

主编介绍

张波，男，山东省淄博市人。空军总医院呼吸科主任，主任医师，医学博士，硕士研究生导师。现任中华医学会呼吸病分会呼吸衰竭学组成员。兼任《中国医疗杂志》常务编委，《国际呼吸杂志》、《世界急危重症医学杂志》、《临床肺科杂志》编委。《中华结核和呼吸杂志》、《中华医学杂志》特约审稿人。主要从事机械通气技术的临床与科研工作，擅长呼吸危重病和疑难病的救治，发表学术论文60余篇，主编医学专著2部，参与编写医学专著6部。获国家和军队科技进步二等奖以上奖励2项。主持并承办国家级继续医学教育项目“机械通气技术临床应用新进展”三期。



高和，男。空军总医院业务副院长。主任医师，医学硕士，硕士研究生导师。现任中国医师学会呼吸专业委员会常委，全军呼吸病专业委员会常委，北京医学会呼吸专业委员会常委。发表各类论文60余篇，参与编写医学专著4部，获军队科技进步二等奖1项、三等奖4项。



◀◀ 内容提要

• • • • •

《实用机械通气治疗手册》(第一版)已经问世多年,由于内容实用,文笔简洁,使用方便而受到广大读者的普遍好评。但危重病急救领域进展迅速,新理论、新观点、新技术不断涌现,书中内容已经满足不了临床医生的迫切需要,基于上述原因,决定修订原书。

《实用机械通气治疗手册》(第2版)由20余位活跃在一线的专家共同编写。全书共分28章。第1章至第6章介绍了机械通气技术的基础知识,包括呼吸力学、气体分布和交换、呼吸衰竭、酸碱失衡、人工气道的建立和管理以及呼吸机的工作原理等。第7章至第28章,介绍了机械通气技术在临床上应用的相关知识,包括机械通气模式的选择和参数的调节、并发症及其处理、呼吸和循环功能监测、撤机技术及其评价、用药问题及营养支持等。

本书坚持了第1版的务实风格,简明扼要,实用性强,特别增加了机械通气新理论、新技术方面的知识,并提供了许多临床病例的实战分析,在表现形式上也做了些改进,增加了大量图表,以便于读者领会机械通气治疗的真谛。

本书适合麻醉科、呼吸科、重症监护、急诊科医师及其他相关专业人员参考阅读。

责任编辑 郭 威 霍红梅

编者名单



主 编 张 波 高 和

参加编写人员 (以姓氏笔画为序)

- 王 东 空军总医院呼吸科主治医师 医学硕士
王 辰 北京朝阳医院主任医师教授 医学博士
石 进 空军总医院神经内科主任医师 医学硕士
伦立德 空军总医院风湿肾病科副主任医师 医学硕士
邢丽华 河南医科大学第一附属医院呼吸科副主任医师 医学博士
刘 一 空军总医院呼吸科副主任医师 医学博士
刘 颖 空军总医院呼吸科主治医师 医学学士
孙家骧 空军总医院麻醉科主任医师 医学博士
李一粟 空军总医院重症监护科主治医师 医学硕士
李春燕 北京朝阳医院副主任护师 医学学士
杨彩哲 空军总医院内分泌科副主任医师 医学博士
张 杰 天坛医院呼吸科主任医师 教授
张劭夫 济南军区总医院主任医师 医学硕士
张 波 空军总医院呼吸科主任医师 医学博士
张国荣 空军总医院麻醉科副主任医师 医学硕士
高 和 空军总医院主任医师 医学硕士
赵卫国 解放军总医院 309 临床部呼吸科主任医师
曹德森 解放军总医院器械处高级工程师
黄俊梅 空军总医院麻醉科副主任医师
崔俊昌 解放军总医院呼吸科副主任医师 医学博士
韩 芳 北京大学人民医院呼吸科 研究员
詹庆元 北京朝阳医院副主任医师 医学博士
解立新 解放军总医院呼吸科副主任医师 医学博士
翟振国 北京朝阳医院副主任医师 医学博士
樊再雯 空军总医院呼吸科副主任医师 医学博士
魏 璇 空军总医院重症监护科主任医师 医学硕士

第2版 序言

近年来，机械通气技术随着对呼吸衰竭病理生理机制认识的深入和科学技术的发展而有了长足的发展。及时了解和掌握这些新的技术对指导临床实践非常重要。

张波和高和两名医师长期工作在临床一线，他们勤奋耕耘，悉心总结，在阅读大量文献的基础上，结合自己在临床实践中的宝贵经验，为广大医务工作者奉献了新作《实用机械通气治疗手册》（第2版）。

该书立足临床实用，图文并茂、简明扼要地阐述了机械通气技术的核心内容。该书理论新颖，将国内外在机械通气领域新的研究成果纳入其中，特别是呼吸力学监测及有关循证医学的内容都将对临床医师使用好呼吸机提供有力的帮助。该书内容丰富翔实，涵盖了危重病救治的多个关键环节，如重症感染的控制问题、多脏器功能衰竭的支持问题、免疫抑制相关肺病的诊断与治疗策略问题、血栓栓塞性疾病的预防问题、睡眠医学问题、危重病患者的药物治疗问题等。该书突出特点是作者将自己在机械通气方面的临床经验以病例讨论的形式介绍给读者，并将理论融合在其中，对广大读者更好地掌握好机械通气技术有很好的示范效果。

该书的出版发行必将为提高机械通气的应用水平产生良好作用。感谢作者为此而付出的艰辛劳动。

解放军总医院呼吸科教授

中华医学会呼吸病分会副主任委员

刘又宁

2006年7月

第2版 前言



第1版《实用机械通气治疗手册》出版已3年余。承蒙广大读者和同行的厚爱，对该书的内容和写作形式褒奖有加，3年内已连续两次印刷，发行量超出预料。随着时间的推移、知识的更新和积累以及广大读者信息的反馈，我们觉得拙作有诸多需要改进之处，遂生再版之意，旨在“拾遗补漏”、“锦上添花”，为热心读者和同行们工作的方便再尽微薄之力。

再版的《实用机械通气治疗手册》主要在下述几方面进行了较大的修改：①对绝大多数章节的内容进行了丰富和完善，内容较第1版增加了一倍多。将新的机械通气理论、各种诊断治疗指南以及循证医学的内容补充到书中，新增添了“急性肺损伤/急性呼吸窘迫综合征的诊断与治疗”、“动脉血气分析简明教程”、“酸碱失衡判断实际临床应用举例”、“困难气管插管的处理”、“人一机同步性监测”、“常用呼吸机工作原理”、“睡眠呼吸障碍性疾病的诊断与治疗”、“机械通气治疗的护理问题”、“床旁血液净化技术”、“支气管镜在ICU中的应用”、“宿主免疫功能缺陷患者肺部疾病”、“重症肺炎的核心病原体及经验性治疗”、“重症监护病房的静脉血栓栓塞症”、“肺栓塞的诊断和治疗”、“深部真菌感染的诊断与治疗”、“机械通气治疗期间的特殊问题”等章节，这些问题多与临床实践密切相关，并且在实际工作中经常遇到困惑，在书中都进行了较深入的讲解。②为加深读者对理论的理解和更直观地进行学习，再版后的插图和表格显著增多，“图文并茂”成为再版后的一大特点，特别是对

呼吸力学曲线的解读能帮助读者更深入地理解呼吸衰竭的病理生理特征，提高呼吸机的应用水平。③增加了机械通气治疗的应用举例，尽量将新的机械通气理论、方法和作者的经验融合在实际临床病例当中，使读者能够从病例分析中学习和领会到机械通气治疗的真谛。④加强了药物治疗学的内容，补充了强心药物、抗心律失常药物、扩血管药物、脱水药物等危重病抢救常用药物的使用方法等内容。⑤对器官移植后肺部并发症的诊断与治疗进展进行了详细的论述，此方面的内容已经成为多学科共同关注的焦点问题。

在构思和写作每一章节时，经常想起我们的导师刘又宁教授对学生的教诲：“机械通气技术是一门艺术”。我们深知自己对机械通气的理解和掌握离“艺术”的要求相差甚远，只有加倍努力、勤奋实践才能体味到“艺术”的真谛。

本书在写作过程中得到许多同行和同事的大力支持，也得到人民军医出版社领导和编辑的热心鼓励和帮助，在此深表谢意。

谨以此书献给我们的恩师刘又宁教授和所有关心、支持和帮助过我的老师、同事、朋友。感谢我的家人对我事业的支持和默默奉献。

书中有不当之处，敬请医疗界同仁们批评和指正。

编者 张 波 高 和

2006年7月于北京

第1版 序言



机械通气是在患者自身通气和（或）氧合功能出现障碍时运用器械（主要是呼吸机，ventilator）使患者恢复有效通气并改善氧合的一种技术方法。机械通气为当代临床医学中最重要的技术手段之一，是呼吸、ICU、急诊、麻醉等科医生治疗危重症，特别是呼吸衰竭时的“杀手锏”。熟悉和规范地掌握及运用这项技术对于提高临床救治水平具有极为重要的意义。

近10余年来，国内医学界对机械通气经历了由不熟悉到比较熟悉的过程，机械通气已较普遍地应用于临床。但是应当看到，国内在应用机械通气方面仍经常存在着不正确、不规范的情况，以至于贻误了患者的治疗。这种情况的产生主要是由于操作医生不熟悉呼吸生理学，不了解临床病理生理学，对机械通气原理的认识不够准确和深入，未能规范地操作呼吸机所造成的。因此，提高我国广大临床医生机械通气的应用水平仍是摆在我们面前的迫切任务。

国内已有多部关于机械通气的大型专著出版，为推动机械通气技术在中国的普及和提高起到了重要作用。由于临床医生工作紧张繁忙，若能有一部篇幅精简，既能概要地反映机械通气的理论、技术框架与学术进展，同时实用性突出，对临床运用、操作机械通气有具体指导意义的实用手册类书籍出版，将为临床医生提供极大的方便。

当翻开这部泛着油墨清香的书稿的时候，我意识到这正是广大临床医生所需要的。感谢本书的作者张波、高和等青年学者所付出的辛勤劳动。感谢我国机械通气领域的开创者之一刘又宁教授对本书的审阅和提出的指导性意见。希望读者通过本书分享到他们精湛的学术思想与丰富的临床经验。

王 辰

2002年8月

第1版前言

机械通气是治疗呼吸衰竭的主要手段之一。近年来，随着对呼吸生理认识的不断深入和计算机技术的广泛应用，进一步丰富和完善了机械通气理论，推动了机械通气技术的临床应用。目前，国内已经有数本关于机械通气方面的权威性专著，这些专著的出版发行无疑极大地推动了我国机械通气的临床应用水平。但还缺乏一本简明扼要，侧重实用的临床应用手册，编写本书的主要目的正在于此。

在本书的编写过程中力求体现如下特色：①内容新颖：该书主要参考国外近3年来出版发行的机械通气专著和大型呼吸病专著中的有关章节，力争将机械通气的新理论、新方法介绍给读者。重点突出了呼吸力学监测、无创通气、机械通气撤离等技术的应用进展。②侧重实用：实用的原则贯穿于本书的各个章节，针对临床中经常遇到的问题逐一给予解答，详细介绍了机械通气模式选择和通气参数的调节方法，以及不同疾病状态下机械通气的应用原则和方法，并列举了各种应用实例加以说明。③内容全面：本书内容覆盖了机械通气过程中的各个方面的问题，与其他专著不同的是增加了“呼吸力学及其曲线的监测”、“常用计算公式及其应用举例”、“呼吸衰竭及多脏器功能衰竭综合征疾病严重程度分级”等内容。

在本书的编写过程中得到了国内机械通气方面专家刘又宁教授的大力支持和精心指导，刘又宁教授对本书的编写提出了许多建设性的意见并对全书的内容进行了审核；朝阳医院王辰教授欣然为本书做序。

由于水平有限，存在一些错误在所难免，敬请各位同行批评指正。

张波 高和

于空军总医院 2002年8月

目 录

第 1 章 机械通气的基本问题 / 1

- 第一节 呼吸力学 / 1
- 第二节 气体分布和交换 / 21

第 2 章 呼吸衰竭 / 29

- 第一节 急性低氧性呼吸衰竭 / 29
- 第二节 急性高碳酸血症性呼吸衰竭 / 33
- 第三节 慢性高碳酸血症性呼吸衰竭 / 35
- 第四节 诊断呼吸衰竭应注意的问题 / 39
- 第五节 呼吸衰竭的治疗 / 41

第 3 章 急性肺损伤 / 急性呼吸窘迫综合征的诊断与治疗 / 53

- 第一节 ARDS 的病理生理改变 / 53
- 第二节 ARDS 的诊断及鉴别诊断 / 57
- 第三节 ARDS 的治疗 / 59
- 第四节 循证医学指导下的 ALI/ARDS 治疗 / 68
- 第五节 肺泡复张手法在 ARDS 治疗中的应用 / 71

第 4 章 酸碱失衡 / 80

- 第一节 判断指标及其争议 / 81
- 第二节 复合型酸碱失衡的类型及其争议 / 82

- 第三节 酸碱失衡预计代偿公式的应用 / 84
- 第四节 酸碱失衡的类型及判断 / 90
- 第五节 动脉血气分析的质量控制 / 96
- 第六节 动脉血气分析简明教程 / 97
- 第七节 实际临床应用举例 / 105

第5章 人工气道的建立和管理 / 117

- 第一节 人工气道建立的适应证 / 117
- 第二节 人工气道建立所需的设备和材料 / 122
- 第三节 气管插管的方法 / 126
- 第四节 气管插管与气管切开的管理 / 131
- 第五节 气管插管并发症及处理 / 136
- 第六节 口(鼻)面罩的应用 / 137
- 第七节 困难气道的管理原则和方法 / 139

第6章 常用呼吸机的工作原理 / 150

- 第一节 常用呼吸机的基本组成 / 150
- 第二节 呼吸机的触发和切换原理 / 155
- 第三节 常用呼吸机工作原理介绍 / 164

第7章 机械通气的模式及其临床应用 / 177

- 第一节 持续控制通气 (CMV) / 178
- 第二节 辅助/控制通气 (ACV) / 182
- 第三节 间歇指令通气 (IMV) 和同步间歇指令通气 (SIMV) / 184
- 第四节 压力支持通气 (PSV) / 187
- 第五节 双水平正压通气 (Bi-Level 或 BiPAP) / 192
- 第六节 持续气道正压通气 (CPAP) 及 PEEP 的应用和调节 / 193
- 第七节 机械通气新模式和其他通气模式 / 201
- 第八节 通气模式的初步选择 / 213
- 第九节 呼吸机的购买和配置的原则 / 213

第 8 章 机械通气模式的选择和参数的调节 / 216

- 第一节 通气模式的选择 / 216
- 第二节 通气参数的设置 / 217
- 第三节 不同疾病状态下机械通气模式的选择和参数的调节 / 221
- 第四节 机械通气参数的评估和进一步调节 / 225

第 9 章 机械通气的并发症及其处理 / 232

- 第一节 机械通气相关肺损伤 / 232
- 第二节 机械通气时的气道并发症 / 239
- 第三节 呼吸机相关性肺炎 / 241

第 10 章 机械通气期间呼吸和循环功能监测 / 260

- 第一节 脉搏氧饱和度监测 / 261
- 第二节 呼出气二氧化碳监测 / 263
- 第三节 肺功能监测 / 268
- 第四节 血流动力学监测 / 269
- 第五节 组织氧运输功能的监测 / 275
- 第六节 组织氧合监测 / 276
- 第七节 呼吸力学曲线监测 / 277
- 第八节 人-机同步性监测 / 286

第 11 章 撤机技术及其评价 / 302

- 第一节 影响撤机的因素 / 302
- 第二节 撤机的预测指标 / 304
- 第三节 撤机技术及其比较 / 305
- 第四节 撤机过程中需要注意的重点问题 / 309

第 12 章 无创通气技术及其临床应用 / 312

- 第一节 无创通气的发展历史和应用现状 / 312

- 第二节 NIPPV 治疗呼吸衰竭的机制 / 314
- 第三节 开展 NIPPV 应具备的基础条件 / 314
- 第四节 NIPPV 的适应证和禁忌证 / 316
- 第五节 NIPPV 操作程序 / 322
- 第六节 NIPPV 疗效评价 / 327
- 第七节 NIPPV 应用中的常见问题及处理 / 332
- 第八节 家庭机械通气 / 336
- 第九节 NIPPV 操作步骤 / 341
- 第十节 经鼻无创通气在治疗睡眠呼吸障碍中的应用 / 342
- 第十一节 常用呼吸机性能介绍 / 343
- 第十二节 如何选购无创呼吸机 / 347

第 13 章 睡眠呼吸暂停综合征的诊断与治疗 / 350

- 第一节 睡眠对呼吸的影响 / 350
- 第二节 睡眠呼吸暂停低通气综合征 / 358
- 第三节 经鼻持续气道正压通气治疗睡眠呼吸障碍的方法 / 372

第 14 章 机械通气的辅助措施及其评价 / 381

- 第一节 气管内吹气 / 381
- 第二节 俯卧位机械通气 / 385
- 第三节 体外膜肺 / 387
- 第四节 血管内氧合器 / 397
- 第五节 氮氧混合气 / 401
- 第六节 一氧化氮吸入疗法 / 404

第 15 章 机械通气期间的用药问题 / 409

- 第一节 镇静剂 / 止痛剂和肌松剂的应用 / 409
- 第二节 糖皮质激素的应用 / 416
- 第三节 抗菌药物的应用 / 422
- 第四节 支气管扩张剂的应用 / 431

第五节	抗心律失常药物的应用	/ 439
第六节	强心药物的使用	/ 443
第七节	抗惊厥药物的应用	/ 449
第八节	抗脑水肿药	/ 451
第 16 章	机械通气与呼吸肌疲劳	/ 454
第一节	呼吸肌的生理	/ 455
第二节	不同疾病的呼吸肌功能	/ 458
第三节	呼吸肌疲劳的防治	/ 463
第 17 章	机械通气期间的营养支持	/ 467
第一节	呼吸衰竭患者的营养状态	/ 467
第二节	营养状态的评价	/ 469
第三节	呼吸衰竭的营养治疗	/ 472
第 18 章	多脏器功能不全综合征	/ 474
第一节	病因及诱因	/ 474
第二节	相关概念、定义及诊断标准	/ 475
第三节	MODS 的发病机制	/ 484
第四节	MODS 主要器官的病理生理变化	/ 490
第五节	临床表现	/ 491
第六节	诊断、治疗及预后	/ 493
第 19 章	新生儿及婴幼儿机械通气	/ 509
第一节	机械通气的相关问题	/ 509
第二节	常用通气方法	/ 511
第 20 章	机械通气治疗的护理和管理	/ 514
第一节	无创正压通气的护理要点	/ 514
第二节	有创通气的护理要点	/ 516

- 第三节 机械通气患者常见并发症及护理 / 521
- 第四节 撤机的护理 / 522
- 第五节 呼吸机报警的检测及处理 / 524
- 第六节 呼吸机管道的连接与消毒维护 / 526
- 第七节 呼吸机的维护与保养 / 533

第 21 章 常见疾病机械通气应用举例及临床经验介绍 / 537

- 第一节 哮喘持续状态 / 537
- 第二节 腹部大手术术后 / 539
- 第三节 肺叶切除术后 / 540
- 第四节 头颅外伤 / 541
- 第五节 胸部创伤 / 542
- 第六节 ARDS 的治疗 / 543
- 第七节 张力性血气胸 / 545
- 第八节 重症肌无力 / 546
- 第九节 药物中毒 / 547
- 第十节 机械通气过程中突发人—机对抗 / 548
- 第十一节 弥漫性肺泡出血导致急性呼吸衰竭的治疗 / 556
- 第十二节 长期家庭无创正压通气治疗慢性呼吸衰竭 / 562
- 第十三节 肾移植后严重呼吸衰竭的综合治疗 / 566
- 第十四节 无创—有创—无创序贯机械通气救治 COPD 合并多器官功能衰竭 / 578
- 第十五节 无创正压通气治疗急性低氧性呼吸衰竭 / 586
- 第十六节 机械通气过程中人—机不同步的原因判断及处理 / 588
- 第十七节 撤机困难病例分析 / 595
- 第十八节 重症哮喘的机械通气治疗与呼吸力学监测 / 597

第 22 章 常用进口及国产呼吸机的性能特点 / 603

- 第一节 西门子司服系列呼吸机 / 603
- 第二节 熊牌系列呼吸机 / 604

第三节	鸟牌系列呼吸机	/ 606
第四节	Drager Evita 系列呼吸机	/ 607
第五节	纽邦系列呼吸机	/ 608
第六节	Puritan-Bennett 系列呼吸机	/ 609
第七节	夏美顿牌呼吸机	/ 611
第八节	其他品牌呼吸机	/ 613
<hr/>		
第 23 章	麻醉呼吸机	/ 617
<hr/>		
第一节	麻醉机的功能及基本结构	/ 617
第二节	麻醉呼吸机的特点	/ 619
<hr/>		
第 24 章	宿主免疫功能缺陷患者肺部疾病	/ 624
<hr/>		
第一节	免疫功能缺陷患者的病原学及抗生素应用原则	/ 624
第二节	器官移植术后肺部非感染性并发症的诊断与治疗	/ 629
第三节	器官移植后病毒性肺炎的诊断与治疗	/ 652
第四节	卡氏肺孢子虫肺炎	/ 663
第五节	深部真菌感染的诊断与治疗	/ 668
<hr/>		
第 25 章	重症肺炎的核心病原体及经验性治疗	/ 686
<hr/>		
第一节	重症社区获得性肺炎的核心病原体及经验性抗生素治疗	/ 686
第二节	医院获得性肺炎的核心病原体及抗菌药物选择	/ 689
<hr/>		
第 26 章	支气管镜在 ICU 中的应用	/ 698
<hr/>		
第一节	支气管镜在人工气道建立中的应用	/ 698
第二节	支气管镜在气道管理中的应用	/ 699
<hr/>		
第 27 章	连续性血液净化技术	/ 706
<hr/>		
第一节	连续性血液净化的原理	/ 707
第二节	血液净化的基本条件	/ 709
第三节	抗凝剂的应用	/ 711

第四节 连续性血液净化的应用 / 713

第 28 章 机械通气治疗期间的特殊问题 / 719

第一节 机械通气时消化道并发症的诊治 / 719

第二节 肺栓塞的诊断和治疗 / 732

第三节 重症监护病房的静脉血栓栓塞症问题 / 745

第四节 心脏手术后机械通气治疗及相关问题 / 754

第五节 危重病患者的血糖控制 / 762

附录 A 常用计算公式及临床意义 / 773

1. 氧合公式 / 773

2. 动脉血气计算公式 / 775

3. 呼吸力学计算公式 / 776

附录 B 压力转换系数 / 780

附录 C ALI/ARDS 诊断标准及病情严重程度评分 / 781

附录 D APACHE II 评分标准 / 783

附录 E 多脏器功能衰竭综合征的评分标准 / 786

附录 F 气管插管和气管切开的选择 / 787

附录 G 正确的吸痰方法和吸痰时的并发症 / 788

附录 H 全静脉营养处方的实施方法 / 790

附录 I 机械通气期间的治疗药物监测 / 792

附录 J 呼吸机管路顺应性的测量方法 / 793

附录 K 根据身高估计理想体重 / 794

附录 L 重要呼吸生理指标正常值 / 795

附录 M 机械通气常用词英汉对照 / 797

第 1 章 机械通气的基本问题

第一节 呼吸力学

呼吸力学是机械通气理论的重要组成部分之一,正常人胸腔内不同位置的力学特征存在着一定的差异,这种不均一性在损伤不均匀的肺部病变中表现更为突出,可以对气体交换产生极大的影响并使发生机械通气相关肺损伤的概率明显增加,因此熟知不同疾病状态下的呼吸力学特征对指导正确使用机械通气技术十分有帮助。与机械通气相关的重要呼吸力学指标详见表 1-1。

表 1-1 与机械通气相关的重要呼吸力学指标

指 标	测定方法
压力	
峰压力	呼吸机自动显示
平台压	吸气末阻断法
平均气道压	呼吸机显示或计算
胸膜腔内压	测定食管内压
autoPEEP	呼气末阻断法
阻力	