

Mc  
Graw  
Hill  
Education

第3版



# 机械通气精要

Essentials of Mechanical Ventilation

原著 DEAN R. HESS  
ROBERT M. KACMAREK

主审 王辰

主译 袁月华



人民卫生出版社  
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

# 机械通气精要

## Essentials of Mechanical Ventilation

第3版

原 著 DEAN R. HESS  
ROBERT M. KACMAREK

主 审 王 辰

主 译 袁月华

译 者 (以姓氏笔画为序)

王吉梅	刘婷婷	齐小玖	张 鑫
陆志华	段 均	段开亮	袁月华
夏金根	徐诗行	徐培峰	郭 丰
桑贤印	黄 蕾	葛慧青	韩小彤

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

机械通气精要/(美)迪恩 R. 赫斯(Dean R. Hess)原著;  
袁月华主译. —北京:人民卫生出版社,2016

ISBN 978-7-117-22752-0

I. ①机… II. ①迪…②袁… III. ①呼吸器-基本知识  
IV. ①R459.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 122393 号

人卫智网 [www.ipmph.com](http://www.ipmph.com) 医学教育、学术、考试、健康,  
购书智慧智能综合服务平台  
人卫官网 [www.pmph.com](http://www.pmph.com) 人卫官方资讯发布平台

版权所有,侵权必究!

图字:01-2015-6214

机械通气精要

主 译:袁月华

出版发行:人民卫生出版社(中继线 010-59780011)

地 址:北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编:100021

E - mail: [pmph@pmph.com](mailto:pmph@pmph.com)

购书热线:010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷:北京盛通印刷股份有限公司

经 销:新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:22

字 数:591 千字

版 次:2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号:ISBN 978-7-117-22752-0/R·22753

定 价:130.00 元

打击盗版举报电话:010-59787491 E-mail: [WQ@pmph.com](mailto:WQ@pmph.com)

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

Dean R. Hess

Essentials of Mechanical Ventilation, 3e

978-0-07-177151-1

Copyright © 2014 by McGraw-Hill Education.

All Rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including without limitation photocopying, recording, taping, or any database, information or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

This authorized Chinese translation edition is jointly published by McGraw-Hill Education and People's Medical Publishing House. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan.

Copyright © 2016 by McGraw-Hill Education, a division of McGraw-Hill Education (Singapore) Pte. Ltd. and People's Medical Publishing House.

版权所有。未经出版人事先书面许可，对本出版物的任何部分不得以任何方式或途径复制或传播，包括但不限于复印、录制、录音，或通过任何数据库、信息或可检索的系统。

本授权中文简体字翻译版由麦格劳-希尔（亚洲）教育出版公司和人民卫生出版社合作出版。此版本经授权仅限在中华人民共和国境内（不包括香港特别行政区、澳门特别行政区和台湾）销售。

版权© 2016 由麦格劳-希尔（亚洲）教育出版公司与人民卫生出版社所有。

本书封面贴有 McGraw-Hill Education 公司防伪标签，无标签者不得销售。

#### 敬告

本书的作者、译者及出版者已尽力使书中的知识符合出版当时普遍接受的标准。但医学在不断地发展，随着科学研究的不断探索，各种诊断分析程序和临床治疗方案以及药物使用方法都在不断更新。强烈建议读者在使用本书涉及的诊疗仪器或药物时，认真研读使用说明，尤其对于新的产品更应如此。出版者拒绝对因参照本书任何内容而直接或间接导致的事故与损失负责。

需要特别声明的是，本书中提及的一些产品名称（包括注册的专利产品）仅仅是叙述的需要，并不代表作者推荐或倾向于使用这些产品；而对于那些未提及的产品，也仅仅是因为限于篇幅不能一一列举。

本着忠实于原著的精神，译者在翻译时尽量不对原著内容做删节。然而由于著者所在国与我国的国情不同，因此一些问题的处理原则与方法，尤其是涉及宗教信仰、民族政策、伦理道德或法律法规时，仅供读者了解，不能作为法律依据。读者在遇到实际问题时应根据国内相关法律法规和医疗标准进行适当处理。

# 译者名录

主 审 王 辰

主 译 袁月华

译 者 (以姓氏笔画为序)

王吉梅 浙江大学医学院附属邵逸夫医院

刘婷婷 四川大学附属华西医院

齐小玖 北京医院

张 鑫 江苏省徐州市矿山医院

陆志华 浙江大学医学院附属邵逸夫医院

段 均 重庆医科大学附属第一医院

段开亮 浙江大学医学院附属邵逸夫医院

袁月华 浙江大学医学院附属邵逸夫医院

夏金根 中日医院

徐诗行 浙江大学医学院附属邵逸夫医院

徐培峰 浙江大学医学院附属邵逸夫医院

郭 丰 浙江大学医学院附属邵逸夫医院

桑贤印 浙江大学国际医院

黄 蕾 浙江大学医学院附属邵逸夫医院

葛慧青 浙江大学医学院附属邵逸夫医院

韩小彤 湖南省人民医院

# 序

机械通气是一种用于维持患者通气和氧合功能的高级生命支持技术。随着医学科学和医疗技术的不断发展，机械通气已成为临床中主导性的呼吸支持技术，不仅在危重病患者的救治中发挥了不可或缺的作用，而且随着人口老龄化，需要家庭机械通气的患者显著增多。因此，对于接触急性和慢性呼吸衰竭患者的临床医生、呼吸治疗师及护理人员而言，机械通气是必须掌握的重要临床技能。

为帮助医务人员规范化掌握机械通气的基本理论及临床应用，浙江大学医学院附属邵逸夫医院呼吸治疗科袁月华主任组织国内专家翻译了第3版 *Essentials of Mechanical Ventilation* (《机械通气精要》)。该书由国际知名机械通气专家 Dean R. Hess 教授和 Robert M. Kacmarek 教授编著，对机械通气的专业理论和临床实践进行了较为全面的阐述，同时对不同种类疾病的机械通气策略提供了实用的临床思路。书中各章节末尾均对文中的重点内容进行了精炼，十分适合相关医务人员和学生学习掌握。

衷心希望第3版《机械通气精要》能够成为我国医务人员学习和应用机械通气的重要参考书，帮助提高我国机械通气的临床应用水平。

中国工程院院士  
国家呼吸疾病临床医学研究中心主任  
中华医学会呼吸病学分会主任委员  
中日医院院长



# 前 言

机械通气是随着医学科学技术的发展，尤其是危重症医学的发展而建立起来的一项患者救治技术，经过数十年的临床实践，机械通气在临床患者的救治中发挥了不可或缺的重要作用。我们组织相关专家将美国呼吸治疗师 Dean R. Hess 和 Robert M. Kacmarek 教授所著的最新版 *Essentials of Mechanical Ventilation*（《机械通气精要》）一书翻译成中文，以方便有兴趣的相关专业人员和学生阅读。

《机械通气精要》的两位作者 Dean R. Hess 和 Robert M. Kacmarek 教授均是美国最著名的呼吸治疗师、美国哈佛大学麻醉学教授，并分别任哈佛大学附属麻省总医院呼吸治疗科正、副主任，均从事呼吸治疗临床、教学、科研数十年，有非常丰富的相关经验。Dean R. Hess 是美国 *Respiratory Care* 杂志主编；Robert M. Kacmarek 近二十年来多次来到中国进行学术交流，为众多中国危重、急症、呼吸病学界专业人士所熟知。

《机械通气精要》一书自 1976 年初版以来，在广大读者中具有良好的口碑，得到了美国及其他国家和地区广大机械通气实践者的一致好评，我们的中文版译自该书第 3 版。新版《机械通气精要》全书共 38 章，内容涵盖了与机械通气相关的理论基础、临床实践指南，全面而系统地阐述了从事机械通气治疗所需的基本理论和技能，逻辑清晰，为读者建立了非常清晰而完整的机械通气相关的知识体系。本书作者通过简洁而通俗易懂的语言描述了深奥的机械通气理论知识和临床实践，中心思想全面明了。我们推荐本书作为机械通气治疗相关临床工作者和学生的学习参考用书。

《机械通气精要》的翻译出版得到了中日医院院长王辰院士的大力支持和帮助，他在百忙之中抽时间指导该书的编译并审阅，同时撰写了书的序言，在此表示衷心的感谢。同样感谢参与该书翻译工作的多位呼吸治疗相关专家学者，正是由于大家的辛勤努力和团结协作，才使本书的出版得以实现。由于专业背景和能力、精力所限，错漏之处，敬请谅解。

袁月华

浙江大学医学院附属邵逸夫医院

2016 年 1 月

# 原著前言

机械通气是危重症病人救治的重要手段之一，同时其范畴已延伸到了ICU及传统医院以外，包括长期看护医院和家庭治疗。掌握机械通气技能不仅对呼吸治疗师和危重症医师而言十分重要，对危重症的护理人员和涉及通气支持的相关临床医师也是必须的。

本书汇聚了机械通气临床、教学、研究等领域的专家七十余年的经验，紧跟临床新进展及热点主题，旨在对成人机械通气提供临床应用指导。与先前的版本一样，本书力图做到章节简洁、专注并且实用。

近十余年来，机械通气在临床应用方面取得了很大进展，因此我们决定改写，再版此书。与以往的版本相同，新书也分为四个部分，第一篇是机械通气原理，介绍了机械通气的基本原理和适应证、生理学目标和呼吸机撤离。第二篇是机械通气的实施管理，着重介绍常见疾病的呼吸机支持操作建议和策略。第三篇是关于机械通气患者的监测，包括血气分析、血流动力学、呼吸力学和呼吸机波形。最后一篇是和机械通气相关的内容，如气道管理、气雾治疗、体外膜肺支持及其他通气技术。

本书是一本关于机械通气的书籍，但不仅仅局限于机械通气。我们不着重讨论任何特定的呼吸机（虽然提及过一些特定的呼吸机模式）。本书专注于成人的机械通气，我们尽力做到让本书的知识广泛地适用于任何一款成人呼吸机。

这是一本为从事机械通气领域的医务人员编写的书，偏重于操作指导，我们相信它的唯一性，希望广大读者能享受阅读过程，正如我们编写一样乐在其中。

**Dean R. Hess, PhD, RRT**  
**Robert M. Kacmarek, PhD, RRT**



# 缩写词

A/C	Assist/control	辅助/控制
AG	Anion gap	阴离子间隙
APRV	Airway pressure release ventilation	气道压力释放通气
ARDS	Acute respiratory distress syndrome	急性呼吸窘迫综合征
ARDSNet	ARDS network	急性呼吸窘迫综合征研究网
AVAPS	Average volume assured pressure support	平均容积保证压力支持
BAL	Bronchoalveolar lavage	支气管肺泡灌洗
BE	Base excess	碱剩余
BEE	Basal energy expenditure	基础能量消耗
BSA	Body surface area	体表面积
CCI	Chronic critical illness	慢性危重症
CaO <sub>2</sub>	Oxygen content of arterial blood	动脉血氧含量
Cc' O <sub>2</sub>	Pulmonary capillary oxygen content	肺毛细血管氧含量
CDC	Centers for Disease Control and Prevention	疾病预防控制中心
CI	Cardiac index	心脏指数
C <sub>L</sub>	Lung compliance	肺顺应性
Cl <sup>-</sup>	Chloride ion	氯离子
CMV	Continuous mandatory ventilation	持续指令通气
CO	Carbon monoxide	一氧化碳
CO <sub>2</sub>	Oxygen content of the blood	血氧含量
COPD	Chronic obstructive pulmonary disease	慢性阻塞性肺疾病
CPAP	Continuous positive airway pressure	持续气道正压
CPP	Cerebral perfusion pressure	脑灌注压
CPR	Cardiopulmonary resuscitation	心肺复苏术
CSV	Continuous spontaneous ventilation	持续自主呼吸
CT	Computed tomography	计算机断层扫描
C $\bar{v}$ O <sub>2</sub>	Mixed venous oxygen content	混合静脉血氧含量
CVP	Central venous pressure	中心静脉压
C <sub>w</sub>	Chest wall compliance	胸壁顺应性
DO <sub>2</sub>	Oxygen delivery	氧输出量
EAdi	Electrical activity of the diaphragm	膈肌电活动

ECLS	Extracorporeal life support	体外生命支持
ECMO	Extracorporeal membraneoxygenation	体外膜式氧合
EELV	End-expiratory lung volume	呼气末肺容积
EPAP	Expiratory positive airway pressure	呼气相气道正压
$f_b$	Frequency of breathing; respiratory rate	呼吸频率
$f_c$	Heart rate	心率
$F_{I_{O_2}}$	Fraction of inspired oxygen	吸入氧浓度
FRC	Functional residual capacity	功能残气量
Hb	Hemoglobin	血红蛋白
HbCO	Carboxyhemoglobin	碳氧血红蛋白
$HCO_3^-$	Bicarbonate concentration	碳酸氢盐离子
HFJV	High frequency jet ventilation	高频喷射通气
HFOV	High frequency oscillatory ventilation	高频震荡通气
HFPPV	High frequency positive pressure ventilation	高频正压通气
HFV	High frequency ventilation	高频通气
HME	Heat and moisture exchanger	湿热交换器
Hz	Hertz	赫兹
I: E	Inspiratory time to expiratory time ratio	吸气时间与呼气时间比值
IBW	Ideal body weight (sometimes called predicted body weight)	理想体重
ICP	Intracranial pressure	颅内压
ICU	Intensive care unit	重症监护病房
IMV	Intermittent mandatory ventilation	间歇指令通气
iNO	Inhaled nitric oxide	吸入一氧化氮
IPAP	Inspiratory positive airway pressure	吸气相气道正压
ISB	Isothermal saturation boundary	等温饱和界面
IVAC	Infection related ventilator associated condition	呼吸机相关性感染
J	Joules	焦耳
LV	Left ventricle	左心室
LVSWI	Left ventricular stroke work index	左心室搏出指数
MAP	Mean arterial pressure	平均动脉压
MDI	Metered-dose inhaler	定量吸入器
MIC	Maximum insufflation capacity	最大吹气能力
MIE	Mechanical insufflation-exsufflator	机械辅助咳嗽仪
MMV	Mandatory minute ventilation	指令分钟通气
MODS	Multiple organ dysfunction syndrome	多器官功能障碍综合征
MPAP	Mean pulmonary artery pressure	平均肺动脉压
NO	Nitric oxide	一氧化氮
$Na^+$	Sodium	钠离子
NAVA	Neurally adjusted ventilatory assist	神经调节辅助通气

NIV	Noninvasive ventilation	无创通气
NPE	Neurogenic pulmonary edema	神经性肺水肿
OI	Oxygenation index	氧合指数
$\Delta P_{aw}$	Change in airway pressure	气道压力改变
$\Delta P_L$	Transpulmonary pressure	跨肺压
$\Delta POP$	Plethysmographic waveform amplitude	体积描记的波形
$\Delta P_{pl}$	Change in pleural pressure	胸膜压改变
$P(a-et)CO_2$	Difference between arterial and end-tidal $PCO_2$	动脉和呼气末肺泡二氧化碳分压差
$PaO_2/P_{AO_2}$	Ratio of arterial $PO_2$ to alveolar $PO_2$	动脉血氧分压与肺泡氧分压比值
$PaO_2/FiO_2$	Ratio of arterial $PO_2$ to $FiO_2$	动脉血氧分压与吸入氧浓度的比值
$P(A-a)O_2$	Difference between alveolar $PO_2$ and arterial $PO_2$	肺泡动脉血氧分压差
$P_{aCO_2}$	Partial pressure of carbon dioxide in arterial blood	动脉血二氧化碳分压
$\bar{P}_{alv}$	Mean alveolar pressure	平均肺泡压
$P_{alv}$	Alveolar pressure	肺泡压
$P_{aO_2}$	Partial pressure of oxygen in arterial blood	动脉血氧分压
$P_{AO_2}$	Alveolar $PO_2$	肺泡氧分压
PAP	Pulmonary artery pressure	肺动脉压
PAV	Proportional-assist ventilation	成比例辅助通气
$\bar{P}_{aw}$	Mean airway pressure	平均气道压
$P_b$	Barometric pressure	大气压
$P_{bO_2}$	Brain $PO_2$	大脑氧分压
PC-CMV	Continuous mandatory ventilation with pressure control	压力控制持续指令通气
PC-IMV	Pressure-controlled intermittent mandatory ventilation	压力控制的间歇指令通气
PCIRV	Pressure-controlled inverseration ventilation	压力控制反比通气
$P_{CO_2}$	Partial pressure of carbon dioxide	二氧化碳分压
PCV	Pressure-controlled ventilation	压力控制通气
PCWP	Pulmonary capillary wedge pressure	肺毛细血管楔压
$P_{di}$	Transdiaphragmatic pressure	经横膈压
$P_{\bar{E}CO_2}$	Mixed exhaled $PCO_2$	混合呼出气二氧化碳分压
$P_{H_2O}$	Water vapor pressure	水蒸气压
PEEP	Positive end-expiratory pressure	呼气末正压
PEG	Percutaneous endoscopic gastrostomy	经皮内镜下胃造瘘术
Peso	Esophageal pressure	食道压
$P_{etCO_2}$	End-tidal $PCO_2$	呼气末二氧化碳分压
$P_{exhCO_2}$	Measured mixed exhaled $PCO_2$ including gas compressed in the ventilator circuit	测得的包括呼吸机回路内被压缩气体的呼气末二氧化碳分压
pH	Negative log of the hydrogen ion concentration	氢离子浓度的负对数
PI	Plethysmographic perfusion index	体积描记的血流灌注指数
$PI_{max}$	Maximum inspiratory pressure	最大吸气压
$PI_{min}$	Minimal value of the plethysmographic perfusion index	体积描记的灌注指数最小值

PIP	Peak inspiratory pressure	吸气峰压
P <sub>mus</sub>	Pressure generated by the respiratory muscles	呼吸肌产生的压力
PMV	Prolonged mechanical ventilation	持续机械通气
P <sub>O<sub>2</sub></sub>	Partial pressure of oxygen	氧分压
P <sub>plat</sub>	Plateau pressure	平台压
PPV	Arterial pulse pressure variation	动脉脉压差
PRVC	Pressure-regulated volume control	压力调节容积控制
PSV	Pressure support ventilation	压力支持通气
P <sub>tCO<sub>2</sub></sub>	Transcutaneous P <sub>CO<sub>2</sub></sub>	经皮二氧化碳分压
P <sub>tO<sub>2</sub></sub>	Transcutaneous P <sub>O<sub>2</sub></sub>	经皮氧分压
P <sub>vCO<sub>2</sub></sub>	Mixed venous P <sub>CO<sub>2</sub></sub>	混合静脉二氧化碳分压
P <sub>vent</sub>	Pressure-generated by the ventilator	呼吸机提供的压力
PVI	Plethysmographic variability index	脉搏灌注的指数变异
P <sub>vO<sub>2</sub></sub>	Mixed venous P <sub>O<sub>2</sub></sub>	混合静脉氧分压
PVR	Pulmonary vascular resistance	肺血管阻力
Q <sub>c</sub>	Cardiac output	心输出量
Q <sub>s</sub> /Q <sub>T</sub>	Pulmonary shunt	肺内分流
R	Respiratory quotient	呼吸商
R <sub>E</sub>	Expiratory resistance	呼气阻力
REE	Resting energy expenditure	静息能量消耗
REM	Rapid eye movement	快动眼
R <sub>I</sub>	Inspiratory resistance	吸气阻力
RSBI	Rapid shallow breathing index	浅快呼吸指数
RVSWI	Right ventricular stroke work index	右心室搏出指数
SaO <sub>2</sub>	Hemoglobin oxygen saturation of arterial blood	动脉血氧饱和度
SBT	Spontaneous breathing trial	自主呼吸试验
ScvO <sub>2</sub>	Central venous oxygen saturation	中心静脉氧饱和度
SID	Strong ion difference	强离子间隙
SIMV	Synchronized intermittent mandatory ventilation	同步间歇指令通气
SjvO <sub>2</sub>	Jugular venous oxygen saturation	颈静脉氧饱和度
SpCO	Carbon monoxide measured by pulse oximetry	脉氧计测得的一氧化碳
Sp <sub>Hb</sub>	Hemoglobin measured by pulse oximetry	脉氧计测得的血红蛋白
Sp <sub>Met</sub>	Methemoglobin measured by pulse oximetry	脉氧计测得的高铁血红蛋白
SpO <sub>2</sub>	Hemoglobin oxygen saturation measured by pulse oximetry	脉氧血红蛋白氧饱和度
SVI	Stroke volume index	每搏输出量指数
S <sub>vO<sub>2</sub></sub>	Mixed venous oxygen saturation	混合静脉氧饱和度
SVR	Systemic vascular resistance	体循环血管阻力
SVRI	Systemic vascular resistance index	体循环阻力指数

$T_E$	Expiratory time	呼气时间
$T_I$	Inspiratory time	吸气时间
$T_T$	Total cycle time	总循环时间
UUN	Urine urea nitrogen	尿素氮
$\dot{V}$	Flow	流量
$\dot{V}_A$	Alveolar ventilation	肺泡通气
$\dot{V}/\dot{Q}$	Ratio of ventilation to blood flow	通气血流比
VAC	Ventilator-associated condition	呼吸机相关性状况
VAE	Ventilator-associated event	呼吸机相关性事件
VAP	Ventilator-associated pneumonia	呼吸机相关性肺炎
VC	Vital capacity	肺活量
$\dot{V}_{CO_2}$	Carbon dioxide production	二氧化碳生成量
$\dot{V}_D$	Dead space ventilation	死腔通气
$\dot{V}_E$	Minute ventilation	分钟通气量
$\dot{V}_I$	Inspiratory flow	吸气流速
VCV	Volume-controlled ventilation	容量控制通气
VC-CMV	Continuous mandatory ventilation with volume control	容控的持续指令通气
VC-IMV	volume-controlled intermittent mandatory ventilation	容控的间歇指令通气
$V_D/V_T$	Dead space to tidal volume ratio	死腔与潮气量的比值
VILI	Ventilator-induced lung injury	呼吸机产生的肺损伤
$\dot{V}_{O_2}$	Oxygen consumption	氧耗量
VS	Volume support	容积支持
$V_T$	Tidal volume	潮气量
W	Work	做功
$\tau$	Time constant	时间常数

(黄蕾 译 夏金根 校)

# 目 录

缩写词 X

## 第一篇 机械通气原理 1

第1章	机械通气生理效应	1
第2章	机械通气目标	10
第3章	呼吸机相关性肺损伤	17
第4章	呼吸机相关性肺炎	25
第5章	呼吸机模式分类	35
第6章	传统机械通气模式	44
第7章	压力控制与容量控制通气	53
第8章	高级机械通气模式	63
第9章	流量波形和吸呼时比	77
第10章	高频通气	89
第11章	无创通气	96
第12章	呼吸道湿化及呼吸机回路	106
第13章	吸氧浓度、呼气末正压和平均气道压	115
第14章	机械通气参数的初始设置	126
第15章	人机不同步	133
第16章	呼吸机撤离	144

## 第二篇 机械通气管理 155

第17章	急性呼吸窘迫综合征	155
第18章	阻塞性肺疾病	166
第19章	胸部创伤	177
第20章	颅脑损伤	184
第21章	手术后机械通气	193
第22章	神经肌肉病变	199
第23章	心力衰竭	208
第24章	烧伤和吸入性损伤	214
第25章	支气管胸膜瘘	223
第26章	药物过量	230

<b>第三篇 机械通气监测</b>	<b>235</b>
第 27 章 血气分析 .....	235
第 28 章 脉搏血氧饱和度仪、二氧化碳描记图和经皮血气监测 .....	248
第 29 章 血流动力学监测 .....	257
第 30 章 机械通气基础力学 .....	265
第 31 章 机械通气高级力学 .....	272
第 32 章 营养评估 .....	287
<b>第四篇 机械通气相关议题</b>	<b>297</b>
第 33 章 气道管理 .....	297
第 34 章 呼吸道廓清 .....	305
第 35 章 吸入给药 .....	313
第 36 章 紧急和群体事件中的通气技术 .....	319
第 37 章 早期活动和便携式呼吸机 .....	327
第 38 章 体外生命支持 .....	332

# 第一篇

## 机械通气原理

### 第 1 章

#### 机械通气生理效应

- 引言
- 平均气道压
- 肺的生理效应
  - 分流
  - 通气
  - 肺不张
  - 气压伤
  - 呼吸机相关性肺损伤
  - 肺炎
  - 过度通气和通气不足
  - 氧中毒
- 心脏生理效应
- 肾脏的生理效应
- 胃生理效应
- 营养生理效应
- 神经系统的生理效应
- 神经肌肉的生理效应
- 肝脏生理效应
- 气道的影响
- 睡眠的影响
- 人机不同步
- 呼吸机故障
- 要点回顾
- 参考文献



### 目标

1. 列出正压机械通气中影响平均气道压的因素。
2. 描述正压机械通气对分流和死腔的影响。
3. 讨论肺泡的过度扩张以及开放和陷闭对呼吸机相关性肺损伤的影响。
4. 讨论正压机械通气对肺、心、肾、肝、胃和神经肌肉功能的影响。
5. 讨论正压机械通气对营养、气道、睡眠的影响。
6. 描述降低机械通气副作用的方法。

## 引言

在成人危重症治疗中，呼吸机的作用是通过正压打开气道并向肺内送气。然而正压机械通气是把双刃剑，在使用之前应权衡利弊，充分运用正压机械通气的优点并使副作用降到最低。由于全身系统的交互作用，机械通气能影响全身的器官功能，这个章节主要讨论机械通气对全身系统的生理性影响利弊。

## 平均气道压

在自主呼吸的整个呼吸周期中的胸内压始终保持负压，胸腔内压在呼气相约为  $-5\text{cmH}_2\text{O}$ ，在吸气相约为  $-8\text{cmH}_2\text{O}$ ，而肺泡压则在呼气相的  $+1\text{cmH}_2\text{O}$  和吸气相的  $-1\text{cmH}_2\text{O}$  范围内波动。吸气时胸腔内压下降有利于肺内气体充盈和静脉回流。跨肺压是近端气道内压和胸腔内压的差值，自主呼吸的最大跨肺压应小于  $35\text{cmH}_2\text{O}$ 。

在正压机械通气时，胸内压的变化与自主呼吸相反，平均胸内压是正压，且吸气相增加，呼气相降低。所以呼气相静脉回流增加，但受到呼气时间和肺泡内压的影响。

机械通气的利弊和平均气道压相关，平均气道压是整个呼吸周期中气道内的平均压力。平均气道压和整个吸气相（吸气压，吸气压力波形，吸气时间）与呼气相（PEEP 和呼吸频率）的时长和压力大小有关。

## 肺的生理效应

### 分流

分流是有血流但没有通气（图 1-1）。肺内分流是来自于右心的灌注肺的血流没有进行气体交换就流入左心。分流的存在引起低氧血症，包括毛细血管分流和解剖分流。在血流经过没有通气的肺泡时，形成毛细血管分流，经常发生在肺不张、肺水肿、肺炎、ARDS 患者。正常解剖分流是由于心最小静脉和支气管循环的存在，血流通过旁路直接从右心进入左心。先天性心脏病缺损患者常存在异常解剖分流。总分流是毛细血管分流和解剖分流之和。