮喘)致呼气障碍、肺泡过度充气所致;前者是不可逆性损害,后者是可逆性损害,一旦支气管痉挛解除,RV 和 FRC 可以恢复正常。当 RV 和 FRC 不能恢复正常时,多意味着已合并不同程度的肺气肿,并造成不可逆性损害。

能引起肺、胸膨胀受限的因素很多,如肺组织解剖学的减少(肺或肺叶切除术后、毁损肺、肺实变)及肺组织受压(脊柱、胸廓畸形、塌陷,气、血胸或胸腔积液)及气道阻塞和肺组织无法膨胀(肺不张)等。临床上,反映肺膨胀受限的指标很多,如 VC、IC、ERV、TLC 等,但反映肺泡过度膨胀的指标很少,RV 和 FRC 是目前判断阻塞性肺部疾病最可靠指标。RV 的高低,通常不以绝对值表示,而以占 TLC 的百分比(RV/TLC%)表示。正常人 RV/TLC<35%,当 RV/TLC>35%时,提示有不同程度的肺气肿存在。RV/TLC%对判断限制性肺部疾病没有价值,因为所有使肺和胸廓膨胀受限的因素均可造成 RV 和 TLC 同等程度的下降,故即使肺部病变严重,RV/TLC%也可以没有变化。

FRC 除有助于判断阻塞性肺部疾病,对限制性肺部疾病也有特殊的价值。如急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome,ARDS),肺内存在广泛性、小灶性肺不张时,FRC 减少明显。有作者应用 FRC 作为判断 ARDS 病变严重程度及疗效、预后的主要指标,特别是现代科学与医疗仪器的迅猛发展,测定该项目已不是一件十分复杂

的事。总之,静态肺容量各部分相互重叠,组合方式不尽相同。

二、动态肺容量

动态肺容量(dynamic lung volumes)是指最大限度用力情况下,一次呼气过程中肺的容量的变化。它主要反映一次用力呼气过程中,不同肺容量水平呼气的流速变化。

(一)影响呼气流速的因素

影响呼气流速的主要因素有 3 个(图 1-1-2):

(1)呼气肌的力量(muscular pressure, P_{mus})。

(2)肺的弹性回缩力(elastic recoil pressure, P_{el})。

(3)气道阻力(resistances of airway, R_{aw})。

这 3 个因素中,任何一个因素异常,均会导致呼气流速受限(limitation of the expiratory flow)。所以,不能将有呼气流速受限的患者均视为有气道疾病,应将气道疾病所致 R_{aw} 增加引起的呼气流速受限与神经-肌肉疾病所致的呼吸肌力量减弱、肺气肿时肺泡弹性回缩力下降等引起的呼气流速受限相鉴别。

(二)用力呼气流速受限机制

一般情况下, P_{mus} 、 P_{el} 与呼气流速成正比,呼气用力愈大,弹性回缩力愈大,呼气流速愈快; R_{aw} 与呼气流速成反比, R_{aw} 愈高,呼气流速愈慢(图 1-1-2)。但正常人在不同肺容量水平,也存在着不同程度的呼气流速受限。令受试者在深吸气末用力呼气,以 VC 水平为横轴,呼气流速为纵轴,记录和描述出流速-容量(F-V)曲线,人们会发现大约在